

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

# **НЕМЕТАЛІЧНІ КОРИСНІ КОПАЛИНИ УКРАЇНИ**

**Підручник**

**Видання 2-е, виправлене і доповнене**

**Допущено Міністерством освіти та науки України  
як підручник для геологічних та гірничих спеціальностей  
вищих навчальних закладів**



УДК 553.6 (447)  
ББК.....

**Рецензенти:**

**К.Ю.Єсипчук, д-р геол.-мінералог. наук,  
В.П.Бухарев, д-р геол.-мінералог. наук**

*Затверджено до друку Вченою радою  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
від 5 березня 2007 року*

**Науковий редактор: професор В.А.Михайлов**

**Неметалічні корисні копалини України: Підручник /  
В.А. Михайлов, Г.Ф. Виноградов, М.В. Курило, Л.С. Михайлова,  
В.В. Шунько, В.І. Шевченко, О.В. Грінченко, О.Л. Гелета,  
Д.М. Щербак. Видання 2-е, виправлене і доповнене. К.:  
ВЦ "Київський університет", 2007. – с.**

**Гриф надано Міністерством освіти і науки України  
(лист № 1/11-2017 від 20.06.02)**

ISBN.....

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> (Михайлов В.А.) .....	
<b>ЕКОНОМІЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО НЕМЕТАЛІЧНУ СИРОВИНУ</b> (Михай- ЛОВ В.А.) .....	
<b>РОЗДІЛ 1. КАМЕНЕБАРВНА СИРОВИНА</b> (Шунько В.В.) .....	
Алмаз .....	
Бурштин .....	
Гагат .....	
Кварц, топаз, берил .....	
Родоніт .....	
Мармуровий онікс .....	
<b>РОЗДІЛ 2. ГІРНИЧОХІМІЧНА СИРОВИНА</b> (Курило М.В., Михайлов В.А.) .....	
Сірка .....	
Фосфатна сировина .....	
Барит і вігеріт .....	
Мінеральні солі .....	
Кам'яна сіль .....	
Давсоніт .....	
Калійна сіль .....	
Бішофіт .....	
Борна сировина .....	
Плавиковий шпат (флюорит) .....	
Йодобромна сировина .....	
Карбонатна сировина для вироблення соди та сполук магнію ...	
<b>РОЗДІЛ 3. ГІРНИЧОРУДНА СИРОВИНА</b> (Михайлов В.А.) .....	
Графіт .....	
Абразивна сировина .....	
Гранат .....	
Корунд .....	
Азбест .....	
Мусковіт .....	
Вермикуліт .....	
Пірофіліт .....	

<b>РОЗДІЛ 4. СИРОВИНА ДЛЯ МЕТАЛУРГІЇ</b> (Михайлова Л.С.) .....	
Флюсова сировина .....	
Флюсові вапняки (Михайлова Л.С., Шунько В.В.) .....	
Доломіти .....	
Флюорит .....	
Ставроліт .....	
Вогнетривка сировина .....	
Кварцити, кварцові пісковики (Михайлова Л.С., Грінченко О.В.) .....	
Кварцові піски .....	
Вогнетривкі глини .....	
Доломіти .....	
Графіт .....	
Магнезіальна сировина .....	
Магнезит, талькомагнезит .....	
Брусит .....	
Високоглиноземиста сировина .....	
Силіманіт, дистен, андалузит .....	
Формувальна сировина .....	
Формувальні піски .....	
<b>РОЗДІЛ 5. БУДІВЕЛЬНА СИРОВИНА</b> .....	
Будівельне каміння (Віноградов Г.Ф. ) .....	
Декоративне каміння (Гелета О.Л., Щербак Д.М.) .....	
Пиляльне каміння (Віноградов Г.Ф.) .....	
Сировина для в'язучих матеріалів (Віноградов Г.Ф., Михайлов В.А.) .....	
Карбонатні породи .....	
Гіпс та ангідрит .....	
Цегельно-черепична сировина (Шевченко В.І., Михайлов В.А.) .....	
Глинисті породи .....	
Заповнювачі для бетонів та розчинів (Шевченко В.І.) .....	
Перліти .....	
Пісок і гравій .....	
Кварцити і кварцитоподібні пісковики (Грінченко О.В.) .....	
Сировина для фарфоро-фаянсової та склоробної промисловості ...	
Каолін (Шевченко В.І., Михайлов В.А.) .....	
Польовошпатові сировина (Шевченко В.І., Михайлов В.А.) ...	
Кварцова сировина (Грінченко О.В.) .....	
Фарфоровий камінь (Михайлов В.А.) .....	
Воластоніт (Михайлов В.А.) .....	
Сировина для кам'яного лиття (Віноградов Г.Ф.) .....	

<b>РОЗДІЛ 6. ГІРНИЧОТЕХНІЧНА СИРОВИНА</b> (Михайлова Л.С.) .....	
Опал-кристобалітові породи .....	
Бентоніти .....	
<b>РОЗДІЛ 7. СИРОВИНА ДЛЯ МІНЕРАЛЬНИХ ФАРБ</b> (Виноградов Г.Ф., Михайлов В.А.) .....	
<b>РОЗДІЛ 8. АГРОХІМІЧНА СИРОВИНА</b> (Михайлов В.А., Курило М.В.) ..	
Торф і вівіаніт .....	
Гіпс та ангідрит .....	
Карбонатні породи .....	
Цеоліти .....	
Сапропель .....	
Глауконіт .....	
Сапоніт .....	
Інша сировина .....	
<b>РОЗДІЛ 9. НОВІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ СИРОВИНИ</b> (Курило М.В., Виноградов Г.Ф.) .....	
Бітуми .....	
Озокерит .....	
Асфальт .....	
Керити та антраксоліти .....	
Шунгіт .....	
Нефелінові породи .....	
Маршаліт .....	
Воластоніт .....	
Ставроліт .....	

## ВСТУП

Використання мінеральної сировини, у тому числі будівельних матеріалів та інших неметалічних (нерудних) корисних копалин (НKK), є найважливішою ознакою та невід'ємним атрибутом людської цивілізації. Це підкреслюється навіть етимологією останнього слова, що походить від лат. *civitas* – "громадянська спільнота, місто". Фрески Тас-сілін-Аджера, які були намальовані за допомогою мінеральних фарб, мегаліти Стоунхенджа, що були зведені з блоків крейдових порід, з'ясувати Месопотамії та піраміди Єгипту, на спорудження яких було витрачено мільйони кубометрів вапняків Ваді Хамамата та гранітів Асуана – ось лише деякі приклади найдавніших (але й досі неперевершених) архітектурних споруд. У наступні тисячоліття й особливо в теперішні часи у зв'язку з бурхливим розвитком науки, виробництва, а також зростанням чисельності мешканців нашої планети у розвинених країнах виникла та набула значного розвитку потужна промислова й будівельна індустрія. Її продукція – міста й шляхи, ракетне паливо й мінеральні добрива, скло й кераміка, її база – родовища нерудної сировини. Через це у структурі економіки розвинених країн видобуток і використання неметалічних корисних копалин (у першу чергу, будівельних матеріалів) відіграє величезну роль, а в багатьох країнах у 1,5–2 рази перевищує за вартістю видобуток металічних корисних копалин.

Існує значна термінологічна невизначеність цієї великої групи корисних копалин і її об'єму. Дійсно, як можна називати „нерудною сировиною” борні, сірчані чи баритові руди? Історично склалося так, що до неметалічних видів сировини відносять корисні копалини, з яких видобувають не тільки неметали (сірка, фосфор та ін.), але й деякі метали (калій, натрій, магній тощо). З іншого боку немає чітких класифікаційних ознак, які б обмежували цю групу. Як влучно відмітив В.П.Петров [38], вона утворилася за залишковим принципом, тобто сюди увійшли всі корисні копалини, не включені до груп горючої сировини (каустобіолітів) і руд різних металів.

Систематика родовищ нерудної сировини ускладнюється термінологічною невизначеністю й нерозробленістю системи однотипних класифікаційних ознак. Етимологія термінів "нерудна сировина" чи "неметалічні корисні копалини" досить невизначена, що зумовлює аморфність цих понять. В англійській літературі перевага надається терміну "індустріальна сировина" ("Industrial Minerals and Rocks"), який не зовсім точно перекладають як "неметалічні корисні копалини". Од-

нак, оскільки останній термін укоренився у вітчизняній геологічній літературі, надалі ми будемо користуватися ним.

Інші труднощі систематики обумовлені подвійним станом нерудної сировини, що, з одного боку, є геологічними тілами з властивими їм особливостями складу, будови, часу формування, походження, а з іншого боку – об'єктами промислової розробки й використання, для яких головними є технологічні особливості сировини та галузі її застосування. При цьому варто врахувати, що та сама сировина може використовуватися в різних галузях (наприклад, глини одного родовища можуть бути використані як сировина для цегли й для керамзиту; карбонатні породи – для цементу й для будівельного вапна тощо). З іншого боку, при виробництві тих чи інших матеріалів часто використовуються різні види сировини (наприклад, для виробництва цементу використовують і глини, і вапняки, і вулканічні туфи, й інші активні добавки). Геологічний вік і умови формування однотипної сировини (наприклад, вапняки, перліти, глини та ін.) можуть бути зовсім різними. У зв'язку з цим спроби створити несуперечливу лінійну класифікацію неметалічних корисних копалин, яка б водночас враховувала їхні генетичні й технологічні особливості, заздалегідь приречені на невдачу. Нарешті, сам по собі обсяг групи нерудних корисних копалин також є недостатньо чітко визначеним і в різних авторів чи в різних регіонах може різнитися. Так, наприклад, М.Кужварт як неметалічні корисні копалини описує боксити, а прояви бору й флюориту до складу цієї групи не включає.

В історії геологічних досліджень існують численні спроби систематики родовищ нерудних корисних копалин, які базуються на різних класифікаційних ознаках: алфавітних, хіміко-мінералогічних, мінералого-петрографічних, хіміко-фізичних, фізичних, петрографічних, геотектонічних, генетичних, технолого-економічних [1, 10–12, 23, 39–41, 45]. Серед них найпоширенішими є класифікації, що базуються на двох останніх ознаках, причому, якщо для наукових досліджень перевага надається генетичній класифікації, то для практичної роботи зазвичай застосовуються технолого-економічні різновиди класифікацій.

Найбільшу популярність мають генетичні класифікації, розроблені П.М.Татариновим, В.М.Борзуновим, М.Кужвартом, І.Ф.Романовичем [3–5, 24, 42, 43, 46]. Зазвичай в їх основі лежить розподіл корисних копалин за походженням на три (іноді дві) великі групи: ендегенні, екзогенні й метаморфогенні, які, у свою чергу, поділяються на дрібніші підрозділи (класи, категорії, групи тощо). Наприклад, ендегенні родовища можуть поділятися на магматичні, пегматитові, постмагматичні, контактово-метасоматичні, вулканічні, карбонатитові тощо.

Класифікація, яку запропонував В.К.Куликовський [25, 26], передбачає виділення 6 великих груп родовищ нерудних корисних копалин: 1) будівельні матеріали (що поділяються на будівельне каміння, покрівельні матеріали, в'язучу сировину, глини для виробництва цегли, сировину для кам'яного лиття); 2) хімічна сировина (апатит, фосфорити, сірка, солі); 3) технічна сировина (азбест, тальк і пірофіліт, графіт, слюди, цеоліти, бентонітові глини, барит і вітерит, алмаз, корунд і наждак, гранати, агат); 4) металургійна сировина (магнезит, вапняк і доломіт, вогнетривкі глини, пісковики й кварцити, піски формувальні, високоглиноземиста сировина, плавиковий шпат); 5) сировина для кераміки й скла (польові шпати, кварц, нефелін, каоліни, піски скляні, бор); 6) коштовне та виробне каміння, оптичні матеріали (берил і смарагд, гірський кришталі і моріон, топаз, оптичний флюорит та ісландський шпат, виробне каміння).

Дещо іншу технологічну класифікацію розроблено М.Б.Григоровичем і М.Г.Немировською [10–12], які нерудну мінеральну сировину поділили на природні матеріали, що застосовуються в природному стані чи після механічної обробки, та технологічну сировину, яка використовується після термічної обробки. Неважко помітити недосконалість подібної класифікації, її подвійність: як відзначають самі автори, одна й та сама порода може потрапити до різних підгруп і груп залежно від характеру технологічного процесу; у той же час генетично різноманітні утворення можуть потрапити до одного класифікаційного підрозділу тільки за способом їх обробки, причому ігноруються навіть галузі застосування продукту обробки.

Подібним шляхом пішов і В.П.Петров зі співавторами [36], які поклали в основу класифікації характер природних продуктів і способи їх технологічної обробки. Відповідно до цього виділяються дві серії: природні кам'яні матеріали (що підрозділяються на групи технічних і будівельних кам'яних матеріалів) і мінеральна сировина (що поділяється на гірничотехнічну й гірничохімічну сировину). Подальший поділ на підгрупи оснований на галузях застосування сировини (п'єзооптичні, абразивні, ізоляційні, формувальні й інші матеріали), додатково в кожній підгрупі виділяються мінерали й гірські породи.

У Держгеолкомі Російської Федерації прийнято технологічно-економічну класифікацію, в основі якої лежить галузь використання мінеральної сировини: хімічна, керамічна й вогнетривка, гірничотехнічна сировина, мінеральні добрива, коштовне й виробне каміння, будівельні матеріали, інші види сировини. При цьому велику групу будівельних матеріалів розбито за генетичною ознакою на магматичні, карбонатні, глинисті й уламкові породи. На наш погляд, така спроба поєднання двох різноманітних класифікаційних принципів в



єдиній лінійній класифікації не є цілком вдалою через дві обставини. По-перше, галузі застосування сировини, об'єднаної за назвою "будівельні матеріали", надзвичайно різноманітні (каміння будівельне й облицювальне, цементна сировина, керамзит, цегельна сировина, різні галузі застосування пісків і глин тощо), чого, на жаль, запропонована класифікація не відображає. По-друге, як і в прикладах, розглянутих вище, та сама корисна копалина потрапляє до різних груп (наприклад, вапняк як будівельний матеріал і як хімічна сировина), що є порушенням принципу класифікаційної одноманітності, який лежить в основі будь-якої несуперечливої систематики.

Іншу геолого-економічну класифікацію було прийнято при розробці комплекту геолого-економічних карт Української РСР у 1984 р. колективом авторів за редакцією А.Н.Алімова. Основним принципом класифікації був економічний, а саме – галузь застосування того чи іншого виду сировини. Відповідно до цього було виділено п'ять основних різновидів: паливно-енергетична промисловість, чорна й кольорова металургія, гірничорудна промисловість, гірничохімічна промисловість і промисловість будівельних матеріалів з подальшим поділом за типами й видами сировини. Ця схема не тільки містить усі згадані вище недоліки, але й певні методологічні й семантичні помилки. Так, безумовно, гірничорудна промисловість є набагато ширшим поняттям відносно наведеного в розглянутій схемі. При загальній геолого-економічній класифікаційній ознаці несподівано з'являється тип сировини "сіпучі матеріали" (що є фізико-механічною ознакою об'єкта, але не галуззю його використання), у той же час пісок фігурує як сировина для скляного, цегельного та інших видів промисловості. З деякими змінами наведена класифікація використана і в наступних роботах українських геологів, зокрема у карті "Основні родовища корисних копалин України" масштабу 1 : 1 500 000 [9], при складанні довідника по мінерально-сировинній базі України [33].

Детальна класифікація НКК була розроблена при підготовці до видання монографії „Металічні і неметалічні корисні копалини України” [31, 32]. Вона включала такі типи сировини:

1. Гірничохімічна:

- 1.1. Агрохімічна (фосфатна, сіль калійна, торф, сапропель, сапоніт);
- 1.2. Хімічна (сірка, сіль натрієва, сіль магнієва, давсоніт, карбонатна сировина, барит, бром та йод, бор, алуніт)
- 1.3. Мінеральні пігменти;

2. Гірничотехнічна:

- 2.1. Абразивна (гранати, корунд, маршаліт);
- 2.2. Електро- та радіотехнічна (графіт, пірофіліт, мусковіт, озокерит);
- 2.3. Мінеральні сорбенти (цеоліт, вермикуліт, палигорськіт)

- 2.4. Сировина для фарфорово-фаянсної та скляної промисловості (каолін, польовошпатована, кварцовожильна сировина, кварцовий пісок);
- 2.5. Сировина для кам'яного литва;
- 3. Сировина для металургійної промисловості:
  - 3.1. Флюсова (вапняки флюсові, доломіт, флюорит, ставроліт);
  - 3.2. Вогнетривка (магнезит, дуніт, форстерит, серпентинит, кварцити, кварцові піски, силіманіт, дистен, андалузит, глини вогнетривкі);
  - 3.3. Сировина формувальна та для згрудкування рудних концентратів (піски формувальні, бентоніт);
- 4. Будівельна:
  - 4.1. Будівельне каміння (габро, лабрадорити, граніти, мармури, вапняки і доломіти, вулканічні туфи);
  - 4.2. Наповнювачі бетону (піщано-гравійні суміші і галечник, аргіліт);
  - 4.3. В'язуча сировина (мергелі, крейда, гіпс, суглинок, вапняки, глини, гіпс та ангідрит, діатоміти, спонголіти, трепели, опоки);
  - 4.4. Цегельно-черепична;
- 5. Каменебарвна та ювелірна (алмаз, бурштин, гагат, топаз, берил, родоніт, мармуровий онікс).

У першому виданні підручника „Неметалічні корисні копалини України” [35], було передбачено виділення таких типів неметалічної мінеральної сировини: каменебарвна, гірничохімічна, гірничорудна, сировина для металургії, будівельна, гірничотехнічна, сировина для мінеральних фарб, агрохімічна, нові та нетрадиційні види неметалічної сировини. Після її удосконалення з урахуванням усього викладеного вище, з максимальним використанням згаданих та інших матеріалів при розробці схеми класифікації нерудних родовищ України за основу було взято принципи системності, ієрархічності, однаковості класифікаційних ознак, головним з яких було обрано генетичний. У результаті розроблено багаторівневу ієрархічну систематику нерудних родовищ України, які мають розгалужені функціональні зв'язки з технолого-економічними галузями їх застосування (рис. 1).

В генетичній класифікації, що пропонується (рис. 2), нерудні корисні копалини за умовами утворення поділені на ендегенні та екзогенні. Вони пов'язані між собою переходом, що знаходить відображення у виділенні групи вулканогенно-осадових порід, які за умовами накопичення ближчі до екзогенних, а за походженням речовини – до ендегенних. Серед ендегенних виділяються метаморфічні, гідротермально-метасоматичні, інтрузивні, ефузивні і вулканогенно-осадові родовища. Серед екзогенних виділяються осадові і залишкові родовища. Кожний з них послідовно підрозділяється на групи, класи й види корисних копалин за градацією класифікаційних ознак, які послідовно знижуються й розгалужуються. Так, наприклад, осадові родовища поділяються на літифіковані й нелітифіковані; на уламкові, біогенні, хемогенні й біохемогенні тощо.

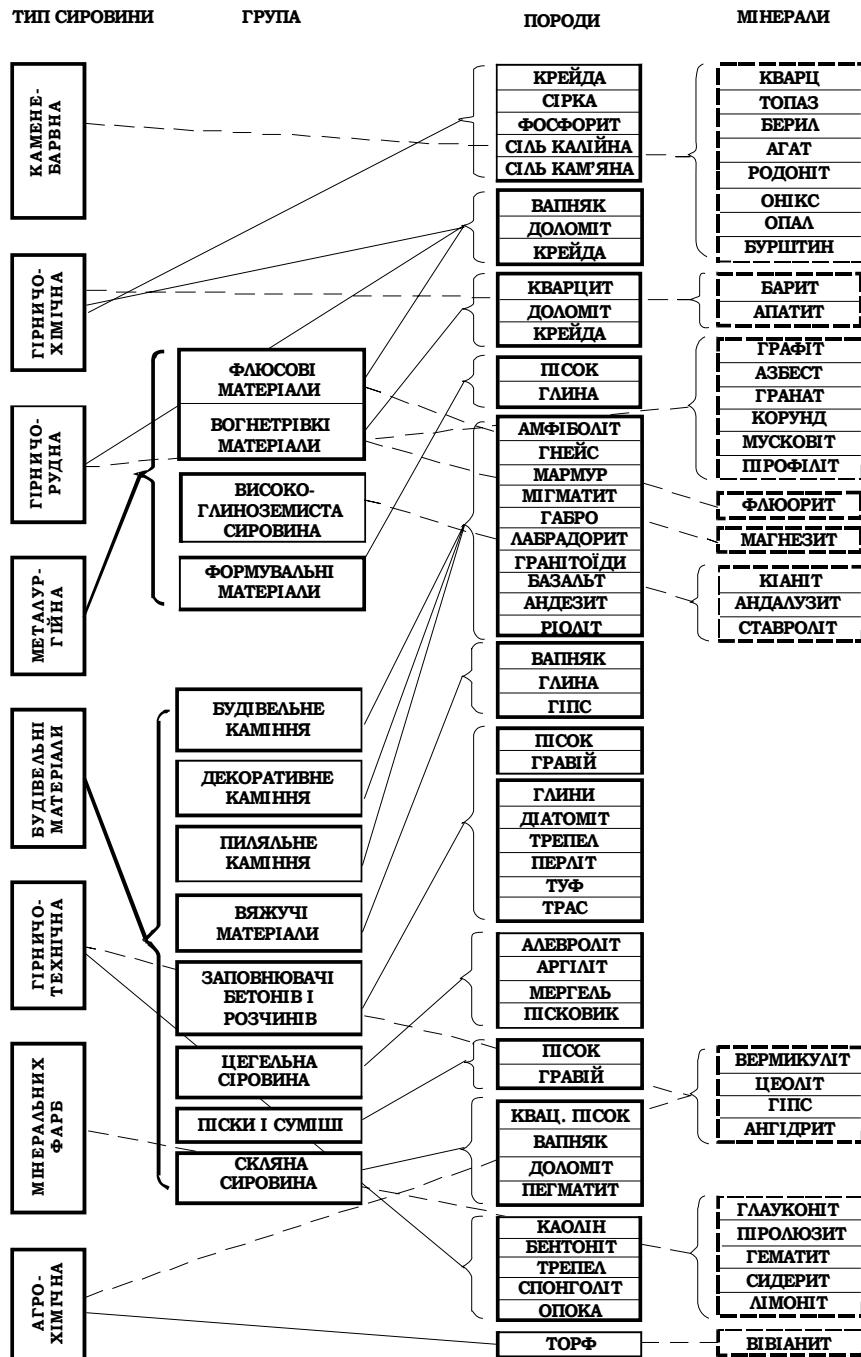


Рис. 1. Промислово-економічна класифікація родовищ неметалічних корисних копалин України

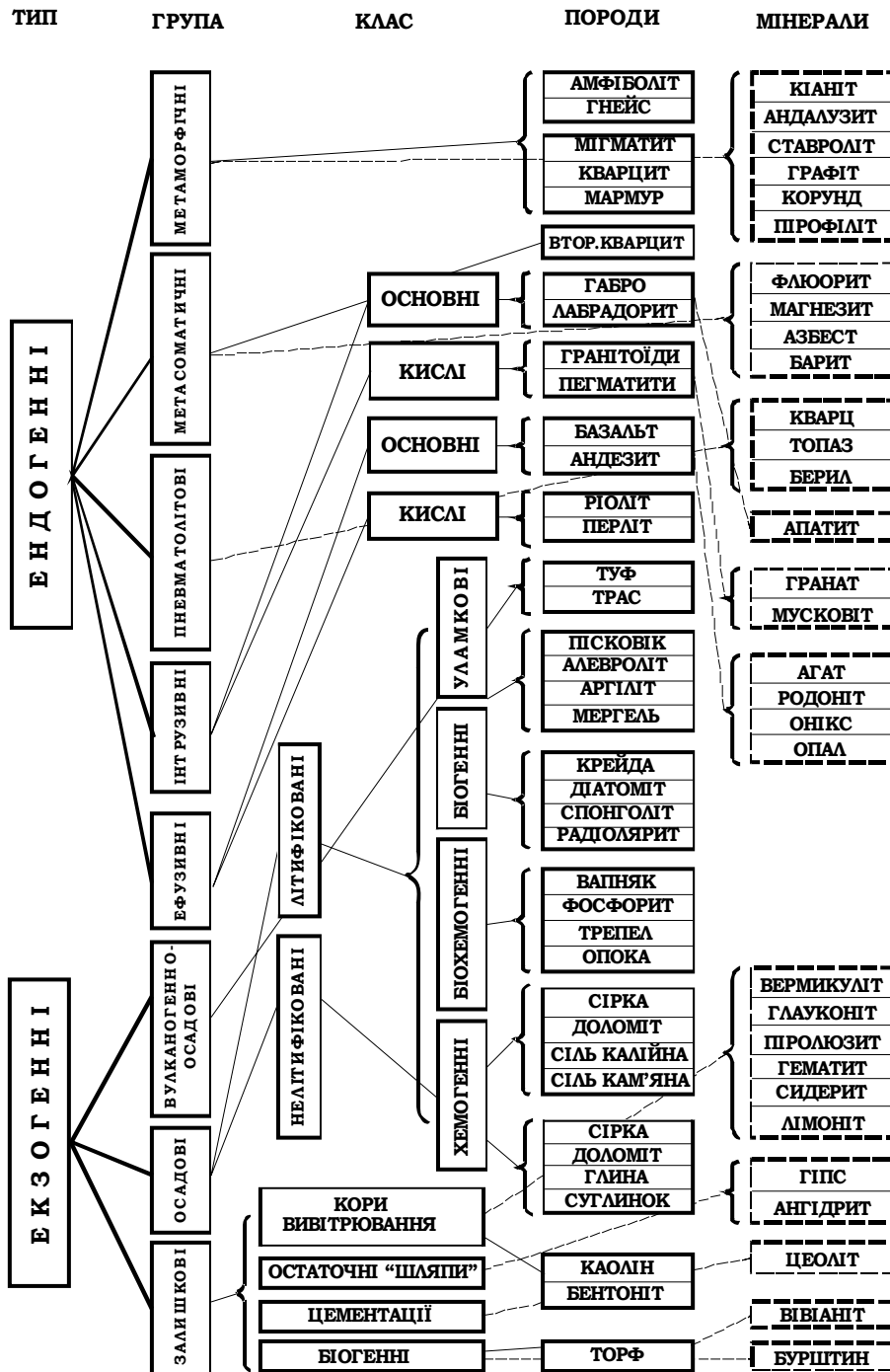


Рис. 2. Генетична класифікація родовищ неметалічних корисних копалин України

Зручність запропонованої схеми, крім названого, полягає в її уніфікованості та, якщо так можна сказати, космополітизмі: будучи складеною для конкретного регіону з визначеним (на сьогоднішній день) ступенем вивченості й промислового освоєння, вона, у принципі, може бути застосована до будь-якого регіону й спроможна гнучко реагувати на зміну ступеня вивченості й технологічних вимог до сировини, оскільки легко піддається будь-якій необхідній модифікації. Це не означає, що ця класифікація не має недоліків. Так, деякі типи виділено умовно, часто генетичні особливості цілого ряду родовищ подано у спрощеному вигляді тощо. Ці та інші недоліки обумовлюють необхідність удосконалення даної схеми класифікації.

На відміну від генетичної геолого-промислової класифікації мінеральної сировини базується не на походженні останньої, а на особливостях промислового використання. Іноді ці характеристики є тотожними (наприклад, торфовівіаніти як мінеральні добрива чи порцелянове каміння як польовошпатована сировина), однак частіше вони багатоваріантні. При цьому можливі два випадки: коли та сама сировина використовується в різних галузях (наприклад, легкоплавкі глини як сировина одночасно для цегли, керамзиту й цементу; вапняки як будівельне каміння, цементна сировина й сировина для будівельного вапна) та навпаки, коли в одному виробництві використовуються одночасно різні види мінеральної сировини (наприклад, для виробництва цементу – глини, алевроліти й аргіліти, вапняки, а також залістисті кварцити, основні туфи й діатоміти як активні добавки). Ці приклади можна було б продовжити. Важливо інше: пряма лінійна кореляція між генетичними типами мінеральної нерудної сировини й галузями її промислового застосування некоректна, між ними існують складні, розгалужені зв'язки, які змінюються відповідно до економічної кон'юнктури й технологічного рівня виробництва.

Базуючись на структурі будівельної індустрії України, що сформувалася, з урахуванням загальноприйнятих принципів технологічної класифікації нерудної сировини, родовища України можна віднести до таких геолого-промислових типів (рис. 1):

- **Каменебарвна сировина:** алмаз, бурштин, гагат, кварц, топаз, берил, родоніт, мармуровий онікс;
- **Гірничохімічна сировина:** сірка, фосфатна сировина (апатит, фосфорити), барит і вітерит, мінеральні солі (кам'яна сіль, давсоніт, калійна сіль, бішофіт), борна сировина, плавиковий шпат (флюорит), йодобромна сировина, карбонатна сировина для вироблення соди та сполук магнію;
- **Гірничорудна сировина:** графіт, абразивна сировина (гранат, корунд), азбест, мусковіт, вермикуліт, пірофіліт;

- **Сировина для металургії:** флюсова (флюсові вапняки, доломіти, флюорит, ставроліт), вогнетривка (кварцити, кварцові пісковики, кварцові піски, вогнетривкі глини, доломіт, графіт), магнезіальна (магнезит, талькомагнезит, брусит), високоглиноземна (силіманіт, дистен, андалузит), формувальна (формувальні піски);
- **Будівельна сировина:** будівельне, декоративне, пиляльне каміння, сировина для в'язучих матеріалів (карбонатні породи, гіпс та ангідрит, опал-кристобалітові породи), цегельно-черепична сировина (глинисті породи), заповнювачі для бетонів і розчинів (перліти, пісок і гравій), кварцити і кварцитоподібні пісковики, сировина для фарфоро-фаянсової та склоробної промисловості (каолін, польовошпатові сировина, кварцова сировина, фарфоровий камінь, воластоніт); сировина для кам'яного лиття;
- **Сировина для мінеральних фарб;**
- **Агрохімічна сировина:** торф і вівіаніт, гіпс та ангідрит, карбонатні породи, цеоліти, сапропель, глауконіт, сапоніт, інша сировина;
- **Нові та нетрадиційні види неметалічної сировини:** бітуми (озокерит, асфальт, керити та антраксоліти), шунгіт, нефелінові породи, маршаліт, воластоніт, ставроліт.

Деякі з наведених типів сировини можна поділити на підтипи. У своїй сукупності ці типи сировини визначають обличчя будівельної індустрії України. Необхідно відзначити, що остання має надійну мінерально-сировинну базу, яка за різноманітністю, кількістю родовищ, розвіданими запасами сировини може задовольнити вимоги промисловості (у нинішніх потребах) на багато років уперед.

Перелік нерудних корисних копалин може бути суттєво доповнений за рахунок нетрадиційних і нових видів сировини, видобуток яких збільшився за останні 10–15 років і продовжує збільшуватися.

Таким чином, до неметалічних корисних копалин відносять велику групу гірських порід та мінералів, які застосовуються в різних галузях промисловості й сільського господарства. Налічується більше 60 мінералів і понад 90 гірських порід, що використовуються як неметалічна мінеральна сировина. Нерудні корисні копалини мають деякі особливості, що властиві тільки їм і відрізняють їх від металічних і енергетичних копалин, зокрема, більшість з них має багатоцільове призначення (вапняки, вивержені породи, пісок тощо).

Неметалічні корисні копалини відіграють важливе значення для функціонування будівельного, гірничо-хімічного, металургійного, аг-

ропромислового комплексів, широко застосовуються в радіоелектроніці, атомній промисловості, авіаційній, космічній техніці, медицині і таке інше. Важливу роль відіграють місцеві нерудні корисні копалини, які мають важливе значення для виготовлення будівельних матеріалів, що здійснюється переважно на підприємствах, виробничий цикл яких поєднує видобуток, переробку сировини та випуск готової продукції, що визначає необхідність розміщення таких підприємств біля сировинної бази.

В Україні біля 2000 родовищ неметалічних корисних копалин розробляються, чи були залучені до промислової розробки у минулому. Це обумовлює виключно велике значення неметалічних корисних копалин для економіки нашої країни і пояснює значну кількість робіт, присвячених нерудним корисним копалинам України [2, 6–8, 13, 18, 19, 22, 28–30, 34, 37, 44, 47–49]. Особливо слід відмітити фундаментальну монографію „Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини” [32] (автори Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін.), де наведені вичерпні відомості відносно родовищ нерудної сировини України.

Не дивно також, що цьому предмету присвячені чисельні підручники для ВНЗ, значна кількість яких вийшла ще за радянські часи [14–17, 20, 21, 27]. Питання про всебічну характеристику мінерально-сировинної бази нерудних корисних копалин України з урахуванням потреб вищої освіти особливо гостро встало після набуття нашою країною незалежності. Саме тому на початку поточного століття колективом викладачів і співробітників кафедри геології родовищ корисних копалин Київського національного університету імені Тараса Шевченка був підготовлений і виданий підручник „Неметалічні корисні копалини України” [35]. З того часу з’явилося багато нових даних відносно геології і економіки нерудної сировини, вийшла монографія „Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини” [32]. Перше видання підручника вийшло невеликою кількістю примірників, які не могли задовольнити потреб ВНЗ України геологічного профілю. Саме тому виникло питання про перевидання підручника, який був суттєво перероблений і доповнений з урахуванням останніх даних. В його підготовці прийняв участь практично той же самий колектив авторів, за виключенням тих фахівців, які за цей час залишили університет. З глибоким сумом ми згадуємо нашого співавтора, співробітника і друга, доцента нашої кафедри Шевченка Віктора Івановича, який передчасно пішов із життя, але завжди залишається з нами, у тому числі і в цьому, другому виданні підручника, який ми писали разом.

Колектив авторів хоче подякувати за зауваження, поради і консультації чл.-кор. РАН і академіка НАН України Є.О.Куліша, академіка НАН України М.П.Щербака, академіка НАН України П.Ф.Гожики, чл.-кор. НАН України О.Ю.Митропольського, докторів геологічних наук О.Б.Боброва, Л.С.Галецького, Є.Б.Глеваського, В.М.Гулія, В.М.Загнітко, Б.О.Занкевича, К.Ю.Єсипчука, М.С.Ковальчука, М.М.Коржнєва, С.Г.Кривдіка, О.І.Лукієнко, Б.О.Малюка, С.В.Нечаєва, В.І.Павлішина, В.В.Шевчука, С.Є.Шнюкова, В.О.Шумлянського, співробітників Державної геологічної служби Д.С.Гурського, М.В.Гейченко, А.А.Дзидзинського та багатьох інших. Особлива подяка співробітникам кафедри геології родовищ корисних копалин, які забезпечували технічні питання підготовки цього підручника.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Бейтс Р.А.* Геология неметаллических полезных ископаемых. – М.: Мир, 1965.
2. *Бондарчук В.Г.* Геология родовищ корисних копалин України. – К.: Наук. думка, 1966.
3. *Борзунов В.М.* Геолого-промышленная оценка месторождений нерудного минерального сырья. – М.: Недра, 1965.
4. *Борзунов В.М.* Месторождения нерудных полезных ископаемых, их разведка и промышленная оценка. – М.: Недра, 1969.
5. *Борзунов В.М.* Разведка и промышленная оценка месторождений нерудных полезных ископаемых. – М.: Недра, 1982.
6. Геология СССР. Т. V. Украинская ССР. Молдавская ССР. Часть I. Геологическое описание платформенной части. – М.: ГОНТИ, 1958.
7. Геология СССР. Т. V. Украинская ССР. Молдавская ССР. Часть III. Полезные ископаемые. – М.: ГОНТИ, 1963.
8. Геология СССР. Т. VIII. Крым. Полезные ископаемые. – М.: ГОНТИ, 1947.
9. Геолого-экономические карты УССР. III. Горнорудная промышленность. IV. Горно-химическая промышленность. V. Промышленность строительных материалов / К.А.Суходольский, Э.С.Дехтулинский, С.А.Червинский и др. – М.: ГУГК, 1982–1987.
10. *Григорович М.Б., Немировская М.Г.* Месторождения минерального сырья для промышленности строительных материалов. – М.: Недра, 1987.
11. *Григорович М.Б., Немировская М.Г.* Минеральное сырье для промышленности строительных материалов и его оценка при геолого-разведочных работах. – М.: Недра, 1974.
12. *Григорович М.Б., Немировская М.Г.* Минеральное сырье для получения заполнителей легких бетонов. – М.: Недра, 1983.



13. Гурський Д.С., Калінін В.І., Лебідь М.І. та ін. Закономірності розміщення родовищ твердих корисних копалин України // Мін. ресурси України, 1998. – № 1. – С. 15–19.
14. Дистанов У.Г., Кринами А.И., Петров В.П. и др. Неметаллические полезные ископаемые СССР: Справочник. – М.: Недра, 1984.
15. Добыча и обработка природного камня / Ред. А.Г.Смирнов. – М.: Недра, 1990.
16. Дыбков В.Ф., Карякин А.Е., Никитин В.Д. и др. Курс месторождений неметаллических полезных ископаемых. – М.: Недра, 1969.
17. Еремин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые: Учебник. – М.: МГУ, 1991.
18. Кадастр мінеральних ресурсів Української РСР. Рудна і нерудна сировина для чорної металургії. – К.: Наук. думка, 1971.
19. Кадастр мінеральних ресурсів УРСР. Сировина для хімічної промисловості. – К.: Наук. думка, 1973.
20. Карякин А.Е., Строна П.А., Шаранов Б.Н. и др. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1985.
21. Комар А.Г. Строительные материалы и изделия: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1976.
22. Критерии прогнозирования месторождений Украинского щита и его обрамления / Отв. ред. акад. Н.П. Семененко. – К.: Наук. думка, 1975.
23. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / Ред. Д.В.Рундквист. – Л.: Недра, 1986.
24. Кужварт М. Неметаллические полезные ископаемые. – М.: Мир, 1986.
25. Куликовский В.К. Месторождения неметаллических полезных ископаемых. – К.: Киевский ун-т, 1968.
26. Куликовский В.К. Родовища неметалічних корисних копалин. – К.: Вища школа, 1974.
27. Курс месторождений твердых полезных ископаемых / Ред. П.М.Татаринов, А.Е.Карякин. – М.: Недра, 1975.
28. Лазаренко Є.К., Лазаренко Є.А., Баришніков Є.К. Мінералогія Закарпаття. – К.: Наук. думка, 1963.
29. Лазаренко Є.К., Сребродольський Б.І. Мінералогія Поділля. – Львів: Львівський ун-т, 1969.
30. Лазаренко Е.К., Панов Б.С., Груба В.И. Минералогия Донецкого бассейна. – К.: Наук. думка, 1975.
31. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том I. Металічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Київ-Львів: „Центр Європы”, 2005.
32. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Київ-Львів: „Центр Європы”, 2006.
33. Мінерально-сировинна база України. – К.: Геоинформ, 2000.
34. Мінерали України. Краткий справочник / Ред. Н.П.Щербак. – К.: Наук. думка, 1990.

35. Неметалічні корисні копалини України. Підручник / Виноградов Г.Ф., Гелета О.Л., Грінченко О.В. та ін. – К.: Київськ. ун-т, 2003.
36. Неметаллические полезные ископаемые СССР. Справочное пособие / Ред. В.П.Петров. – М.: Недра, 1984.
37. Обзор минерально-сырьевой базы территории деятельности треста "Киевгеология". – К.: "Киевгеология", 1968.
38. *Петров В.П.* Важнейшие неметаллические полезные ископаемые. – М.: Наука, 1992.
39. Прогнозно-поисковые комплексы геолого-промышленных типов неметаллических полезных ископаемых / Ред. Н.Н.Ведерников, А.С.Филько. – М.: Недра, 1989.
40. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых. – М.: Недра, 1982.
41. *Родионов Г.Г.* Мусковит. Методические указания по производству геологоразведочных работ на неметаллические полезные ископаемые. – М.: Недра, 1974.
42. *Романович И.Ф., Коплус А.В., Тимофеев И.Н. и др.* Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых. – М.: Недра, 1982.
43. *Романович И.Ф.* Месторождения неметаллических полезных ископаемых: Уч. пособие для вузов. – М.: Недра, 1986.
44. *Руденко Ф.А., Куликівський В.К., Латини В.Т., Речмедін І.О.* Корисні копалини України. – К., 1960.
45. *Страхов Н.М.* Основы теории литогенеза. – М.: АН СССР, 1962.
46. *Татаринев П.М.* Курс месторождений неметаллических полезных ископаемых. – М.: Недра, 1969.
47. *Шнюков Е.Ф., Науменко П.И.* Полуостров сокровищ. – Симферополь: Таврия, 1973.
48. Энциклопедия неорганических материалов. – К.: УРЕ, 1977.
49. *Prykhodko V.L., Gursky D.S., Kalinin V.I., Metalidi V.S., Lykov L.I.* Deposits and Occurrences of Non-Ferrous Metals within the Ukrainian Shield and its Slopes // Mineral. Journ., 2002. – 24. N 2/3. – P. 45–57.

## ЕКОНОМІЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО НЕМЕТАЛІЧНУ СИРОВИНУ

У структурі промисловості ведучих країн світу видобуток і використання неметалічних корисних копалин, у першу чергу будівельних матеріалів, відіграє величезну роль. Одне з головних розходжень промислово розвинених країн і країн, що розвиваються, складається в структурі видобутку і споживання мінеральної сировини, зокрема, співвідношення неметалічних корисних копалин і металів [2]. У 40-і роки вартість металічних копалин, що видобувалися, перевищувала вартість НКК, однак вже в 50-і роки це співвідношення змінилося на користь неметалічної сировини й у 1987 р. у США склало 5:2 чи 18899/ 7447 (вартість НКК/вартість металів, млн \$) [9, 10]. З неметалів на першому місці за вартістю видобутої сировини посідає будівельне каміння, далі йдуть цемент, пісок і гравій, глина, вапно, бор, сірка, торф, польовошпатована сировина, перліт, флюорит та ін. Подібна структура спостерігається й в інших розвинених країнах. Так, це співвідношення у 1977 р. у Великій Британії складало 20:1 чи 851/ 43 млн фунтів стерлінгів, у Франції 8:1 чи 9630/ 1160 млн Fг, у Фінляндії 3:1 чи 13,1/4,6 млн т.

Усього у світі число видів і типів НКК сягає 175, а їх щорічний видобуток – 24–25 млрд т. Крім вищезгаданих традиційних видів сировини, бурхливо розвивається використання нових і нетрадиційних видів, таких як цеоліти, діатоміти, бентоніт, трепел, вермикуліт та інші, як радіаційно-захисна, сільськогосподарська сировина, теплоізоляційні й фільтрувальні матеріали, наповнювачі паперу, сировина для хімічної, металургійної, гумової, харчової промисловості, зростає використання ефузивних, інтрузивних і глинистих порід у керамічній промисловості і металургії тощо [2, 16, 17].

Важливу роль відіграють НКК й у світовій торгівлі: будівельне каміння, каолін, сірка, барит, боксит, фосфати, бентоніт, калійні солі, азбест, діатоміти, флюорит, графіт, слюда і багато чого іншого. Так, у 1989 р. США завезли штучного будівельного каміння на \$ 525 млн при власному видобутку на \$ 208,3 млн: мармур, граніт, травертин, сланець, “чорний граніт”, лабрадорит та ін. з Італії, Канади, Мексики, Франції, Німеччини, Греції тощо. Для облицювання великих сучасних будинків і офісів завозить будівельне каміння Японія, переважно з Канади, де в 1993 р. їх видобуто на С\$ 135 млн, значна частина яких пішла на експорт [18]; Велика Британія, Канада, Японія, Німеччина, ПАР закупають діатоміт; Мексика, Таїланд, Іспанія, Китай продають

флюорит; США, Чехія, Велика Британія – каолін; Греція, Іспанія, Італія Туреччина, Угорщина – перліт; Канада і ПАР – вермикуліт. У 1993 р. США імпортували боксити з Китаю (66 тис. т.) і Гвіани (53 тис. т), а Японія в 1994 р. – з Китаю (102,3 тис. т) і Південної Америки (51,4 тис. т) [27]. У багатьох країнах світу відчувається недостача цементу, керамзитової, керамічної сировини.

Починаючи з 50-х рр., у світі відбувається масштабна структурна перебудова сировинних галузей промисловості та економіки, і на перше місце стає видобуток і промислове використання нерудної сировини. Дані про видобуток найважливіших типів НКК наведені в табл. 1, з якої видно, що у відношенні НКК провідну роль у світі відіграють США, Канада, Китай, Росія, Україна, Австралія, Туреччина, Велика Британія, Франція, Індія, Німеччина, Іран, Японія, Єгипет, ПАР, Мексика. У видобутку окремих видів сировини, крім наведених, важливу роль відіграють: *сірка* (Саудівська Аравія, Фінляндія); *фосфати* (Марокко, Туніс, Йорданія, Ізраїль, Того, Сирія, Сенегал); *сіль* (Норвегія, Македонія, Чилі, Болгарія), *слюда* (Північна Корея, Тайвань, Іран, Малайзія, Марокко, Зімбабве); *азбест* (Зімбабве); *графіт* (Північна Корея, Чехія, Мадагаскар, Зімбабве); *барит* (Марокко, Північна Корея); *флюорит* (Мексика, Монголія, Намібія, Узбекистан, Кенія); *каолін* (Узбекистан, Чехія, Південна Корея); *бентоніт* (Греція, Македонія, Зімбабве, Болгарія); *магнезит* (Північна Корея, Словаччина); *діатоміт* (Данія, Південна Корея, Перу, Кенія, Ісландія, Коста-Ріка, Чилі); *гіпс* (Таїланд, Туніс, Чилі, Пакистан); *перліт* (Угорщина, Вірменія, Словаччина, Філіппіни); *пемза і пуцолан* (Ефіопія, Чилі, Камерун, Домініканська Республіка); *польовошпатової сировини* (Таїланд, Південна Корея, Венесуела); *торф* (Ірландія, Фінляндія, Швеція); *тальк, вермикуліт, пірофіліт, стеатит* (Південна Корея).

Крім приведених типів сировини важливу роль грає видобуток: *бору* (Китай, Туреччина, США, Аргентина, Перу, Чилі); *йоду* (Азербайджан, Росія, Туркменістан, Індонезія, Китай, Японія, США, Чилі); *бром* (Велика Британія, Іспанія, Італія, Азербайджан, Туркменістан, Україна, Ізраїль, Індія, Китай, Японія, США); *пігментів заліза* (Австрія, Іспанія, Німеччина, Індія, Іран, Кіпр, Пакистан, Зімбабве, ПАР, США, Аргентина, Бразилія, Парагвай, Чилі); *вапняку* (Китай, країни СНД, Німеччина, Японія, Італія, Франція, Велика Британія, Польща, Туреччина); *K<sub>2</sub>O* (Канада, США, Ізраїль, Йорданія); *кварцової сировини* (Нідерланди, Німеччина, Австрія, Франція, Японія, Італія, Іспанія, Бельгія, Велика Британія, Чехія, Швеція, Індія, Іран); *кіаніту* (Китай, Індія, Австралія, Бразилія, США, Зімбабве, Кенія); *андалузиту* (Франція, Іспанія, ПАР, США); *силіманіту* (Індія, Австралія, ПАР, США); *граната, олівіну, цеолітів.*

Таблиця 1

**Виробництво найважливіших видів нерудної сировини у світі, 1996 р.**  
**(тис. т.; \* – млн т) [5, 11, 12, 15, 22–24, 35]**

Країна	Сірка*	Фосфати*	Сіль*	Сода*	Слюда	Азбест*	Графіт	Барит*	Флюорит*
Австралія		0,01	7,91	0,3				0,01	
Австрія	0,02		0,6	0,2			12		
Аргентина			0,99		4,7	0,01		0,03	0,01
Бразилія	0,26	0,7	5,9	0,2	7	0,17	36	0,03	0,05
Велика Британія			6,7	1				0,1	0,06
Греція			0,2			0,05		0,01	
Єгипет		0,39	1	0,05		0,01		0,01	0,01
Індія	0,27	0,35	9,5	1,5	2,7	0,03	120	0,5	0,02
Іран	0,48		0,45	0,28	0,01	0,01		0,15	0,01
Іспанія	0,75		4	0,5	0,2			0,03	0,1
Італія			3,6	0,5				0,04	0,05
Казахстан		0,13				0,23		0,25	0,08
Канада	9,01		12,3	0,4	17,5	0,52	23	0,06	
Китай	5,47	6,3	28,9	7,04		0,25	250	1,5	2,15
Мексика	2,89	0,18	8,51	0,29	5		35,5	0,25	0,54
Німеччина	1,1		1,08	1,4			4	0,15	0,04
ПАР	0,5	1	0,25	0,04	1,4	0,09		0,01	0,22
Польща	1,77		4,16	1				0,03	
Росія	4,02	2,9	1,6	1,46	20	0,72	6		0,06
Румунія			2,69	0,35			2,2	0,01	0,02
США	11,8	13,3	42,3	10,2	96,6	0,01		0,66	0,01
Туреччина			1,4	0,69			21	0,14	0,01
Франція	1,2		7,66	1,1				0,08	0,1
Чехія			0,18				25		0,02
Україна	0,31		2,8	0,42			6		
Японія	2,8		1,4	1,05		0,02			
Інші країни	9,55	14,94	35,2	3,63	69,9	0,17	103	0,41	0,58
УСЬОГО	52,2	40,2	192	33,6	225	2,29	644	4,46	4,14

**Закінчення табл. 1**

Країна	Каолін*	Бентоніт*	Магне- зит*	Діа- томіт	Гіпс*	Пер- літ	Пем- за*	ПШ*	Торф*	***
Австралія	0,21	0,04	0,29	11	2	5		0,02	0,01	224
Австрія	0,06		0,7		0,9		0,01	0,01		130
Аргентина	0,04	0,11		5	0,52		0,06	0,37	0,01	17,3
Бразилія	1	0,13	0,32	14	0,94			0,21		510
Велика Британія	2,65				2			0,01	1	4
Греція	0,12	1	0,5		0,45	350	1,2	0,03		
Єгипет	0,18	0,01			1,2			0,01		4
Індія	0,16		0,34		1,7			0,09		580
Іран	0,25	0,09	0,04	7	8,3	6	0,2	0,01		25
Іспанія	0,4	0,15	0,4	40	8		0,6	0,23	0,07	65
Італія	0,01	0,4		25	1,2	60	4,6	1,8		130
Казахстан										
Канада			1,8	10	8,33				0,78	750
Китай			1		8					2400
Мексика	0,25	0,07	0,01	56	5,26	30		0,13		16
Німеччина	0,6	0,5		50	2,5		0,6	0,38	2,98	12
ПАР	0,4	0,05	0,07		0,3	1,3		0,05		14,5
Польща	0,06	0,02	0,02		1,1			0,05	0,2	

Росія		1,2	0,6	0,1**	0,85			0,05	2,5	130
Румунія	0,05	0,04		45	0,07			0,01		10
США	9,12	3,74	0,6	698	17,5	684	0,61	0,89	0,55	994
Туреччина	0,4	0,6	2		0,6	160		0,5		4
Франція	0,35			85	5		0,45	0,6	0,2	300
Чехія	3,32				0,55					
Україна	0,9	0,14			0,1			0,01	1	
Японія	0,14	0,47			5,35	200		0,06		965
Інші країни	17,93	0,43	0,48	363,9	16,98	183,7	2,86	1,23	16,5	905,2
УСЬОГО	38,6	9,19	9,17	1410	99,7	1680	11,1	6,75	25,8	8190

\*\*\* – тальк, вермикуліт, пірофіліт, стеатит

Охарактеризуємо структуру галузі в деяких країнах світу, яка складалася на початку 90-х років минулого століття. Китай, переживає в останні роки загальний економічний бум, однієї зі складових частин якого є зростання виробництва НКК (10–15 % у рік), що перевищило виробництво металів. Це збігається з ростом валового національного продукту (10–13 % при ВВП \$ 3 трилл). Китай щорічно видобуває 5 млрд т мінеральної продукції, з них 3,5 млрд т неметалів [25]. Зусиллями китайських геологів створена потужна мінерально-сировинна база, що включає 6700 родовищ і проявів 86 різновидів сировини, у тому числі бокситів, магнезиту (1,2 млрд т), глини і каолінів (4,5), фосфоритів (15,7), гіпсу (57), бентонітів (2,4), будівельних каменів і бариту; флюориту (130 млн т), графіту (198), калійних солей (396), бора (44), слюди (70), тальку (250), воластоніту (98), азбесту (88), цеолітів (950), діатомітів (200), перлітів (260) та ін. [25, 26, 34]. Виробництво їх не тільки забезпечує внутрішні потреби країни, але і дозволяє широко експортувати. У 1992 р. експорт нерудної сировини досяг \$ 800 млн при зростанні з 1985 р. у середньому на 14 % щорічно, що дозволяє Китаю істотно збільшувати свої валютні ресурси і служити сприятливим фактором процвітання економіки у цілому (табл. 2).

**Таблиця 2**

**Структура експорту нерудної сировини в Китаї в 1992 р.  
(у чисельнику – обсяг, у знаменнику – вартість, млн \$) [25, 26, 34]**

Сировина	Обсяг/ вартість	У тому числі по країнах
Польові шпати	440/9,2	Гонконг (362/6,5), Тайвань (52/1,3)
Тальк та ін.	1048/54	Японія (519/25,5), Південна Корея (198/9,2), Гонконг (49/1,7), Таїланд (42/3,2), США (27/1,3)
Графіт	155/40	Півд. Корея (40/5,5), Японія (54/17,1)
Каолін	377/8,1	Гонконг (277/40), Макао (40/0,1), Японія (21/1,7), Тайвань (20/1,0)
Флюорит	1188/79,1	Японія (397/26,3), США (357/24,6), Нідерланди (109/7,2), Італія (44/3,3), Південна Корея (35/1,9)
Слюда	26/3,4	Японія (17/2,3), Велика Британія (1/0,1)
Вогнетривкі глини	315/13	Японія (74/3,1), Нідерланди (44/1,6), США (37/1,9), Туреччина (32/1,2), Італія (30/1,1)
Кварцова сировина	198/2,8	Японія (82/1,7), Південна Корея (88/0,6)
Цемент	6416/ 257,9	Південна Корея (746/151), Макао (208/5,7), Гонконг (569/24,0), Бангладеш (541/21,1)
Бентоніт	44/2,3	Японія (21/1,2)
Шамот	3/0,2	Нідерланди (2/0,1)
Андалузит та ін.	9/0,5	Італія (7/0,4), Японія (1/0,1)
Трепел, діатоміт	85/6,6	Японія (43/4,0), Нідерланди (17/1,7)
Барит	625/19,7	США (178/5,1), Нідерланди (115/3), Японія (67/2,3), Іран (63/2,8), Колумбія (61/2,0)



Абразиви	3/0,9	США (3/0,7)
Магнезит	6/0,5	Японія (3/0,1)
Гіпс	66/1,5	Південна Корея (58/1,0)
Вапно	75/3,2	Гонконг (62/2,5)
Азбест	2/0,9	Таїланд (1/0,4), В'єтнам (1/0,1)
Вермикуліт, перліт	27/2,0	Японія (18/1,4)
Доломіт	95/1,1	Японія (95/1,1)
Муліт	1/0,1	Японія (1/0,1)

Крім того експортуються циркон (4 тис. т), мармур (590), граніт (600), бор (2), фосфорити (500), воластоніт (97).

Інша структура виробництва і споживання НКК характерна для Тайваню, незначні розміри якого (36 тис. км<sup>2</sup>) не заважають його економіці бурливо розвиватися. Так, у 1994 р. ріст ВВП склав 6,5 %, а вартість усієї мінеральної продукції перевищила \$ 1,5 млрд (40960,7 млн тайваньських доларів). При постійному зниженні видобутку рудної сировини за останні 10–15 років щорічно збільшується виробництво “неметалічної” продукції, зокрема, кераміки, скла, цементу, вогнетривів, росте видобуток штучних каменів, піску і гравію і т.д. Вона складає близько 85 % усієї мінеральної продукції країни [28]. Частину сировини і продукції (цемент, піски, доломіт і гіпс), Тайвань експортує, однак, значна кількість сировини ввозиться (табл.3). За вартістю імпорту сировини (більш \$ 300 млн) багаторазово перевищує експорт (біля \$ 10 млн), що не заважає цій невеликій країні бурливо розвиватися і підтримувати високий рівень життя населення.

**Таблиця 3**

**Структура імпорту й експорту нерудної сировини в Тайвані в 1994 р.  
(у чисельнику – обсяг, у знаменнику – вартість, млн \$) [28]**

Сировина	Обсяг/ вартість	У тому числі по країнах
<b>ІМПОРТ</b>		
Полювий шпат	1175/49,7	Китай (798/32,0), Таїланд (237/8,5), Південна Корея (51/2,2), Філіппіни (48/1,6)
Каолін	553/47,7	Китай (350/13,4), США (114/25,4), Індонезія (49/3,7), Малайзія (28/2,1)
Тальк	180/12,2	Китай (174/9,5)
Флюорит	47/4,1	Китай (41/3,2)
Графіт	7/2,2	Китай (6/1,6)
Кварц, кварц. піски	447/15,3	Австралія (347/9,2), В'єтнам (77/1,4)
Бентоніт	41/6,3	США (36/5,6)
Мармур	113/20,8	Філіппіни (54/2,5), Італія (19/6,0)
Вогнетривкі глини	1170/54,0	Китай (775/29,1), Малайзія (154/6,1), Індонезія (116/3,6)

Фосфати	353/21,0	Йорданія (248/15,0), Ізраїль (65/3,6), Марокко (33/1,8)
Граніт	1398/184,3	Китай (798/65,9), Іспанія (201/29,4), Індія (137/26,0), США (59/1,3)
Барит	8/0,9	Китай (5/0,4), Таїланд (3/0,5)
Діатоміт	14/3,1	Китай (7/0,5), США (6/2,1)
Магнезит	98/14,9	Китай (86/8,6), Японія (7/3,7), Ізраїль (1/0,7)
Гіпс	735/21,5	Таїланд (715/20,5), Австралія (19/0,5), Норвегія (15/2,0)
Нефелін, сієніти	24/3,6	
Вапняк	852/10,4	Японія (833/10,2)
Вермикуліт	19/1,1	Південна Корея (17/0,7)
ЕКСПОРТ		
Піски	91,4/3,5	Японія (30,6/2,5), Гонконг (19/0,2)
Цемент	4300/	Японія, Мексика
Доломіт	26/0,6	Японія (24/0,3)
Гіпс		Гонконг (13/2,5)

Таким чином, якщо Китай є експортером мінеральної продукції, то Тайвань – імпортер. Є, однак, і третя схема побудови мінеральної індустрії, заснована на збалансованості ввозу і вивозу видів сировини в рамках єдиного економічного регіону. Прикладом такого роду можуть бути скандинавські країни (табл. 4).

Загальна вартість мінеральної сировини, що була видобута у 1994 р. у Норвегії склала \$ 935 млн, з них 85 % (\$ 800 млн) належить НКК [29]: будівельне каміння, вапняк, крейда, доломіт, пісок, гравій, ПШ сировина, графіт, ільменіт. Близько 40 % сировини вивозиться до Скандинавії і Німеччини, однак імпорту за вартістю дещо перевищує експорт (\$ 570:320 млн). Ввозяться алюмінієва сировина (2,3 млн т), сіль (735 тис. т), апатит (625), кварц і кварцити (590), барит (175). Норвегія займає одне з перших місць за видобутком олівину, нефелінових сієнітів, ільменіту.

**Таблиця 4**

**Структура експорту й імпорту НКК скандинавських країн у 1994 р.  
(млн \$, для Швеції – млн крон) [19, 29, 30, 36]**

ЕКСПОРТ		ІМПОРТ	
НОРВЕГІЯ			
Олівін, ільменіт, ПШ, графіт (210), штучне каміння (110)	<b>320</b>	Боксити (360), апатит (38), сіль (43), кварц (20), барит	<b>570</b>
ШВЕЦІЯ			
Кварцити, ПШ (171), цемент (220), штучне каміння (187), крейда (50) пісок, гравій (210), вапняк (62)	<b>900</b>	Сіль (400), каолін (450), цемент (110), доломіт (90), штучне каміння (110), мармур (115), олівін 610	<b>1900</b>

ФІНЛЯНДІЯ			
Штучне каміння (82), тальк (37), кварцити, ПШ (5), воластоніт	<b>140</b>	Каолін (214), сіль(24), крейда (23), вогнетриви (21), ільменіт (21), карбонати (19), цемент (15)	<b>380</b>
ДАНІЯ			
Пісок, гравій (128), крейда( 19), глини (121), молер(22), сіль (20), цемент			

У Швеції в 1994 р. видобуто 9,6 млн т нерудної сировини на суму 1,1 млрд шведських крон (Skr), а виготовлена з нього продукція оцінюється в Skr 6 млрд [36]. Переважають вапняки і доломіти, кварц і кварцити, кварцові піски і пісковики, глини, олівін, тальк тощо. Особлива роль належить штучному і монументальному камінню (гнейси, граніти, діабазы, сланці, мармур, вапняк, пісковик та ін.). У 1994 р. Швеція вивезла 5,4 млн т сировини загальною вартістю Skr 900 млн, у той же час імпорт склав 3,8 млн т чи Skr 1900 млн; основні торгові партнери – Фінляндія, Норвегія, Данія, Німеччина. На початку 90-х років відбулася реструктуризація мінеральної індустрії Швеції, де зараз існують десятки компаній, що спеціалізуються на видобутку окремих видів сировини і розробці окремих родовищ.

У Фінляндії до середини 70-х рр. спостерігався різкий ріст видобутку металічної сировини (до 12–13 млн т), однак з 1975 р. відзначається поступове зниження її видобутку (до 4,6 млн т у 1995 р.) [30]. Видобуток карбонатної сировини, що сягав у 70-і рр. 5 млн т, у 90-і трохи знизився (до 3,9 млн т), але виробництво іншої неметалічної сировини різко зросло і з 1990 р. перевищило за обсягом виробництво металів (у 1994 р. – 9,168 млн т). Фінляндія – найважливіший виробник карбонатів, фосфатів, тальку, воластоніту, штучного каміння. Крім кварцової і польвошпатової сировини, тальку і воластоніту, широко експортуються в багато країн світу, навіть на Далекий Схід, фінські граніти-рапаківі, габро і діабазы, різнобарвні гнейси, мармур (у тому числі зелений), лабрадорити. Як і для Швеції, вартість продукції, що імпортується, дещо перевищує експорт. Фінляндія ввозить більше всього каоліну, що, разом із карбонатами і тальком використовується в першу чергу в паперовій промисловості. Їх використання для цих цілей виросло з 400 тис. т у 1980 р. до 1 млн т у 1994 р. Як і у Швеції, у 90-і роки тут проведена реструктуризація мінеральної індустрії.

Незважаючи на невеликі розміри (43 тис. км<sup>2</sup>) і високу щільність населення (більш 100 чел/км<sup>2</sup>), Данія має розвинену індустрію мінеральної сировини, що базується на розробці пісків і гравелітів, глин, вапняків і крейди, діатомітів (молер), гранітів, торфу. Їх значна частина над-

ходить на експорт, вартість якого неухильно зростає з \$ 50 млн у 1984 р. до \$ 110 млн у 1994 р. Тут також добувають мінеральні солі (600 тис. т), 57 % яких йде на експорт. Данія є одним з найважливіших виробників високоякісного білого цементу, вивіз якого підвищився з 0,4 млн т у 1984 р. до 1,7 млн т у 1994 р. [19]. Важливе значення має виробництво крейдових наповнювачів для паперу і молеру – унікальної природної суміші діатоміту з 20–25 % смектитової глини. Останній широко використовують як абсорбент, фільтр для води, у жаростійких покриттях у сталепрокатному виробництві, для поділу нафтопродуктів, у хімічній індустрії, як складова частина нітрогліцерину, в агропромисловості для покриття зерен, підвищення родючості ґрунтів, як кормододатки для домашньої худоби і птахів.

Потужну мінеральну індустрію має Франція, що є одним з найбільших у Європі виробників діатоміту, сірки, кварцової і польовошпатової сировини, гіпсу, солі. Вона має збалансовану структуру ввозу і вивозу сировини: експортуються тальк (100 тис. т), каолін (150), вогнетривкі глини (450), флюорит (25–30), цемент (910) та ін., імпортуються тальк (20 тис. т.), каолін (400), слюда (1,5) та ін. [20, 32].

Найбільшим у світі виробником і споживачем нерудної сировини є США, де її ресурси в два рази перевищують ресурси металічних корисних копалин (табл. 5). Тут розробляються практично всі види НКК, багато з яких США експортує: вермикуліт (до Канади і ПАР); діатоміт (до Великої Британії, Канади, Японії, Німеччини, ПАР); бор, 60 % світового видобутку якого вилучається з копалин Каліфорнії тощо. Одночасно, США імпортують боксит (з Китаю і Гвіани), плавіково-шпатовий концентрат (з Мексики), штучне каміння (з Італії, Канади, Мексики, Франції, Німеччини, Греції, Філіппін, Бразилії, Норвегії, ПАР) і таке інше [9, 21, 24, 31, 33]. Для порівняння наведемо такі цифри: у 1984 р. для виробництва паперу в США використано в якості наповнювача 1,45 млн т каолінів, а в СРСР – 0,54 млн т, при цьому загальний обсяг зробленого паперу склав у США 62,3 млн т, а в СРСР – усього лише 9,15 млн т, не говорячи про його якість.

**Таблиця 5**

**Виробництво НКК у США [21]**

Вид сировини	1995		1997	
	тис. т	млн \$	тис. т	млн \$
Азбест	10,2	н/зв	9,1	н/зв
Барит	543	10,4	700	17,5
Бентоніт	3820	138	3780	133
Бор	1190	560	622	503
Бром	218	186	250	247
Вапно	18500	1100	19300	1150
Вермикуліт	171	н/зв	н/зв	н/зв

Гелій, млн м <sup>3</sup>	135	228,1	138	231,9
Гіпс	16600	121	17000	121
Глини	29816	478,3	30403	473,7
Гранат	53	9,7	70,8	7,6
Діатоміт	687	171	705	178
Дорогоцінне каміння	н/зв	48,7	н/зв	38,2
Дроблене каміння	1260000	6750	1390000	7720
Йод	1,2	12,5	1,3	24
Каолін	9480	1110	8990	1110
Пемза	529	13,2	538	14,2
Перліт	700	21,6	703	22,4
Пісок і гравій	938200	4412	988900	4800
Польовий шпат	0,9	37,4	0,9	41,9
Поташ К <sub>2</sub> О	2880	284	2990	318
Силікатне каміння	0,3	н/зв	н/зв	н/зв
Сіль	40800	1000	41400	958
Сірка	3070	207	н/зв	н/зв
Слюда	108	5,6	92,0	8,4
Сода	10427	856,7	10720	850,8
Торф	660	17	617	15,9
Трепел	80,1	10,5	н/зв	н/зв
Флюорит	51,4	н/зв	н/зв	н/зв
Фосфати	43500	947	46300	1090
Цемент	76900	5227	80840	5854
Цеоліт	46,8	н/зв	н/зв	н/зв
Інша сировина *	н/зв	626	н/зв	743
НКК, всього	н/зв	24600	н/зв	26700
Рудна сировина, всього	н/зв	14000	н/зв	12900
ВСЬОГО	н/зв	38600	н/зв	39600

\* – кіаніт, магнезит, тальк, пірофіліт, ставроліт, воластоніт та ін.

У 1993 р. у Канаді видобуто близько 25 різновидів нерудної сировини загальною вартістю С\$ 4,3 млрд. Дві третини цієї продукції Канада експортує в 80 країн світу: азбест, графіт, гіпс, слюда, калійні солі та ін. [18]. Звертає увагу швидке зростання видобутку кварцової сировини. Слід зазначити, що значна частина з гранітів, що видобуваються, експортується, причому близько 70 % гранітів – до Японії.

З європейських країн варто назвати також Чехію, що володіє значними ресурсами цеолітів (7 млн т); Грецію, де запаси бокситів складають 600 тис. т, відомі родовища цеолітів; Італію; Угорщину, де зосереджені великі запаси бокситів (300 тис. т), що видобуває (1995 р.) бентоніти (15,4 тис. т), каолін (5), перліт (105), цеоліти (50), тальк і вермикуліт (10), гіпс (190); Сербію і Чорногорію, де видобувається каолін (55

тис. т), магнезит (75), гіпс (44), пемза (75), кварцові піски (300), польовошпатована сировина (3,2).

У цілому, Європа споживає близько 35 % світового видобутку НКК (для порівняння, Індія – 2 %), імпортуючи при цьому барит, бентоніт, азбест, діатоміт, польовошпатову сировину, флюорит, каолін, магнезит, слюду, графіт, гіпс, тальк і таке інше.

Бурливо розвивається мінеральна індустрія в Латинській Америці. Крім Мексики, у надрах якої знаходиться 11 % світових запасів флюориту чи 32,6 млн т (а також великі запаси бариту – 4,5 млн т, графіту – 10 млн т, сірки – 80 млн т та ін.), треба відзначити Чилі, де видобуток НКК зріс з 1983 по 1992 р. з 4,3 до 9,1 млн т зі збільшенням експорту продукції з 0,9 до 1,7 млн т; Уругвай, де експорт НКК складає в рік біля \$ 1 млн (граніт, мрамур, цемент, доломіт, тальк, бентоніт, виробне каміння та ін.); Венесуелу, де в останні роки стали розроблятися родовища польовошпатової сировини (100 тис. т), білопалених глин (300), доломіту (80), вапняку (1000), кварцових пісків (300), вохр (10), тальку, магнезиту та ін.; Аргентину, де видобувають гіпс, азбест, сірку, граніт, глини, мрамур, польовошпатову сировину та ін., є родовища високоякісних білих наповнювачів для паперу (тальк, каолін, карбонати); Бразилію, де знаходяться великі родовища дорогоцінного і виробного каміння, бокситів, бариту, фосфату, азбесту, слюди, графіту.

Україна має надійну мінерально-сировинну базу НКК. Її виникнення стало можливим у першу чергу завдяки самовідданій роботі українських геологів, що вже понад 100 років вивчають надра своєї країни. За цей час відкрито і розвідано близько 4 тис. родовищ НКК, з яких майже 2 тис. розробляються чи розроблялися [3, 4, 6–8, 12–14]:

- **калійної солі** в Передкарпатському крайовому прогині (родовища *Калуш-Голинське* й *Стебницьке*);
- **кам'яної солі** в Дніпровсько-Донецькій западині (ДДЗ), Донецькій і Карпатській складчастих спорудах (*Новокарфагенське, Роменське, Єфремівське, Артемівське, Солотвинське*);
- **сірки** в Передкарпатському сірконосному басейні в зоні зчленування Волино-Подільської плити та Передкарпатського крайового прогину (*Немирівське, Роздольське, Подорожнянське, Язівське*);
- **крейди** в Донбасі (*Райгородське, Слов'янське, Білогорівське, Бантишиєвське*);
- **графіту** в межах Українського щита (УЩ) (*Завалівське, Балахівське, Петрівське, Троїцьке*);
- **каоліну** первинного (*Дубрівське, Купинське, Майдан-Вільське, Буртинське, Судимонтське, Березівське, Просянівське, Володимирське, Балка Біла*) і вторинного (*Великогадоминецьке, Глуховецьке, Турбівське, Білявське, Полозьке*) на УЩ, в Закарпатті, в зоні зчленування ДДЗ і Воронезького масиву;
- **бентоніту** на УЩ, в ДДЗ, Перед- і Закарпатському прогинах, на Волино-Подільській плиті, в Кримській складчастій області (*Черкаське, Горбське*);

- **вогнетривких глин** в ДДЗ, Донбасі, на УЩ (Мурзинське, Кіровоградське, Часов-Ярське, Новорайське, Новоандріївське, Веселівське, Октябрське, Пятихатське, Затишанське, Обознівське);
- **доломітів для металургії** на УЩ, в Донецькій та Карпатській складчастих спорудах (Негребівське, Ямське, Кузинське, Новотроїцьке, Оленівське, Стильське, Північно-Шевченківське);
- **флюсових вапняків** на УЩ, в Донбасі, Криму (Оленівське, Каракубське, Новотроїцьке, Східно-Багерівське, Краснопартизанське, Іванівське, Псилераське, Кадиківське, Гора Госфорт);
- **кварцитів для вогнетривів** на УЩ (Овруцьке), кварцитоподібних пісковиків у ДДЗ, кварцового піску в Донбасі;
- **формуваального піску** в Донбасі, в ДДЗ, на УЩ, на Волино-Подільській плиті, на південному схилі Воронезького масиву (Гусарівське, Часов-Ярське, Орхівське, Полозьке);
- **цементної сировини**: вапняку (Розвадівське, Гуменецьке, Григорівське, Волошанське); мергелю (Амвросіївське, Бахчисарайське), крейди (Новгород-Сіверське, Здолбунівське, Краматорське); глини (Новгород-Сіверське, Розвадівське, Гуменецьке, Краматорське, Шебелинське, Кривинське); опоки (Рава-Руська, Первозванівське, Коноплянське, Балка Мокра); туфів (Березівське); гіпсу та ангідриту (Піщане, Нирковське, Михайлівське, Артемівське, Кудринцівське);
- **вапняку для вапна** на УЩ, Волино-Подільській плиті, в ДДЗ, Донецькій, Карпатській, Кримській складчастих спорудах, Причорноморській западині;
- **облицювального та будівельного каміння**: гранітів (Омелянівське, Коростишівське, Тригирівське, Корнинське, Жежелівське, Богуславське, Старобабанське, Танське), габро (Ясногірське, Рудня Шляхова, Кам'янобрідське, Слобідське), лабрадориту (Синій Камінь, Федорівське, Головинське, Сліпчицьке), туфів (Мужіївське, Ковацьке), травертину (Великожужелівське, Кривчинське), мармуру (Новопавлівське, Требушанське, Белінське, Більшокаменецьке, Білгород-Дністровське), пісковиків (Застінківське, Терелянське, Буданівське);
- **кварцових та інших пісків** (Папирнянське, Новоселівське, Великоглибовицьке, Берестовенківське, Авдіївське, Новомихайлівське, Волошинське);
- а також **апатиту** (Стремигородське, Новополтавське); **мінеральної флюорити** (Немирівське); **фосфоритів** (Ратнівське, Розльотське, Стецьківське, Ізюмське, Барбухинське, Ковалівське, Малокомишувське, Джурівське, Жванське, Осиківське, Гайдамацьке); **самоцвітного каміння** (Клесівське, Волинське, Калюсик, Прилуки); **озокериту** (Бориславське); **польового шпату** (Балка Великого Табору); **цеоліту** (Сокирницьке); **флюориту** (Покровсько-Кирейське) та багато інших.

Відомості про запаси та видобуток основних типів нерудної сировини наведено в табл. 6. Як видно з таблиці, наявна сировинна база може забезпечити не тільки теперішні обсяги виробництва будівельних та інших матеріалів на довгі роки вперед, але й їх різке збільшення. Однак загальна економічна криза не могла не позначитися й на цій галузі народного господарства країни.

На початку 90-х рр. намітилася тенденція до падіння видобутку та виробництва мінерально-сировинної продукції в Україні. За 1992–1997 рр. більше ніж у 10 разів зменшився видобуток бром, магнієвої солі, сірки, фарбової та абразивної сировини, гіпсу та ангідриту; у 4–10 разів – карбонатної та польовошпатової сировини, солі кухонної, графіту, каоліну, перліту, цементної сировини; у 2–4 рази – крейди, солі калійної, бентоніту, флюсового вапняку, вогнетривких і тугоплавких глин, доломітів, кварцитів, крейди, облицювального каміння, скляної сировини та ін. Впало виробництво цементу, цегли, будівельних матеріалів.

**Таблиця 6**

**Основні види неметалічних корисних копалин України [1]**

Сировина	Родовищ		Запаси (на 01.01.98)	Видобуток	
	Всього	Розробл		1992	1997
Апатит, млн т	3	-	1955,1	-	-
Барит, млн т	1	-	2,5	-	-
Бром, тис. т	2	2	200	22	0,19
Карбонатна сировина, млн т	48	12	425,3	8,5	1,5
Крейда, млн т	4	3	72,5	1,7	0,6
Сіль калійна сира, млн т	13	2	2351	2,2	0,8
Сіль кухонна, млн т	14	11	16682,9	13,2	3
Сіль магнієва сира, млн т	5	4	1142,3	30,8	0,8
Сірка, млн т	12	5	664,7	1,8	0,1
Фарбова сировина, тис. т	8	2	10900	106	0,2
Фосфорит, млн т	4	-	300	-	-
Абразивна сировина, тис. т	4	3	54270	19,5	2
Бітум, млн т	18	4	7,16		
Глина бентонітова, млн т	6	3	61,18	0,42	0,14
Графіт (руда), млн т	5	1	7,84	0,65	0,01
Каолін, млн т	34	22	455,1	6,01	1,34
Озокерит, тис. т	3	1	192	0,8	-
Сланець пірофілітовий, млн т	2	-	1,78	-	-
Польовошпатово сировина, млн т	7	3	6,85	0,02	0,01
Цеоліти, млн т	2	2	130,14		
Вапняк флюсовий, млн т	14	7	2505,9	36,7	17,9
Глина вогнетривка, млн т	20	8	524,21	3,1	1,49
Доломіт для металургії, млн т	8	4	424,45	2,4	0,8
Кварцит і кварц, млн т	5	4	154,8	2,5	1
Пісок формувальний, млн т	22	9	888,81	8,2	4,8
Ставроліт, млн т	1	1	2,03		
Високоглиноземна сировина, млн т	2	1	3,2		
Магнезит, млн т	1	-	105,13	-	-



Вапняк для вапна, млн т	90	30	747,2		
Гіпс та ангідрит, млн т	35	9	458,06	1,7	0,1
Глина тугоплавка, млн т	24	12	105,4	1,6	0,5
Крейда будівельна, млн т	66	20	493,2		
Камінь облицювальний, тис. м <sup>3</sup>	155	79	377445	421	147
Камінь будівельний, тис. м <sup>3</sup>	708	387	9324352		
Камінь пиляльний, тис. м <sup>3</sup>	181	109	1030543		
Керамзитова сировина, млн т	56	20	321,93		
Піщано-гравійна суміш, тис. м <sup>3</sup>	41	10	264269		
Пісок, тис. м <sup>3</sup>	347	108	2833767		
Перліт, тис. м <sup>3</sup>	3	2	48050	138	18
Скляна сировина, млн т	29	11	253,12	2,9	0,9
Сировина для мінер. вати, млн т	4	2	134,47		
Цементна сировина, млн т	39	24	3098,5	30,7	7,2
Цегельно-черепична сировина, тис. м <sup>3</sup>	1844	865	2400878		

Падіння виробництва окремих видів продукції продовжувалося і на початку ХХІ сторіччя: карбонатної сировини, крейди, озокериту, цеоліту, вапняку, глин, будівельних і пиляльних каменів, піску, скляної, мінераловатної, цементної і цегляно-черепичної сировини. У той же час, за ці роки трохи виріс видобуток кухонної солі, абразивної сировини, природних пігментів, пірофіліту, перліту, флюсових вапняків, формувальних пісків, гіпсу, будівельної крейди, піщано-гравійних сумішей, що, однак, не змогло докорінно переломити загальне погіршення геолого-економічних показників гірничодобувного сектора нашої країни, яке триває з початку 90-х років

Однак, незважаючи на негативні тенденції, Україна залишається однією з провідних гірничодобувних країн, хоч за видобутком нерудних корисних копалин вона значно поступається розвиненим країнам світу. Так, загальна кількість видобутої в 1997 р. нерудної сировини може орієнтовно бути оціненою в 50 млн т. Однак це становить лише 0,2 % світового видобутку цієї сировини, який за оцінками західних експертів сягає 24–25 млрд т/рік. Дуже відстає Україна від розвинених країн і за використанням мінерально-сировинної продукції на душу населення, хоч і має позитивне сальдо в імпортно-експортних операціях з нерудною сировиною та її продукцією (табл. 7).

Україна є важливим експортером солі, графіту, пісків, кварцової сировини, каоліну, глин, будівельного каміння, гальки, гравію і щебеню, вапнякового флюсу, цементу тощо. У той же час вона змушена ввозити сірку, крейду, фосфати, сульфат барію, оброблений мармур, карбонат магнію, гіпс і ангідрит, вапно, азбест, стеатит, польовий шпат та інші корисні копалини чи продукти їх переробки. Більшість з них присутня в надрах нашої країни, і залучення цих та інших видів сировини може привести до економії сотень мільйонів доларів, у край потрiбних нашої економіці.

Таблиця 7

## Експорт та імпорт нерудної сировини України в 1998 р. [1]

Сировина	Експорт		Імпорт	
	Тис. т	\$ тис.	Тис. т	\$ тис.
Крейда	0,46	37	12,4	728
Сіль	10112	29870	5,16	591
Сірка	24,9	2287	371,6	15943
Сульфат барію	-	-	10,9	1866
Фосфати	-	-	704,6	48629
Абразиви	0,43	146	0,1	61
Азбест	0,14	48	50,4	9955
Графіт	1,9	697	0,42	271
Каолін	231,9	10529	0,002	6
ПШ	0,19	26	44,76	6762
Сланець	0,02	1	0,02	23
Слюда	0,02	22	0,22	143
Флюсові вапняки	982,2	6132	0,34	27
Глини	1591	33995	0,9	218
Доломіт	3,3	644	35,2	647
Кварц	65	1230	0,5	64
Карбонат Mg	0,27	175	74,1	3136
Стеатит	0,1	13	0,48	223
Гіпс, ангідрит	10,1	129	74,1	3136
Вапняк	982,2	6132	0,34	27
Вапно	1,06	101	16,76	982
Цемент	1043	26142	42,2	2207
Мармур	0,18	29	1,1	472
Граніт, базальт	189	7576	86	26
Галька, гравій	3489	18575	11,1	633
Пісок	168	1787	29,4	453
Інша	6,8	349	10,5	3155
Усього		146672		100384

Можна відзначити, що надра України у відношенні НКК використовуються далеко не повною мірою, а гірничодобувний сектор нашої економіки вимагає структурної перебудови з обліком нових політичних і економічних реалій, що склалися у світі, зокрема, конкурентноздатності тих чи інших видів сировини. Імовірно, уже давно назріла необхідність геолого-економічної переоцінки мінерально-сировинної бази НКК України з урахуванням світових кондицій і вимог сучасної ринкової економіки.

Таким чином, при всіх розходженнях у структурі мінеральної бази, обсягах сировини, що видобувається, співвідношенні експорту й імпорту промислово розвинені країни схожі високою ефективністю, динамічністю індустрії неметалічних корисних копалин, їх високою роллю у загальному балансі видобутку і споживання мінеральної сировини, у

структурі експорту-імпорту. НКК поступово займають ведуче місце в сировинних галузях промисловості, як могутній фактор економічного зростання в країнах з різним соціальним укладом, підвищення добробуту й умов життя їхніх мешканців. Україна має величезні перспективи різкого розширення мінерально-сировинної бази найрізноманітніших типів неметалічних корисних копалин.

### ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яку роль у структурі промисловості ведучих країн світу відіграють неметалічні корисні копалини?
2. Які країни світу мають найбільш розвинену мінерально-сировинну базу неметалічних корисних копалин?
3. Наведіть порівняльну характеристику НКК Китаю і Тайваню.
4. Охарактеризуйте особливості мінерально-сировинної бази НКК Норвегії, Швеції, Фінляндії і Данії.
5. Охарактеризуйте особливості мінерально-сировинної бази НКК США і Канади.
6. Охарактеризуйте особливості мінерально-сировинної бази НКК України.
7. Які основні види неметалічних корисних копалин України ви знаєте?
8. Яка структура експорту-імпорту НКК України?

### ЛІТЕРАТУРА

1. Державна геологічна служба України. Довідник. – К: Геоінформ, 1999.
2. *Кужварт М.* Неметаллические полезные ископаемые. – М.: Мир, 1986.
3. *Кулиш Е.А., Лебедь Н.И., Суходольский К.А.* Минеральные ресурсы Украины. Неметаллическое минеральное сырье для черной металлургии. – К.: ОМ ИГМР НАН Украины, 1993.
4. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Київ-Львів: „Центр Європы”, 2006.
5. Минеральные ресурсы мира на 1.01.2000. Статистический справочник. – М.: ”Аэрогеология”, 2001.
6. Минеральные ресурсы Украины и мира (на 1.01.2001 г.). – К.: Геоінформ, 2003.
7. Минеральные ресурсы Украины и мира на 1.01.2004 г. – К.: Геоінформ, 2005.
8. Минерально-сырьевая база Украины. – К.: Геоінформ, 1992.
9. *Михайлов В.А., Чудаев О.В., Астапенко Г.И., Граждан Т.Г.* Месторождения нерудного сырья Приморского края. – Владивосток: Дальнаука, 1998.
10. *Михайлов В.А., Кулиш Е.А.* Нерудное сырье в мировой экономике // Тектоника, минерагения, минеральные ресурсы. Сб. научн. работ ИГОС НАН и МЧС Украины. – К.: ИГОС, 2005. – Т. 1. – С. 135–150.
11. *Михайлов В.А., Михайлова Л.С., Шунько В.В.* Роль неметалічних корисних копалин у світовій гірничодобувній промисловості // Вісник Київського ун-ту. Геологія, 2001. – № 20. – С. 10–14.

12. Мінеральні ресурси України і світу на 01.01.2001. – К.: "Геоінформ", 2003.
13. Неметалічні корисні копалини України. Підручник / Виноградов Г.Ф., Гелета О.Л., Грінченко О.В. та ін. – К.: Київськ. ун-т, 2003.
14. Ресурси твердих горючих копалин України на 01.01.2003 р. (за оперативними даними) / Ред. М.О. Акулов. – К.: Геоінформ, 2003.
15. *Goldman H.B.* Sand and Gravel // *Industrial Minerals & Rocks*. 6<sup>th</sup> Edition. – 1994. – P. 869–877.
16. *Hanson A.* Natural zeolites. Many merits, meagre markets // *Industr. Miner.*, 1995. – N 339. – P. 40–52.
17. *Holms D.A.* Zeolites // *Industrial Minerals and Roks*. 6<sup>th</sup> Edition. – 1994. – P.1129–1158.
18. *Irvin R.D.* Canadian industrial minerals. Investment opportunities // *Industr. Miner.*, 1994. – N. 320. – P. 51–55.
19. *Knudsen Ch.* Denmark's industrial minerals // *Industr. Miner.*, 1996. – N 340. – P. 50–55.
20. *Loughbrough R.* The minerals industry of France // *Industr. Miner.*, 1994. – N 322. – P.19–37.
21. *Minerals Yearbook. Area Reports:Domestic*, 1997. – Wash.: US Geol. Surv., 1999. – Vol. II.
22. *Minerals Yearbook. Area Reports: International*, 1996. Mineral Industries of Asia and the Pacific. – Wash.: US Geol. Surv., 1997. – V. III.
23. *Minerals Yearbook. Area Reports: International*, 1995. Mineral Industries of Latin America and Canada. – Wash.: US Geol. Surv., 1997. – V. III.
24. *Minerals Yearbook. Area Reports: International*, 1996. Mineral Industries of Africa and the Middle East. – Wash.: US Geol. Surv., 1998. – V. III.
25. *O'Driscoll M.* China's minerals industry // *Industr. Miner.*, 1994. – N 321. – P. 19–45.
26. *O'Driscoll M.* China's ceramics boom. Firing up in Foshan // *Industr. Miner.*, 1994. – N 324. – P. 70–75.
27. *O'Driscoll M.* Refractory bauxite. Cut-price dynasty under threat // *Industr. Miner*, 1995. – N 330. – P.27–41.
28. *O'Driscoll M.* Taiwan Tiger Still burning bright // *Industr. Miner.*, 1995. – N 335. – P. 17–37.
29. *Olerud S.* Norway's industrial minerals // *Industr. Miner.*, 1995. – N 339. – P. 23–32.
30. *Pekkala Y.* Finland's mineral industry // *Industr. Miner.*,1995. – N 339. – P. 33–41.
31. *Power W.R.* Stone, Dimension // *Industrial Minerals & Rocks*. 6<sup>th</sup> Ed. – 1994. – P. 987–1001.
32. *Schober W.* Talc for thermoplastics. Future demands the challenge // *Industr. Miner.*, 1995. – N. 332. – P. 47–53.
33. *Sehnke E.D.* Bauxite – a global review // *Industr. Miner.*, 1995. – N 335. – P. 39–42.
34. *Shaode Y.* China's Kaolin resources. A whistle stop tour // *Industr.Miner.*, 1995. – N 334. – P. 41–47.
35. *Virta R., Lorenz W., Regueiro M.* Industrial minerals and rocks. Classification of end uses // *Industr. Miner.*, 1994. – N 319. – P. 65–68.
36. *Wik N.G.* Industrial minerals and rocks in Sweden // *Industr. Miner.*, 1996. – N 340. – P. 41–49.

# РОЗДІЛ 1

## КАМЕНЕБАРВНА СИРОВИНА

Каміння завжди цікавило людину. Перш за все, використовувалися фізичні властивості каміння, наприклад, його твердість і міцність. Крім того, привертало увагу різне забарвлення, досконалі форми кристалів, їх блиск, а пізніше почали цінувати рідкісність і довговічність. Найпривабливіше каміння отримало назву “каменебарвне”, серед якого виділяють ювелірне, виробне та колекційне.

Каміння ювелірне або коштовне – це мінерали з багатьма цінними властивостями: з красивим кольором, блиском, прозорістю, з високим світлорозсіюванням, високою твердістю, здатністю піддаватися грануванню, шліфуванню, поліруванню. До каміння виробного відносять мінерали та гірські породи, які мають певні декоративні властивості: приємний красивий колір і структуру, високу твердість, в'язкість, шліфувальну й полірувальну здатність. З них виготовляють недорогі прикраси, шкатулки, сувеніри. Колекційним матеріалом можуть слугувати привабливі або рідкісні мінерали та породи, окремі кристали, друзи тощо [12, 26, 28].

Напевно, з жодним видом корисних копалин, відомих людству, не пов'язано такої кількості легенд, міфів, часто трагічних історій, як з каменебарвною сировиною. Найбільш знані у світі історичні коштовності – самоцвіти входять до королівських скарбниць, зберігаються в національних музеях. Вони мають власні імена, часто багатовікову, іноді з елементами детективу, біографію. Досить пригадати всесвітньо відомі алмази "Орлов" (194,8 каратів), "Шах" (88,7 каратів), "Сансі" (53,3 каратів), "Піт-Регент" (136,9 каратів), "Кулінан" (3106 каратів – найбільший серед знайдених у світі), ізумруди "Патриція" (632 каратів) та "Емілія" (1795 каратів) та ін.

Напрочуд яскравою була й історія відкриття та видобутку самоцвітів. Як приклади можна навести алмазну лихоманку в Кімберлі (Південна Африка) після відкриття там алмазів у 1867 р.; поневіряння видатного уральського художника-каменеріза Я.О.Коковіна, пов'язані з відкриттям у 1830 р. унікальних уральських смарагдів; боротьбу за коштовності царської казни, до якої входили й алмази "Коїнур" і "Деріанур" (пізніше цей історичний камінь дістав назву "Орлов") представників династії Великих Моголів в Індії в XVII ст., у ході якої шах Аурангзеб стратив трьох своїх братів, а батька – шаха Джахана – згноїв у делійському казематі; криваву історію алмазу "Шах", що його в 1829 р. перський шах Фатх-Алі через свого онука принца Хосрева-

Мірзу подарував російському цареві Миколі I після вбивства в Тегерані російського уповноваженого міністра-резидента О.С.Грибоєдова; подарований Петру I прусським королем Фрідріхом Вільгельмом у 1717 р. Бурштиновий кабінет. Останній став основою для створення Бурштинової кімнати в Єкатерининському палаці Царського села, яку під час німецько-фашистської окупації було вивезено до Кенігсберга. Сліди цього унікального творіння численні дослідники відшуковують ось уже більш як півстоліття. Подібні приклади можна продовжувати без ліку. Література на згадану тематику налічує сотні найменувань. Зацікавленим можна рекомендувати для більш детального ознайомлення науково-популярні роботи О.Є.Ферсмана, І.І.Шафрановського, Є.Я.Києвленка, Р.Валасєва, В.О.Супричева та інших авторів.

Ціна на дорогоцінне каміння залежить від розмірів, типу і якості каміння. У США до дорогоцінного каміння відносяться агати, бурштин, берил, корали, гранат, яшма, нефрит, опал, перли, кварц, сапфір, топаз, турмалін, бірюза. У 2005 р. ціна за кольорове дорогоцінне каміння у США становила (\$/карат): аметист – 7–15; блакитний сапфір – 625–1250; блакитний топаз – 3–5; смарагд – 1900–3200; зелений турмалін – 45–60; перли – 210; рожевий турмалін – 60–125; родоліт (гранат) – 18–30; рубін – 900–1125; танзаніт – 250–400 [40].

За кордоном відомі класифікації коштовного каміння Дж. Синканкаса, Р.Вебстера, Судзуки та ін. Існують промислово-генетичні, технологічні, торговельні й інші класифікації. Нижче наведено промислову класифікацію, розроблену ВНДЮвелірпромом:

#### **Тип 1. Ювелірне каміння**

##### 1.1. Прозоре каміння:

1.1.1. Твердість 1–9 – корунд, берил, турмалін, гранат, хризоберил, шпінель, монокристали кварцу, топаз, евклаз, фенакіт, циркон, кордієрит, андалузит, ставроліт;

1.1.2. Твердість 5–7 – сподумен, хризоліт, кіаніт, діоптаз, бразиліаніт, танзаніт, хромдіопсид, апатит, бенітоїт, аксиніт, скаполіт, томсоніт, данбурит, улєксит, каситерит, гамбергіт, актиноліт, зелений обсидіан;

1.1.3. Твердість менша 5 – сфалерит, флюорит, брусит, цинкіт, шееліт.

##### 1.2. Непрозоре, блискуче каміння:

1.2.1. Однорідне – гематит-кривавик, пірит, кобальтин, псиломелан;

1.2.2. Візерункове – гематит-гетитова і криптомелан-голандитова скляна голова.

##### 1.3. Каміння, що просвічується:

1.3.1. Яскраво забарвлене каміння – сердолік, хризопраз, хлоропал, рожевий кварц, кольорові напівопали, смітсоніт, преніт, цоїзит, жадеїт;

1.3.2. Каміння з візерунком чи красивими включеннями – агат, волосатик, моховик, онікс (сардонікс, карнеол);

1.3.3. Каміння без візерунку та кольорового забарвлення – халцедон, напівопал, кахолонг;

- 1.3.4. Псевдохроїчне каміння з певною орієнтацією – благородний опал, місячний камінь, іризуючий обсидіан.
- 1.4. Непрозоре матове каміння з красивим забарвленням і міцною фактурою поверхні:
  - 1.4.1. Каміння, що застосовується у виробках з подальшою обробкою – бірюза, варисцит, корал;
  - 1.4.2. Каміння, що використовується в природному вигляді – перли.

## **Тип 2. Ювелірно-виробне каміння**

- 2.1. В'язке каміння, твердість більша 6:
  - 2.1.1. Нефрит, жадеїт, гранат-хлоритова порода, ксеноліт, фіброліт.
- 2.2. Каміння середньої в'язкості, твердість 5–6:
  - 2.2.1. Яскраво забарвлене каміння – лазурит, родоніт, амазоніт, яшми, унакіт (агрегат епідоту та калієвого польового шпату);
  - 2.2.2. Візерункове каміння – скам'яніле дерево, пегматит графічний, кремій візерунковий, яшма, обсидіан, геліотроп;
  - 2.2.3. Псевдохроїчне каміння – біломорит, соколине та тигрове око, сріблястий ("іризуючий") обсидіан, авантюрин, перламутр;
  - 2.2.4. Каміння, що застосовується в природному вигляді:
    - 2.2.4.а. Масивне каміння – ниркоподібні утворення халцедону, смітсоніту, нефриту;
    - 2.2.4.б. Кірки та нарости – аметистові та кварцові щітки, кірки уваровіту, дендрити манганових мінералів, самородної міді та срібла.
- 2.3. М'яке та середньої твердості каміння:
  - 2.3.1. Таке, що обробляють у холодному стані: малахіт, азурит, зміїовик, антрацит.

## **Тип 3. Виробне каміння**

- 3.1. Твердість більша 5:
  - 3.1.1. Склуваті породи – обсидіани, яшми, роговики, мікрокварцити, залізисті роговики;
  - 3.1.2. Гетерогенні гірські породи та мінеральні агрегати:
    - 3.1.2.а. Льодистий кварц, кварцит-таганай, амазонітовий граніт;
    - 3.1.2.б. Перидотити, піроксеніти, геденбергітовий скарн;
    - 3.1.2.в. Лиственіт, джеспіліт;
    - 3.1.2.г. Еклогіт, гранатовий гнейс, турмалінвміщуючі породи;
    - 3.1.2.д. Гранітоїди, нефелінові сіеніти, лабрадорит, порфіри тощо.
- 3.2. Твердість від 5 до 3:
  - 3.2.1. Просвічується, – онікс арагонітовий і кальцитовий, флюорит;
  - 3.2.2. Непрозоре – мармури, офіокальцит, ангідрит, зміїовик, хлорит-серпентинова порода.
- 3.3. М'які, твердість менша 3:
  - 3.3.1. Просвічується, – алебастр, селеніт, галіт;
  - 3.3.2. Непрозоре – графіт, талькохлорит, пірофіліт, брусит, стеатит.

Україна, на жаль, до числа провідних видобувачів каменебарвної сировини не належала й не належить, хоча тут виявлено більше 300 проявів понад 40 видів каменебарвної та ювелірної сировини (табл.

8): на Волині (топаз, берил, гірський криштал, моріон, п'єзокварц, бурштин, іризуючі лабрадорити, альмандинові гранати, агат, амазоніт); в Кривбасі (джеспіліт, гірський криштал, тигряче, соколине або кошаче око, нефрит, ювелірний гематит); в Середньому Придністров'ї (рожевий кварц, унакіт, скам'яніле дерево, мармуровий онікс, гіпс, флюорит); в Корсунь-Новомиргородському плутоні (лабрадор); на Середньому Побужжі (рубін, жадеїт, гранат, яшма); у Приазов'ї (маріуполіт, рубін, опал); в Донецькому басейні (гірський криштал, яшмоїди, закам'яніле дерево, кольоровий гіпс та ангідрит); в Карпатах і Закарпатті (мармуровий онікс, родоніт, гірський криштал); в Криму (агати, сердолік, яшма, траси). Однак, з числа наведених, практичний інтерес можуть представляти родовища і прояви бурштину, кварцу, топазу, берилу, родоніту, мармурового оніксу [14, 16, 18, 19]. Виділяється 5 перспективних районів і 19 перспективних площ (рис. 3).

На Державному балансі стоїть 2 родовища бурштину з балансовими запасами категорії A+B+C<sub>1</sub> 58,7 т, C<sub>2</sub> – 2 т, які розроблюються, 1 мармурового онікса із запасами по категорії C<sub>2</sub> 213 т, 1 родоніту із запасами категорії C<sub>2</sub> 419 т. Ресурси бурштину складають 1700 т, мармурового оніксу – 1500 т, родоніту – 3200 т. Із усіх видів природного кольорового каменю України бурштин є найбільш конкурентоспроможним. Реалізація готових високохудожніх виробів із бурштину може стати надійним джерелом поповнення державної скарбниці коштами, у тому числі і валютними.

**Таблиця 8**

**Класифікація кольорового каменю України**

Група	Порядок та головне каміння
Ювелірне	I. Алмаз, смарагд, рубін, сапфір, олександрит, бурштин, перли
	II. Благородний чорний опал, благородний яскраво-зелений жадеїт
	III. Демантоїд, шпінель, благородний білий і вогняний опал, аквамарин, топаз, турмалін, берил, фенакіт
	IV. Хризоліт, циркон, кунцит, адуляр, піроп, альмандин, бірюза, аметист, хризопраз, цитрин, гірський криштал, димчастий кварц, моріон
Ювелірне та виробне	I. Лазурит, жадеїт, нефрит, малахіт, сердолік, димчастий кварц,
	II. Агат, амазоніт, гематит-кривавик, родоніт, унакіт, непрозорі іризуючі польові шпати, іризуючий обсидіан, епідот-гранатові породи (жади), флюорит
Виробне	Яшма, мармуровий онікс, обсидіан, гагат, скам'яніле дерево, лиственіт, графічний пегматит, авантюриновий кварцит, селеніт, агаьматоліт, маріуполіт, кольоровий мармур
Колекційне	Кристали мінералів, друзи мінералів у породах декоративного вигляду тощо





**Рис. 3. Карта родовищ кольорових та облицювальних каменів України**

1 – рубін, гранат; 2 – берил, топаз; 3 – аметист; 4 – гірський криштал; 5 – кварцит; 6 – мармуровий онікс; 7 – скам'яніла деревина; 8 – бурштин; 9 – опал; 10 – тигряче око; 11 – родоніт; 12 – унакіт; 13 – маріуполіт; 14 – яшма; 15 – гагат, обсидіан; 16 – граніт; 17 – лабрадорит; 18 – мармур та мармуровий вапняк; 19 – габро

## АЛМАЗ

### Загальні відомості

Найдорожчим з усіх існуючих у природі мінералів є алмаз, а також діамант, який отримують при грануванні його ювелірних відмін. Свою назву алмаз дістав від гр. "адамас" – „непереможний” за найвищу твердість і хімічну стійкість. Теоретичний хімічний склад алмаза відповідає чистому вуглецю, він кристалізується у кубічній сингонії на відміну від гексагонального графіту. Найбільш розповсюдженими кристалографічними формами є октаедр {111}, ромбододекаедр

{110}, куб {100} та їх комбінації. Середня густина 3,50–3,52 г/см<sup>3</sup>. Мінерал має виключно високий показник заломлення (2,40–2,46) і дисперсії та, як наслідок, – сильний блиск, "діамантову гру".

Крім прозорих, без дефектів, ювелірних відмін виділяють також технічні відміни алмазів: балас – агрегати кристалів сферичної, променистої та дрібнокристалічної будови; борт – сильно тріщинуваті, переповнені включеннями кристали; прихованокристалічні агрегати алмазів переважно чорного кольору з підвищеною твердістю.

### **Галузі використання і вимоги до сировини**

Слово "алмаз" здебільшого асоціюється в кожного з діамантами – найціннішими з відомих ювелірних прикрас. Але, починаючи з ХХ ст., усе більше й більше алмазів використовується в різних технічних галузях завдяки високій твердості, теплопровідності та стійкості до агресивних середовищ. Використання ріжучого та абразивного алмазного інструменту майже вдвічі збільшує продуктивність праці, значно підвищує чистоту обробки деталей і якість виробів. Алмазними різцями обробляють різні пластмаси, штучні смоли, каучук. Особливе значення мають філь'єри або волочильні алмази. Це алмазні пластинки з просвердленими в них надзвичайно тонкими отворами діаметром від 0,5 до 0,001 мм. Їх застосовують для протягування надтонкого дроту з хромонікелевої сталі, вольфраму, електролітичної міді для радіоелектронної та електротехнічної промисловості, а також для виготовлення особливо гладеньких ниток. Незамінними є технічні алмази при виготовленні алмазних бурових коронок, застосування яких майже в 10 разів збільшує швидкість проходки свердловин у твердих породах порівняно зі звичайними твердосплавними коронками. Особливості спайності алмазу дають змогу отримувати пластинки з напрочуд рівними гострими краями, які використовують при виготовленні алмазних скальпелів для офтальмологічних операцій видалення катаракти.

### **Економічні відомості**

Загальні ресурси алмазів у світі оцінюються в 5,2–5,4 млрд каратів, запаси – в 980 млн каратів. Світовий видобуток ювелірних алмазів сягає 107 млн каратів, технічних – 85 млн каратів, найбільший видобуток здійснюють Ангола, Австралія, Ботсвана, Канада, Конго (Кіншаса), Намібія, Росія, ПАР та ін. (табл. 9,10). Найбільшими виробниками синтетичних алмазів є США, Росія, Ірландія, Японія, Білорусь, Україна, Швеція та ін. (табл. 11).

Вартість алмазів залежить від їх якості, так, вартість технічних алмазів набагато нижча за ювелірні відміни. Так, середня світова ціна технічних алмазів складала (\$/карат): 2001 р. – 3,54; 2002 р. – 5,43; 2003 р. – 3,09; 2004 р. – 7,77; 2005 р. – 12,55 [40].

**Таблиця 9**

**Видобуток ювелірних алмазів, тис. карат [40]**

Країна	Видобуток		Країна	Видобуток	
	2004	2005		2004	2005
Австралія	20000	20000	Кот-д-Івуар	201	300
Ангола	5580	7500	Намібія	1900	1900
Ботсвана	23900	24000	ПАР	5780	6400
Бразилія	300	300	Росія	23000	22400
Гайана	357	1600	США	14,6*	н/зв
Гана	760	850	Сьєра-Леоне	318	650
Гвінея	411	600	Танзанія	175	180
Канада	12300	12600	ЦАР	265	400
Китай	100	100	Інші країни	175	175
Конго	6300	6600	<b>Всього</b>	<b>102000</b>	<b>107000</b>

\* млн \$

**Таблиця 10**

**Видобуток, запаси, ресурси технічних алмазів, млн карат [40, 41]**

Країна	Видобуток			Запаси	Ресурси
	2004	2005	2006		
Австралія	11,3	20	25	90	230
Ботсвана	7,8	8	8	130	230
Китай	1,0	1	1	10	20
Конго	22	25	24	150	350
ПАР	8,7	9	9	70	150
Росія	14,2	15	15	40	65
США	н/зв	н/зв	н/зв	н/зв	н/зв
Інші країни	2	3	3	85	210
<b>Всього</b>	<b>67</b>	<b>81</b>	<b>85</b>	<b>580</b>	<b>1300</b>

**Таблиця 11**

**Виробництво синтетичних алмазів, тис. карат [40]**

Країна	2001	2002	2003	2004	2005
Білорусь	25000	25000	25000	25000	25000
Ірландія	60000	60000	60000	60000	60000
Китай	17000	17000	17000	17000	17000
ПАР	60000	60000	60000	60000	60000
Росія	80000	80000	80000	80000	80000
США	202000	222000	236000	252000	256000
Україна	8000	20000	20000	20000	20000
Франція	3000	3000	3000	3000	3000

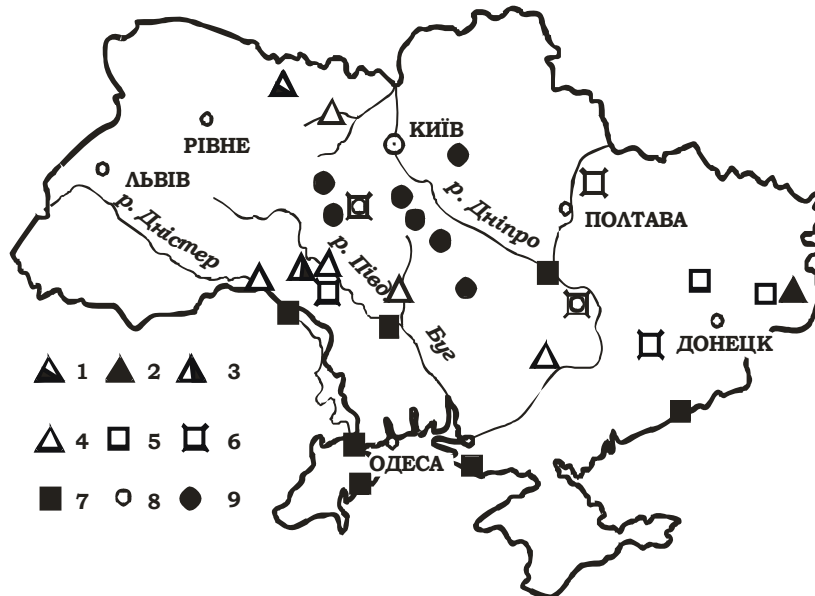
Чехія	5	5	5	5	5
Швеція	20000	20000	20000	20000	20000
Японія	33000	34000	34000	34000	34000
<b>Всього</b>	<b>508000</b>	<b>529000</b>	<b>543000</b>	<b>559000</b>	<b>563000</b>

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Корінні родовища алмазів пов'язані з ультраосновними глибинними породами – кімберлітами, які виповняють трубки вибуху в алмазоносних провінціях Південної Африки, Якутії, Австралії, Канади та лампроїтами – жильними різновидами лужних основних і ультраосновних порід. Відомі й інші генетичні типи проявів алмазів, пов'язані з імпаکتитами, лужними пікритами, коматїїтами тощо, але такі прояви сьогодні викликають скоріше науковий інтерес. Значні запаси алмазів пов'язані також з розсипами, відомими в Індії, Бразилії, Сьєрра-Леоне, Південній Африці тощо. Основна частина алмазів у світі видобувається з кімберлітів і алювіальних розсипів, розробляється також єдине родовище в олівінових лампроїтах в Австралії (Аргайл).

### Знахідки алмазів в Україні

В Україні родовища алмазів невідомі, хоча є прояви кімберлітового і лампроїтового магматизму (Приазов'я, Волинь, Кіровоградський блок), численні знахідки алмазів в різних за віком і складом теригенних відкладах. Виділяються ряд районів і площ, які заслуговують на першочергове вивчення у відношенні алмазоносності, зокрема, в корінних породах знахідки кристалів алмазу розміром 0,2–0,3 мм відомі в західній частині Приазовського блока УЩ (трубка Мрія) та в імпактитах деяких астроблем (рис. 4, табл. 12) [2, 3, 6–10, 13, 20, 22, 23, 30–35, 37–39].



**Рис. 4. Знахідки алмазів на території України [11]**

1–4 – лампроїт кімберлітового типу (1 – у неопротерозойських, 2 – кам'яновугільних і пермських, 3 – неогенових, 4 – четвертинних теригенних відкладах); 5–8 – нез'ясованого походження (5 – у кам'яновугільних; 6, 7 – неогенових (7 – зелений алмаз); 8 – четвертинних теригенних відкладах); 9 – імпаکتного типу

**Таблиця 12**

**Основні райони знахідок кристалів алмазу в Україні**

Вік	Відклади, район	Кількість кристалів алмазу, їх тип
Четвертинний	Терасові відклади Придністров'я, Побужжя, Придніпров'я, Донбасу, Причорномор'я, Приазов'я	Сотні кристалів неясного походження; поодинокі кристали з кімберлітів, з імпаکتитів
Пліоцен-міоценовий	Піски балтської світи межиріччя Дністра та Південного Бугу	Десятки кристалів неясного походження, з кімберлітів
Міоценовий	Піски сарматського ярусу і полтавської серії північно-східного схилу УЩ	Десятки тисяч кристалів неясного походження, з імпаکتитів, кімберлітів, лампроїтів
Ранньопермський	Гравеліти, різнозернисті пісковики картамиської світи Донбасу	Поодинокі кристали з кімберлітів і неясного походження
Кам'яновугільний	Самарська, ісаївська, авілівська, араукаритова світи Донбасу	Десятки кристалів з кімберлітів і неясного походження
Неопротерозойський	Конгломерати, пісковики білокозовицької світи УЩ	Десятки кристалів з кімберлітів

Знахідки кристалів у різних за віком та походженням теригенних відкладах України налічують десятки тисяч. В.М.Квасниця та С.М.Цимбал об'єднують такі знахідки в п'ять груп:

I – рідкісні (десятки) великі (0,5–3,5 мм) кристали кімберлітового, можливо, лампроїтового типу;

II – численні (десятки тисяч) дрібні (< 0,5 мм) кристали алмазу з неогенових прибережно-морських титан-цирконієвих розсипів неясного походження;

III – рідкісні мікрокристалічні агрегати (карбонадо) у неогенових титан-цирконієвих розсипах неясного походження;

IV – зелені кристали алмазу (до 0,3 мм) з відкладів балтської світи межиріччя Дністер – Південний Буг;

V – зерна імпактних алмазів менше 0,3 мм, що утворюються в метеоритних кратерах у високобаричних умовах при твердофазовому переході графіт – лонсдейліт – алмаз. Цікавим проявом імпактних алмазів є Білилівська астроблема на півдні Житомирської області з кратером діаметром біля 5 км, віком імпактитів (порід, що утворюються внаслідок переплавлення під час удару й вибуху метеориту) – близько 165 млн років. Вміст алмазів розміром понад 50 мкм сягає тут 9,8 каратів на 1 т породи.

Щодо перспектив пошуків корінних родовищ алмазу, в Україні встановлено три райони прояву кімберлітового і лампроїтового магматизму, як можливих корінних джерел алмазів – північ Волино-Подільської плити, Центральна частина УЩ, Приазовський масив і зона його зчленування з Донбасом [16].

У Волино-Подільському районі виділена Кухотсько-Вольська площа, де у гетерогенних брекчіях Кухотсько-Вольського, Серхівського і Перекальського проявів встановлені уламки кімберлітів, які за своїм складом і набором типоморфних мінералів близькі до кімберлітів Західної Якутії.

У Північно-Західному районі перспективною є Новоград-Волинська площа, де у породах білокоровицької серії, товкачівської світи, поліської серії, палеогенових, неогенових і четвертинних алювіальних відкладах виявлені зерна алмазів (більше 200) розміром 0,2–4 мм, в переважній більшості лампроїт-кімберлітового генезису (75%), а також піропи, хромшпінеліди, хромдіопсиди, пікроільменіт.

У Побузькому районі відомі численні знахідки алмазів в неогенових циркон-ільменітових розсипах, відкладах балтської світи, сучасному алювії; як перспективні виділені Шепетівська, Бердичівсько-Вінницька, Сквирська і Придністровська площі.

В Кіровоградському блоці виявлені тіла кімберлітових порід і пікрит-кімберлітів, які містять хромшпінеліди, близькі за складом до таких з кімберлітів Якутії.

У Середньопридніпровському районі відомі знахідки алмазів в четвертинних і мезокайнозойських відкладах, зокрема в цирконільменітових розсипах (Самотканська та ін.).

У Приазовському районі виділено Петровсько-Кумачівське кімберлітове поле, де виявлені тіла кімберлітів: Петровське (400×200 м), простежене на глибину 30–50 м, складене інтенсивно карбонатизованими кімберлітовими брекчіями, де присутні хромшпінеліди; трубки Надія (60 × 30 м), Південна (300 × 150 м), Новоласпінська (100 × 40 м), ряд кімберлітових дайок. Однак, із сотень мікрозондових аналізів хромшпінелідів тільки поодинокі із трубок Південної і Новоласпінської відповідають складу мінералів алмазонасної фації. Прояви лампроїтового магматизму відомі в Західному Приазов'ї, де відкрита лампроїтова трубка „Мрія” (500 × 350 м), в корі вивітрювання якої встановлені дрібні зерна алмазів.

В осадовому чохла Приазов'я відомі поодинокі знахідки алмазу в алювії р. Камишуваха, р. Мокра Волноваха і б. Широка; в сучасних пляжних пісках Азовського моря і різновікових теригенних відкладах Донбасу.

## БУРШТИН

### Загальні відомості

Слово бурштин у широкому розумінні найчастіше означає які завгодно макроскопічні зерна та жовна прозорих та напівпрозорих смол переважно жовтого кольору. Власне ж бурштином (*succinum*, *glaesum*, *gintaras*, *Bernstein*, *rau*, *amber*) здавна називали викопну смолу, яку знаходили на узбережжі Балтики та Північного моря. Її головними визначальними рисами були колір, прозорість, горючість та здатність до електризації при терті.

Найдавніші згадки про цей мінерал, напевно, знаходяться в "Одисеї" Гомера (VIII–IX ст. до н. е.), де він згадується серед дорогоцінних прикрас. Уже "батько історії" Геродот (484–425 рр. до н. е.) указував, що бурштин надходить до країн Середземномор'я десь із півночі Європи. Автору "Природничої історії" Плінію (23–79 рр. н. е.) це було добре відомо завдяки експедиції Нерона до північної Германії, яка до-

ставила до Риму найбільший з відомих тоді уламків бурштину вагою близько 4,5 кг.

В Україні під час розкопок стоянок пізнього палеоліту на р. Рось бурштин знайдено в культурному шарі віком 17–20 тис. років. У Північному Причорномор'ї зустрічаються знахідки бурштинового намиста в могильниках черняхівської культури (III–V ст.). Бурштинові намистинки знайдено під час археологічних розкопок біля сіл Триліси, Хмільне, Медвин Київської області в похованнях древлян. Ще в XI–XII ст. у Києві існували майстерні, які стали відомі завдяки археологічним розкопкам. Так, у розкопаній Каргером у 1951 р. майстерні художника Михайлівського монастиря знайдено не тільки готову продукцію (намисто, хрестики), але й заготовки та значний запас необробленого бурштину; серед знахідок, зроблених на Подолі у 1969 р. під час будівництва житлового будинку на вул. Ярославській, 41, особливо багато було прикрас для рук – бурштинових перснів і каблучок. У розкопках майстерні на території Покровської церкви (1766) на вул. Зелінського у 1975 р. у верствах XIII ст. знайдено заготовки намиста, підвісок-кулонів, різної форми вставок. Ще одну майстерню виявлено при розкопках верств XII ст. на вул. Щекавицькій, № 25/27. Тут знайдено 545 г необробленого бурштину, заготовки підвісок і хрестик, які носили кияни в XII–XIII ст. Археологами доведено, що протягом X–XI ст. бурштин привозили з Прибалтики; починаючи з XII ст. прикраси кийвськими майстрами виготовлялися з місцевого, подніпровського матеріалу. Отже, бурштин в Україні відомий з давніх-давен. Видобували його північніше Києва, у районі Вишгорода та Межигір'я, а також на Волині, у районі Клесова.

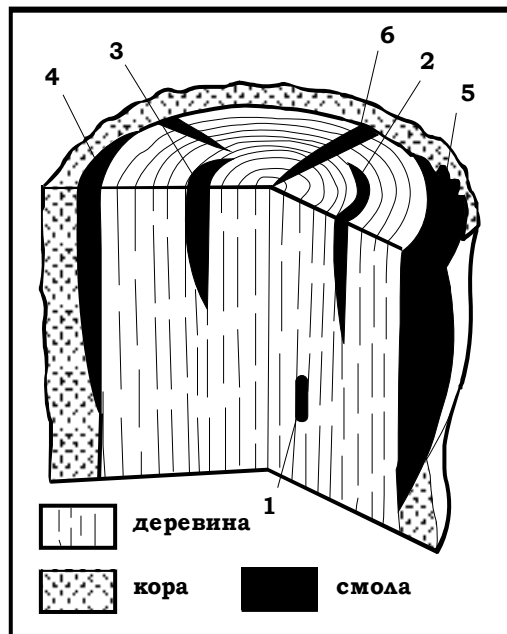
### **Галузі використання і вимоги до сировини**

Вартість бурштину визначається розміром шматків, забарвленням, внутрішнім рисунком тощо. Розмір може змінюватися від дрібних уламків вагою менше грама до брил у десять і навіть більше кілограмів. Великі шматки дуже рідкісні; за всю історію видобутку відомо до 10 знахідок вагою більше 5 кг. Найбільші з відомих у світі шматків бурштину масою 12, 9,7 і 7 кг було знайдено на Пальмнікенському родовищі (Прибалтика). Найкрупніші бурштини, знайдені в Україні, сягають ваги 700 г (Клесівське родовище), у районі Вишгорода – Старих Петрівців на північ від Києва зустрічаються уламки бурштину розміром з кулак, але найчастіше знаходять уламок розміром до перших сантиметрів.

Морфологія утворень бурштину є досить різноманітною. Вважається, що викопна смола колись утворювала на деревах ті самі форми, які можна спостерігати, коли живиця витікає із сучасних хвойних



дерев. Дослідники бурштину С.С.Савкевич і В.І.Катинас за умовами формування виділяють дві основні групи утворень: поверхневі (настовбурові) та внутрішньостовбурові. До перших відносять такі, що утворені смолою, яка витікає з отворів на поверхні дерева – краплі, сталактити, настовбурові натіки, натічні пластини. Внутрішньостовбурові форми утворюються всередині дерева, виповнюючи смоляні кармани, тріщини тощо (рис. 5).



**Рис. 5. Схема розміщення виділень живиці усередині стовбуру дерева**  
1-3 – смоляні кишени, 4 – внутрішньокорове виділення, 5 – виділення без виходу на денну поверхню, 6 – тріщина

Оптичні властивості бурштину визначаються в першу чергу ступенем прозорості, залежно від якої виділяють такі відміни:

- прозорий різних відтінків жовтого кольору та безбарвний;
- димчастий – злегка мутнуватий, місцями прозорий;
- бастард – середньої прозорості жовтого кольору з темним відтінком і чорними плямами;
- кістяний – непрозорий, кольору слонової кістки, м'який;
- пінистий – непрозорий, пористий, світлий, нагадує піну, що застигла.

Прозорість бурштину пов'язана з кольором. Як правило, світлі відміни – прозорі та напівпрозорі, густо забарвлені – майже непрозорі. Колір може змінюватися від безбарвного й молочно-білого до вишневового, рубіново-червоного і навіть чорного. Залежить він від змін у

структурі молекули бурштину, особливостей розсіювання білого світла та наявності включень. Так, блакитне забарвлення в прибалтійському сукцинїті (назва походить від сосни *Pinus succinifera* Goep., з живиці якої утворився бурштин Прибалтики) пов'язують з дрібними (0,17 мкм) круглими порожнинами. Бурштини України здебільшого жовтувато-коричневі, жовтувато-білі, коричнево-жовті; лише в районі Львова зустрічаються вишнево-червоні відміни, що просвічують рубіново-червоним. Бурштини Передкарпаття безбарвні, молочно- й сірувато-білі, кремові. Для Клесівського родовища характерні бурштини напівпрозорі червонуваті, напівпрозорі до прозорих зеленувато-жовті з ділянками криваво-червоного кольору, що слабо просвічують.

Блиск бурштину може бути скляним, жирним, восковим, матовим. Він не залежить від кольору, а значною мірою пов'язаний зі ступенем прозорості.

Люмінесценція (світіння в ультрафіолетових променях) є функцією особливостей внутрішньої будови бурштину та наявності домішок. Вона змінюється для бурштину різних регіонів. Так, прозорий прибалтійський бурштин має блідо-блакитну люмінесценцію, бастард і кістаний – світяться молочно-білим світлом з блакитним відтінком, бурштини Київщини характеризуються яскраво-білим, жовтувато-білим, яскраво-голубувато-білим світінням, карпатські мають блакитнувате світіння середньої інтенсивності.

Бурштин є оптично ізотропним. Показник заломлення балтійського сукцинїту і бурштину Клесівського родовища дорівнює 1,539–1,542, ювелірний прозорий бурштин кольору слабозавареного чаю має показник заломлення 1,538, для вивітрілих відмін значення можуть зростати до 1,545–1,546 (Клесів) і навіть 1,560 (Пальмнікенське родовище). Чіткого зв'язку між кольором, прозорістю та показником заломлення бурштину не виявлено.

Густина бурштину змінюється від 0,97 г/см<sup>3</sup> (балтійський кранцит) до 1,166 г/см<sup>3</sup> (угорський кісцеліт), але для переважної більшості відмін дорівнює 1,04–1,14 г/см<sup>3</sup> (табл. 13). Завдяки цьому в морській воді бурштин плаває, а в прісній тоне. Саме тому найбільші "врожаї" бурштину на балтійському узбережжі збирали після сильних штормів, так званих "бурштинових бур". Так, у ніч з 22 на 23 грудня 1878 р. під час бурі в районі Пальмнікена (Янтарний) було винесено хвилями таку кількість бурштину, що місцеві жителі збирали його декілька років. Восени 1862 р. після нічної бурі на березі було зібрано близько 2 т бурштину. За приблизними підрахунками щороку хвилі виносять на прибалтійське узбережжя 36–38 т цієї коштовної сировини.

Таблиця 13

**Середня густина бурштину, г/см<sup>3</sup> [27]**

Місцезнаходження	Густина
Околиці Львова	1,14
Передкарпаття	1,10
Київська область	1,10
Куршська коса	1,06
Клесівське родовище	1,05
Пальнікенське родовище	1,04

За хімічним складом бурштин  $C_{40}H_{64}O_4$  є типовою смолою – високомолекулярною сполукою органічних кислот, він складається в середньому з 80% вуглецю, 10 – водню, 8 – кисню, а також невеликої кількості азоту, сірки й золи, вміст яких може значно змінюватися (табл. 14). Саме мінливість стехіометричного складу не дає змоги віднести бурштин до мінералів, і термін цей має збірне значення – так прийнято називати будь-які викопні смоли.

Таблиця 14

**Середній склад бурштину**

Місце знаходження	C	H	O	N	S	Зола
Пальнікенське родовище	76,5	9,94	9,09	0,21	0,26	-
Клесівське родовище	75,39	9,43	13,94		4,16	
Передкарпаття	78,26	9,99	11,75		-	-
Карпати	79,68	10,07	9,47	0,26	0,77	-
Околиці Львова	73,95	8,64				
Київська область (Вишгород, Петрівці)	73,01	8,99	18,00	-	-	-

**Генетичні та геолого-промислові типи родовищ**

Основні типи родовищ бурштину: біогенно-осадові, сучасні алювіальні та морських пляжів, захороненні морські лагунно-дельтові та озерно-льодовикові. Виділяються дві крупні бурштиноносні провінції – Євразійська (субпровінції Балтійсько-Дніпровська, Карпатська, Північносибірська, Далекосхідна, Сицилійська, Бірманська) і Американська (Північноамериканська, Мексиканська).

Утворення бурштину України пов'язано з ботаніко-географічними особливостями зон пізнього еоцен-середньоміоценового віку, де переважали хвойно-широколистяні ліси вологого й теплого помірною клімату (так звана тургайська флора). Власне процес утворення бурштину можна поділити на три етапи. Першому відповідає виділення живиці з хвойних дерев. В умовах теплого клімату з живиці, що складається з

летких (скипидар) та нелетких смоляних кислот (каніфоль), леткі складові частково випаровувалися, відбувалися процеси окиснення, що призводило до затвердіння живиці й збільшення її густини. Тривалість цього етапу оцінюється в сотні років. На другому етапі затверділа смола накопичувалася в лісових ґрунтах, де відбувалися процеси фосилізації з переходом смоляних сполук в абіетинову та сукціоксіабіетинову кислоти. Цей етап був набагато тривалішим. І, нарешті, під час третього етапу відбувався розмив ґрунтів з викопними смолами, їх перевідкладання і зміни в умовах лужного середовища, про що свідчить наявність в бурштиноносних верствах глауконіту, які привели до утворення у викопних смолах бурштинової кислоти та її ефірів; до речовини смол також могла приєднуватися сірка. У результаті цих перетворень смола набула вигляду, близького до сучасного бурштину.

## Родовища України

Прояви України відносяться до південно-східної частини Балтійсько-Дніпровської бурштиноносною провінції, де виділяють Прип'ятській, Дніпровський і Дністровський бурштиноносні басейни [16].

**Прип'ятський басейн** знаходиться на ПЗ схилі УЩ, включає ряд перспективних площ (Дубровицька, Володимирецька, Могилянська, Клесівська, Пержанська, Барашівська, Вишгородська), в межах яких виявлені родовища бурштину (Клесівське, Вільне, Дубівське, Вікторівське, Петрівське, Вирка), пов'язані з відкладами межигірської світи харківської серії та берецької світи олігоцену.

**Клесівське родовище** розташовано приблизно в 90 км на північний схід від м. Рівне, приурочене до піщано-глинистих відкладів прибережно-морських, лагунно-дельтових фацій межигірської світи олігоцену. Виділяється два шари пісків, збагачених бурштином: нижній (1–6 м) з вмістом бурштину від 1 до 420 г/м<sup>3</sup> (середній 57 г/м<sup>3</sup>) і верхній (2–3,5 м) представлений дрібно- і середньозернистими пісками сірого і світло-сірого кольору з домішкою з вмістом бурштину від 1–2 до 20 г/м<sup>3</sup> (середнє 7 г/м<sup>3</sup>) [4]. Родовище включає декілька ділянок, дві з яких розкриті кар'єрами 472 і 43 (Великий Пугач).

Кар'єр 472 розташований у 1,5–2 км на південь від вокзалу ст. Клесів. Бурштиноносний горизонт, розкритий бортом кар'єру впродовж 700 м, залягає горизонтально на перемитій корі вивітряння кристалічних порід і перекритий білими кварцовими пісками флювіогляціального походження. Продуктивний горизонт потужністю 2–2,5 м складається з двох пачок – нижньої та верхньої. Нижня пачка представлена породами харківської серії – дрібнозернистими кварцовими пісками, що вміщують нерівномірно розподілений гумусовий матеріал і

вуглефіковані рослинні рештки. У низах пачки присутні гальки порід фундаменту та чорні необкатані кремені. Вміст бурштину в цих породах – 50 г/м<sup>3</sup>. Верхня пачка, яку відносять до полтавської серії, відрізняється наявністю значної кількості глинистого матеріалу та лінз лігнітів (60–75% обсягу породи) з високим вмістом рослинного детриту. У вологому стані порода чорного кольору, в'язка; при висиханні набуває землісто-торфового забарвлення. Вміст бурштину в цих породах становить 300–500 г/м<sup>3</sup>; він присутній у вигляді уламків, шматків складної морфології, рідко – обкатаних гальок. На продуктивній площі 200 на 700 м тут може вміщуватися не менше 14 т бурштину.

Ділянка Великий Пугач знаходиться в 7–8 км на північний захід від вокзалу ст. Клесів. Бурштиноносний горизонт розкрито безпосередньо вище кори вивітрювання кристалічних порід. Він має загальну потужність 1–1,5 м і утворений трьома піщаними прошарками. Нижній (0,2–0,3 м) представлений дрібнозернистими зеленувато-сірими кварц-глауконітовими пісками з домішкою глинистого матеріалу та лінзоподібними чорними прошарками, що збагачені напівобвугленими рослинними рештками. У прошарку зустрічаються уламки бурштину розміром до 10 см. Вище залягає 60-см прошарок кварцового темно-сірого піску, збідненого бурштином. Верхній бурштиноносний прошарок (15–20 см) представлений дрібнозернистим кварцовим піском буруватого кольору з темно-бурими до чорних плямами, збагаченими гумусовим матеріалом (рис. 6). Тут знаходять великі обкатані гальки бурштину вагою до 400–600 г. У напрямку з південного сходу на північний захід у межах родовища в продуктивному горизонті відбувається зміна фацій від континентальних заплавно-болотних і дельтових до морських пляжних. Продуктивний горизонт Клесівського родовища перекритий четвертинними флювіогляціальними сірими дрібнозернистими пісками з косою шаруватістю.

**Родовище Вільне** також приурочене до межигірської світи олігоцену, яка складена сірувато-зеленими та блакитно-сірими глауконіт-кварцовими пісками з прошарками глин. Бурштин приурочений до прошарків глин, гумусованих ділянок, скупчень кременів, уламків сірого кварцу, до зони контакту з пісками київської світи, що їх підстеляє. Середня потужність продуктивних шарів 0,7 м. Вміст бурштину від 1–2 г/м<sup>3</sup> до 650 г/м<sup>3</sup>, середній 44,0–63,2 г/м<sup>3</sup>.

**Дніпровський басейн** знаходиться на північно-східному схилі УЩ, бурштин пов'язаний з алювіальними відкладами Дніпра та його приток – рік Остер, Рось, Сула, Псел, Самара та ін. Виділяється дві перспективні ділянки – Дніпропетровська та Канівська. На першій бурштин знайдено в нижній частині шару (0,5–15 м) алювіального піску р. Дніпро, який залягає на глинах і пісках з глауконітом. Окремі

куски бурштину досягали ваги більше 500 г. На Канівській ділянці бурштиновмісними є шари білих і жовтих алювіальних пісків з про- шарками рослинних решток і кісток тварин, а також глауконітові пі- ски, що залягають глибше по розрізу.

АБС. ВІК МАН РОКІВ	СИСТЕМА ВІДДІА ПІДВІДДІА		ПОТУЖНІСТЬ М	ЛІТОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА
	СУЧАСНИЙ ГОЛОЦЕНОВИЙ	 	0,3	грунт
	ЧЕТВЕРТИННИЙ		0,3-0,6	піски кварцові тонкошаруваті
12      30	ПАЛЕОГЕН  ОЛГОЦЕН нижній верхній Полтавська серія Харківська серія		0,6-0,8	кварцові піски, глини темно-сірі з рослинними залишками, янтар
			0,6	глини темно-сірі з рослинними залишками, піски, рослинні залишки, янтар
			0,2	кварцовий пісок з лінзами й уламками вугілля, янтар
			0,3	кварцовий пісок з лінзами й уламками вугілля, янтар
			0,1	кварцові піски
			0,5	гумусоносні піски, галька, янтар
			0,2	кварцовий пісок з лінзами й уламками вугілля
70	КРЕЙДА		0,4	перемита кора вивітрювання
			15-20	структурна кора вивітрювання
	ПРОТЕРОЗОЙ	+ + + + + +		кристалічний фундамент

**Рис. 6. Схематична літолого-фаціальна колонка бурштиноносних відкладів району ст. Клесів (кар'єр 472)**

Окремі знахідки бурштину відомі в Полтавській області в алювіальних відкладах рік Псел і Хорол, поблизу Кременчука; в Запорізькій –

в басейні Дніпра біля села Кам'янка; в Херсонській – в плавнях Дніпра поблизу сіл Грушівка і Нововоронцовка, поблизу міста Берислав.

Прикладом проявів бурштину, що не мають промислового значення через його низький вміст та нерівномірний розподіл, але є цікавими об'єктами для аматорів-колекціонерів, може бути район сіл Старі та Нові Петрівці на правому березі Дніпра в декількох кілометрах вище греблі Київської ГЕС. Характерним тут є такий розріз (знизу):

1. Київський мергель ..... 6,5 м
2. Суглинок ..... 2,5 м
3. Сіро-зелені глауконітові піски харківської серії з трьома прошарками (до 0,7 м) бітумінозних глин ..... 12,5 м
4. Білі піски полтавської серії ..... 13 м
5. Строкаті глини ..... 4 м
6. Бурувато-жовті глини ..... 2,3 м

Бурштиноносними є прошарки бітумінозних глин у харківських пісках. Бурштин представлений шматками неправильної форми вагою від перших до 700 г. Колір від червонувато-жовтого до ясно- й медово-жовтого; є досить прозорі, напівпрозорі та непрозорі відміни. Відомі знахідки уламків бурштину із включеннями павуків, комах та ін.

**Дністровський басейн** знаходиться на території Передкарпатського прогину та Карпатської складчастої системи. Бурштиноносними є пісковики і піщаністі вапняки міоцену, які перекривають сірчані поклади Немирівського, Язівського, Роздольського та інших родовищ і проявів. В Івано-Франківській області бурштин виявлений біля міста Деятин в бітумінозних глинистих сланцях верхнього олігоцену. Окремі знахідки бурштину відомі в Закарпатті, де він пов'язаний з кварцовими пісковиками нижнього олігоцену.

## ГАГАТ

### Загальні відомості

Крім бурштину, до каміння органічного походження належить також гагат. Гагатом називають чорний в'язкий різновид викопного бурого вугілля – гумолітів, що утворився шляхом вуглефікації хвойних дерев сімейства араукарієвих (*Araucariaceae*) зі збереженням їх внутрішньої структури. Він порівняно легко ріжеться ножом, добре полірується. Назва "гагат" походить від річки та міста Гагає на півострові Мала Азія. Синонімами є: для європейського гагату – уїтбі, для кавка-

зького – гешир. Складається гагат з вуглецю (60–90%), водню, кисню, азоту та містить домішки сірки, фосфору, кальцію, магнію, алюмінію. Гагат – непрозорий, блиск має матовий або смолистий на полірованих поверхнях, оптично ізотропний. Показник заломлення 1,64–1,68, твердість 2,5–4, злом раковистий, густина 1,3–1,4 г/см<sup>3</sup>.

### Галузі використання і вимоги до сировини

З давніх часів гагат використовують як ювелірний та виробний камінь; так, відомі численні знахідки намиста й амулетів з гагату в доримських похованнях на Британських островах. Особливо велике поширення виробу з гагату мали в католицьких країнах Європи, де з нього виробляли чотки, хрестики, розп'яття та інші церковні предмети. Сьогодні його майже витіснили чорні пластмаси, але до їх винайдення (наприклад, у вікторіанській Англії) гагат мав неабияку цінність. Всесвітньо відомі родовища гагату знаходяться в Англії на Йоркширському узбережжі, зокрема, біля затоки Робін Гуда в 5 км на південний схід від м. Уїтбі. Тут у вуглистих сланцях нижньої юри горизонтальні прошарки гагату мають інколи потужність до 20 см.

### Родовища України

В Україні гагат відомий у Гірському Криму, де його прояви пов'язані з вугленосними відкладами байоського ярусу середньої юри. Найзначнішим місцем знаходження гагату є **Бешуйське буровугільне родовище**, розташоване в 35 км на південний схід від м. Бахчисарай у верхів'ях р. Кача, в урочищі Чулон-Улгі, на північному схилі Головного пасма Кримських гір – гора Бешуй-Шор. Тут пласти бурого вугілля зосереджені в нижній частині середньоюрського розрізу й залягають серед глин з прошарками пісковиків. Вони простягаються в меридіональному напрямку на 1100 м, падають на захід під кутом 40–45°, за падінням простежені на 350–400 м. Гагат у вигляді лінзочок і невеликих гнізд зустрічається в покрівлі та підшві вугільних пластів. Найбільші його виділення знаходяться в покрівлі пласта Екі-Хат потужністю до 0,5 м, де знайдено вуглефіковані стовбури хвойних дерев, які подекуди перетворені на щільний однорідний і твердий гагат. За результатами мікроскопічних досліджень гагат бешуйського родовища є типовим структурним вітреном (це одна з мікрокомпонентних складових вугілля, що відноситься до геліфікованих). Об'єкт не експлуатується й має лише колекційне значення. Гагатові гальки можна знайти в сучасних річкових відкладах.



Бешуйський гагат досить щільний, блискучий, має однорідну будову. Колір його смоляно-чорний та оксамитно-чорний з матовим блиском, абсолютна твердість дорівнює 170–177 кг/мм<sup>2</sup>, густина – 1,24 г/см<sup>3</sup>, у світлі, що проходить, являє собою буру бітумінозну речовину з афанітовою структурою з характерними тонкими річними кільцями. Подекуди можлива тонка вкрапленість піриту. Бешуйський гагат добре обробляється, легко полірується. Вироби з нього мають привабливий та вишуканий вигляд.

## КВАРЦ, ТОПАЗ, БЕРИЛ

### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

Серед усіх українських родовищ каменебарвної сировини провідне місце за масштабом та економічним значенням як промисловий об'єкт посідає комплексне Волинське родовище топазу, берилу та п'єзокварцу – моріону й гірського кришталю. Освоєння та розробка цього родовища пов'язані, перш за все, з видобутком саме п'єзоелектричної сировини. П'єзоелектричні кристали як електромеханічні перетворювачі широко застосовуються в радіотехніці, електро- та ультраакустиці, п'єзометрії та в багатьох інших галузях науки й техніки, що потребують перетворень електричних процесів у механічні й навпаки. П'єзоелектричні властивості кварцу були відкриті та вперше вивчені у 1880 р. французькими вченими – братами П'єром і Полем Кюрі. Нині для виготовлення п'єзоелектричних пластинок використовують кристали гірського кришталю й моріону без внутрішніх неоднорідностей, розмір їх має забезпечувати виготовлення пластинок, не менших ніж 15 x 10 x 1 мм<sup>3</sup>. Залишки збагачення п'єзооптичної сировини використовуються для гранування, як правило, діамантового чи комбінованого. Велику цінність мають друзи, які коштують набагато більше окремих кристалів, що їх утворюють.

При розробці Волинського родовища топаз і берил були, так би мовити, супутньою сировиною, що використовувалася для потреб ювелірів та колекціонерів. Але саме завдяки знахідкам унікальних кристалів, таких як топази "Золоте Полісся" (5390 г), "Академік Ферсман" (2107 г), "Джерельце" (3607 г), берилів "Петро і Павло" (6009 г), "Академік Лазаренко" (4879 г), що зберігаються сьогодні в Музеї коштовного й декоративного каміння у м. Володарськ-Волинський, це українське родовище набуло всесвітньої відомості.

**Гірський криштал** – безбарвна, водяно-прозора відміна низькотемпературної тригональної модифікації  $\alpha$ -кварцу (SiO<sub>2</sub>), що дістала

назву від грецького "лід". У давнину головними постачальниками цієї сировини були альпійські родовища Центральної Європи (Швейцарія); те, що вони знаходилися високо в горах за лінією снігів, дало античним ученим привід вважати гірський криштал ь льодом, що скам'янів від вічного холоду. Застарілими назвами мінералу є: корнуельський і брістольський діамант (Велика Британія), арканзаський, лейджорський алмаз (США), богемський алмаз (Німеччина) та ін. Моріоном називають чорну відміну, що просвічується в тонких відколках.

Твердість мінералу – 7 за шкалою Мооса, густина – 2,65 г/см<sup>3</sup>, спайність невиразна по ромбоєдру, злом раковистий. У кристалах присутні грані призми (1010), ромбоєдрів (1011) і (0111) тощо, найбільш розповсюджені тригональні довгопризматичні або обеліскоподібні габітусні форми.

**Топаз.** Хімічна формула –  $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$ . Найменування цього мінералу пов'язане, найімовірніше, з назвою о. Топазіос у Червоному морі. Топазом Пліній Старший назвав "золотий" камінь, що там видобувався. І хоч "топаз" Плінія насправді виявився хризолітом (відміна олівіну), протягом сторіч така назва зберігалася за всім золотисто-жовтим та коричневим коштовним камінням. Згідно з іншою версією, назва мінералу походить від санскритського "тапас" – вогонь.

З античних часів прозорі відміни топазу (блакитні, винно-жовті, безбарвні) використовуються як ювелірна сировина. Твердість мінералу за шкалою Мооса – 8, густина 3,52–3,57 г/см<sup>3</sup>, спайність досконала по пінакоїду, злам раковистий, кут  $2V + 45-66^\circ$ ,  $N_g = 1,618-1,638$ ,  $N_m = 1,610-1,633$ ,  $N_p = 1,607-1,629$ . Кристали ромбічної сингонії, призматичної форми, серед них виділяють декілька типів: мурзинський – майже ізометричні, розвинені призма {120} і пінакоїд {001}; ільменський – з добре розвиненою призмою {110} і пінакоїдом та дипірамідами {223}, {112}; шерловогорський – з добре розвиненими призмами {110}, {120} і {130}, без пінакоїда; коростенський – з добре розвиненими призмами {110} і {120}, без пінакоїда. Кристали можуть досягати гігантських розмірів. У музеї природничої історії в Нью-Йорку демонструється знайдений у Бразилії кристал вагою 270,3 кг. У 1840 р. на знаменитому родовищі "Дорогой Утес" знайдено прозорий винно-жовтий топаз вагою 13,1 кг, у 1964 р. на Волинському родовищі знайдено кристал вагою 117 кг, довжиною 82 см і 37 см за товшки.

**Берил.** Хімічна формула  $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ . Назва походить від давньогрецького *βηρυλλοξ* – блискучий. Берил, що не має ювелірного значення, використовується для видобутку берилію, сплави якого з міддю, магнієм, алюмінієм та іншими металами застосовуються в радіоелектроніці, атомній, авіаційній і космічній галузях. Прозорі відміни

мінералу є дорогоцінними самоцвітами найвищого ґатунку. Твердість 6,5 за шкалою Мооса, густина 2,61–2,91 г/см<sup>3</sup>, спайність невиразна, злом раковистий, блиск скляний, жирний, N<sub>o</sub> = 1,568–1,602, N = 1,564–1,595, сингонія гексагональна, характерні видовжені стовбчасті кристали призматичного габітусу. Найголовніші прості форми: гексагональна призма {1011}, пінакоїд {0001}, дипіраміди {1121} і {1011}, призма {1120}. Розміри кристалів можуть сягати декількох метрів у довжину; найбільший з відомих, вагою близько 200 т, було видобуто в Бразилії; кристали вагою до 16 т, довжиною 5 і товщиною 1,5 м знайдено на родовищі Альбані в штаті Мен, США.

Залежно від забарвлення виділяють такі різновиди берілу: **смарагд** (від гр. *σμαραγδος* – коштовний зелений камінь) – густо-зелений, є одним з найдорожчих ювелірних каменів. Відомі унікальні кристали вагою близько 24000 каратів (рудник Сомерсет, ПАР, Південна Африка); 11000 каратів – "Ізмурд Кочубея", знайдений на Уралі, зберігається в мінералогічному музеї ім. О.Є.Ферсмана; 7025 каратів – "Кристал із Гачали"; 1470 каратів – "Гордість Америки"; 633 карата – "Патриція" з Колумбії; **аквамарин** (від лат. *aqua* – вода, *marinus* – морський) – блакитний, небесно-блакитний, найбільші кристали вагою 110 кг, близько 50 см у довжину – зі штату Мінас-Жерайс, Бразилія, родовище Марамбайя; 82 кг – Забайкалля, Росія; **вороб'євіт** (названий на честь російського мінералога В.І.Воробйова), західний синонім – морганіт (на честь відомого колекціонера ювелірного каміння банкіра Дж.П.Моргана – рожевий; **геліодор** (названий за кольором *дарунком Сонця* від гр. *ηλιος* (геліос) – сонце й *δωρον* (дорон) – дар) – жовтий різних відтінків; **біксбіт**, названий на честь американського мінералога М.Біксбі, – напівпрозорий, рідше – прозорий, колір полунично-червоний, є рідкісним колекційним мінералом.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Головними промислово-генетичними типами родовищ гірського кришталю є заноришеві пегматити (з мікрокліном, альбітом, топазом, берилом), гідротермальні рудоносні кварцові жили із золотою, каситеритовою, вольфрамітовою, сульфідною мінералізацією та безрудні кришталоносні кварцові жили ("жили альпійського типу") з епідотом, адуляром, хлоритом, серицитом, рутилом тощо.

Як приклади заноришевих пегматитів можна назвати класичні пегматити з коштовним камінням Середнього Уралу (Алабасько-Мурзинська група родовищ), Забайкалля (Центрально-Борщовочна група), кришталоносні міаролові повнодиференційовані пегматити штатів Мінас-Жерайс і Параїба в Бразилії, острова Мадагаскар тощо.

Рудоносні кварцові жили з гірським кришталем відомі в деяких золоторудних родовищах Уралу, поліметалоїчних – Нагольного кряжу Донбасу (Бобрикове, Гострий Бугор), у штаті Новий Південний Уельс Австралії (Кінгсейт), на о. Тасманія.

Безрудні кришталоносні кварцові жили або жили альпійського типу є основним джерелом видобутку п'єзооптичного кварцу. Вони можуть утворювати гігантські провінції площею в десятки тисяч квадратних кілометрів, здебільшого у кварцитах, кварцитоподібних пісковиках, кварц-серицитових та кварц-хлоритових сланцях і гранітоїдах. Класичними є кришталоносні жили Швейцарських Альп, віднесені В.І.Вернадським до латераль-секреційних метаморфогенних утворень. Найбільша у світі провінція гірського кришталю охоплює Східно-Бразильський щит і західну частину Центрально-Бразильського щита (штати Мінас-Жерайс, Гаяс, Байя, Еспіриту-Санту).

Мають певне практичне значення й розсіпні родовища гірського кришталю, особливо в районах розвитку давніх кір вивітрювання та руйнування пологих корінних кришталоносних тіл. Є такі на Південному Уралі, у Бразилії, в Україні на Волині.

Як цікавий колекційний матеріал, що також має обмежене ювелірне значення, слід виділити й так звані "мармароські діаманти". Своє найменування ця відміна гірського кришталю дістала за назвою Мармароського масиву у Східних Карпатах. Вони зустрічаються у вигляді досконалих кристаликів з двома головками розміром у декілька міліметрів у тріщинах серед пісковиків та аргілітів у районі сіл Великий Бичків, Кобилецька Поляна, Косівська Поляна, Нижні Ворота, Воловець, Майдан разом з кальцитом. Поодинокі кристалики гірського кришталю в порожнинах кальцитових прожилків тут прикріплені до породи гранями призми, при цьому пірамідальні головки лишуються вільними. При руйнуванні вмисних порід "мармароські діаманти" потрапляють до алювіальних відкладів, де можуть накопичуватись і утворювати розсипи. Такі розсипи відомі в річищах річок Латориця і Стрий у Східних Карпатах.

Головними промислово-генетичними типами родовищ топазу є камерні пегматити, грейзени (родовище Шерлова Гора у Східному Забайкаллі), алювіально-делювіальні розсипи (Волинське в Україні). Родовища топазів відомі в Бразилії, Ірландії, Великій Британії, США, Мозамбіку, Мексиці, Шрі-Ланці, Пакистані, Росії, Швеції, Фінляндії, Норвегії, Зімбабве, Намібії, Нігерії, Мадагаскарі, Австралії, Пакистані, Індії, Японії, Китаї, Афганістані.

Головними геолого-промисловими типами родовищ берилу є заноришеві пегматити (Смарагдові копії Уралу, родовища Музо, Півор, Коскуес, Якопі в Колумбії, Карнаїба, Фазієнда до Помпо – в Бразилії, Ка-

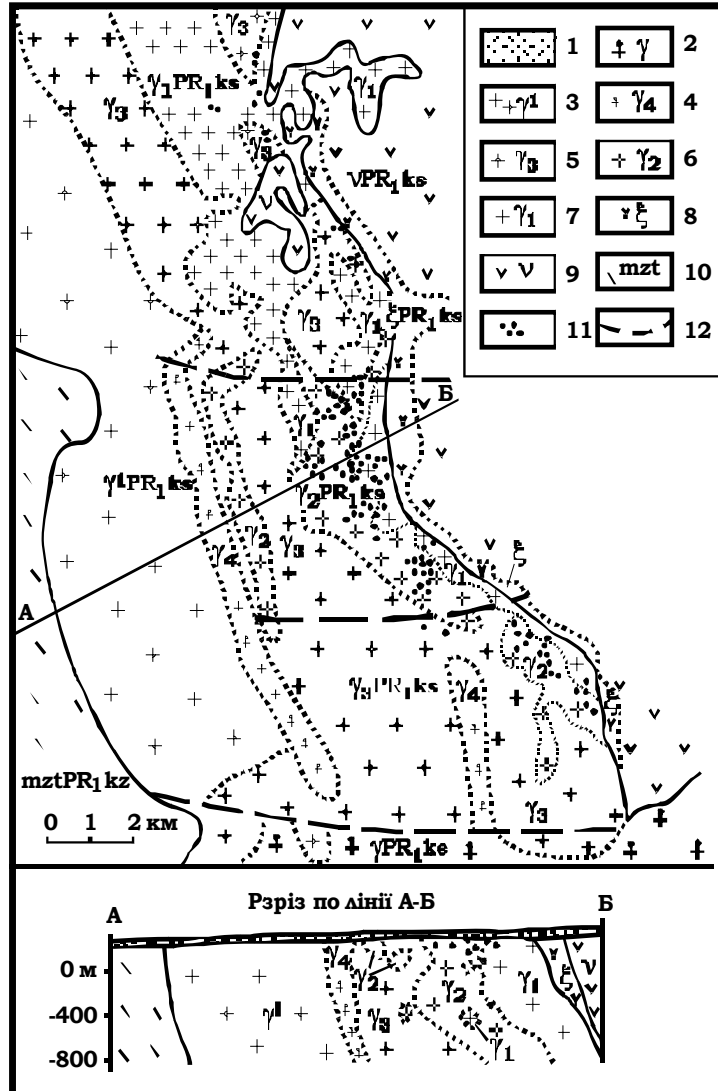
лігулян, Радгигарх – в Індії, Сомерсет, Гравелот – у ПАР, Хабахталь в Австрії), меншою мірою – грейзени (Шерлова гора в Забайкаллі).

Чимало країн мають родовища різновидів берилу: Росія (смарагд, берил), Пакистан (смарагд, аквамарин), Шрі-Ланка (берил, смарагд), Китай (аквамарин), Афганістан (смарагд), Індія (смарагд, аквамарин), В'єтнам (берил), Таїланд (смарагд), Таджикистан (смарагд), Мадагаскар (аквамарин, смарагд), Танзанія (аквамарин), ПАР (смарагд), Мозамбік (смарагд, аквамарин), Нігерія (смарагд, аквамарин), Замбія (берил, аквамарин), Кенія (смарагд), Зімбабве (смарагд), США (берил), Колумбія (смарагд), Австралія (смарагд).

## Родовища України

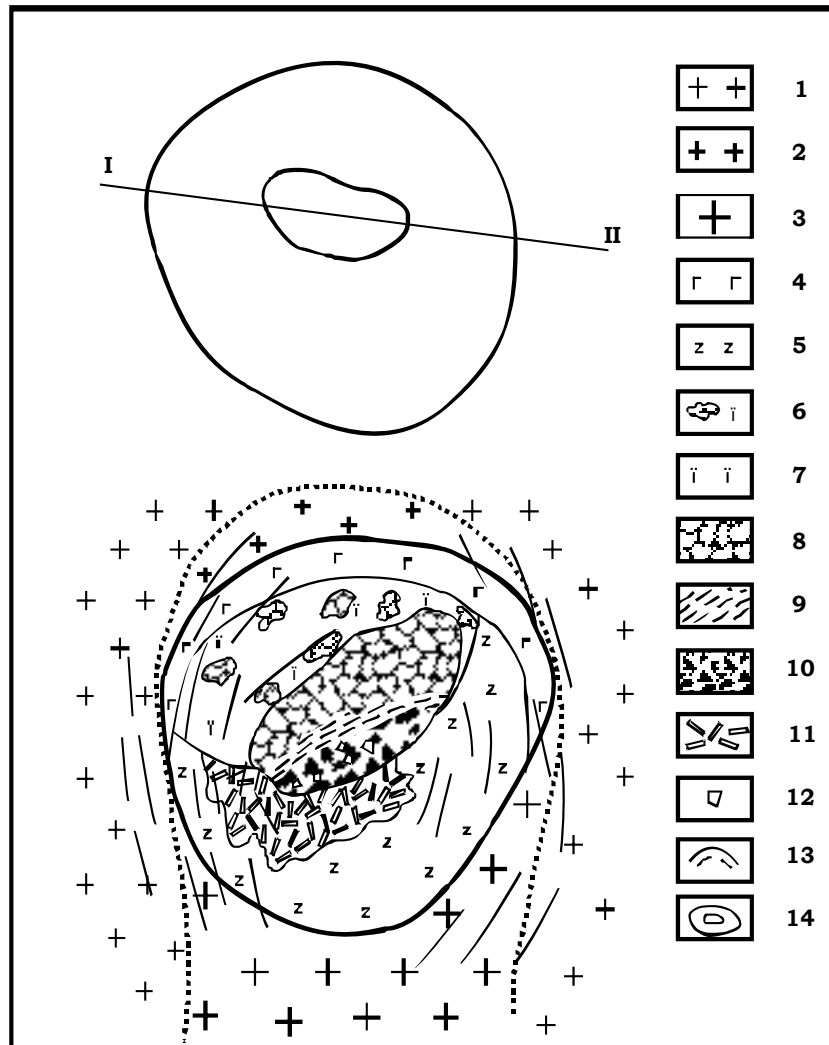
В Україні прояви п'єзокварцу, топазу і берилу пов'язані з камерними і керамічними пегматитами Волині (найбільше в Європі Володарськ-Волинське родовище); керамічними і рідкіснометальними – Приазов'я; відомі в грейзенах УЩ, в розсипах [1, 14, 18, 21, 24, 25, 29, 36]. В Україні не виключена можливість відкриття родовищ найдорогоціннішого різновиду берилу – смарагду [17].

**Володарськ-Волинське родовище** розміщено у Волинському блоці УЩ, де поширені породи габро-анортзитової формації та граніти рапаківі палеопротерозою, що складають Коростенський плутон. Пегматити камерного типу локалізовані в західному ендоконтакті гранітів з породами основного складу й утворюють зону 22 км довжиною і 0,3–1,5 км шириною (рис. 7). Вони тісно зв'язані з рапаківіподібними лезниківськими гранітами. Їх будова чітко зональна, від периферії до центру виділяються такі зони: пегматит графічної структури, пегматит пегматоїдної структури, польового шпату, сірого кварцу, вільного росту кристалів (занориш) (рис. 8). Кварцове ядро міститься в центральній частині пегматиту над заноришем. Форма його лінзоподібна, потужність від 1–2 до 10–15 м. Під ним знаходиться занориш розміром до 5 м, об'ємом 30–40 м<sup>3</sup>. В ньому утворюються великі, прекрасно ограновані кристали кварцу, топазу, берилу. Головні мінерали: кварц, польові шпати, слюда, другорядні: топаз, берил, опал, халцедон, флюорит, сидерит, гідрослюди, хлорит, фенакіт, рідкісними – пірит, ільменіт, циркон, рутил, аметист, турмалін, монацит тощо (до 96 мінералів). Послідовність їх утворення показано на діаграмі (рис. 9). Кристали берилу (поодинокі або згруповані) знаходяться в заноришах серед глинисто-слюдисто-кварцового агрегату. На периферійних ділянках кількість кристалів берилу в пегматитах незначна – декілька індивідів. Берил у середньому зустрічається в одному з десяти тіл. Маса кристалів берилу від 0,1–0,5 кг до перших десятків кілограмів.



**Рис. 7. Схематична карта розміщення пегматитових тіл в центральній частині Володарсько-Волинського пегматитового району [5]**

1 – осадові відклади; 2 – граніти порфіроподібні крупнозернисті; 3 – граніти порфіроподібні змішаних структур; 4 – граніти порфіроподібні мікропегматитові дрібно- і тонкозернисті; 5 – граніти порфіроподібні мікропегматитові дрібнозернисті пойкиліто-пегматитової та апліто-пегматитової структури; 6 – граніти порфіроподібні дрібнозернисті грануліто-апліто-пойкилітової структури; 7 – граніти нечітко порфіроподібні середньо- та дрібнозернисті алотріоморфно- та гіпдіоморфнозернистої структури; 8 – гібридні породи, нерозчленовані; 9 – основні породи; 10 – гнейси, гнейсо-мігматити; 11 – пегматити; 12 – тектонічні розломи



**Рис. 8. Морфологія та внутрішня будова пегматитів [5]**

1 – граніти змінені рожеві з підвищеним вмістом темнокольорових мінералів;  
 2 – граніти змінені, збагачені темнокольоровими мінералами; 3 – пегматити графічної структури тонко-дрібно-середньозернисті; 4 – пегматити графічної структури середньо-крупнозернисті з ялинчастою будовою зерен кварцу;  
 5 – пегматити пегматоїдно-графічної структури; 6 – пегматити блокової структури (кварц-польовошпатові); 7 – польовий шпат; 8 – масивний сірий кварц;  
 9 – плитчастий темно-сірий кварц; 10 – кристали та уламки моріону (занориш); 11 – вилуговані та перекристалізовані породи; 12 – топаз; 13 – тріщинуватість склепіння; 14 – контур камерного пегматиту та занориша

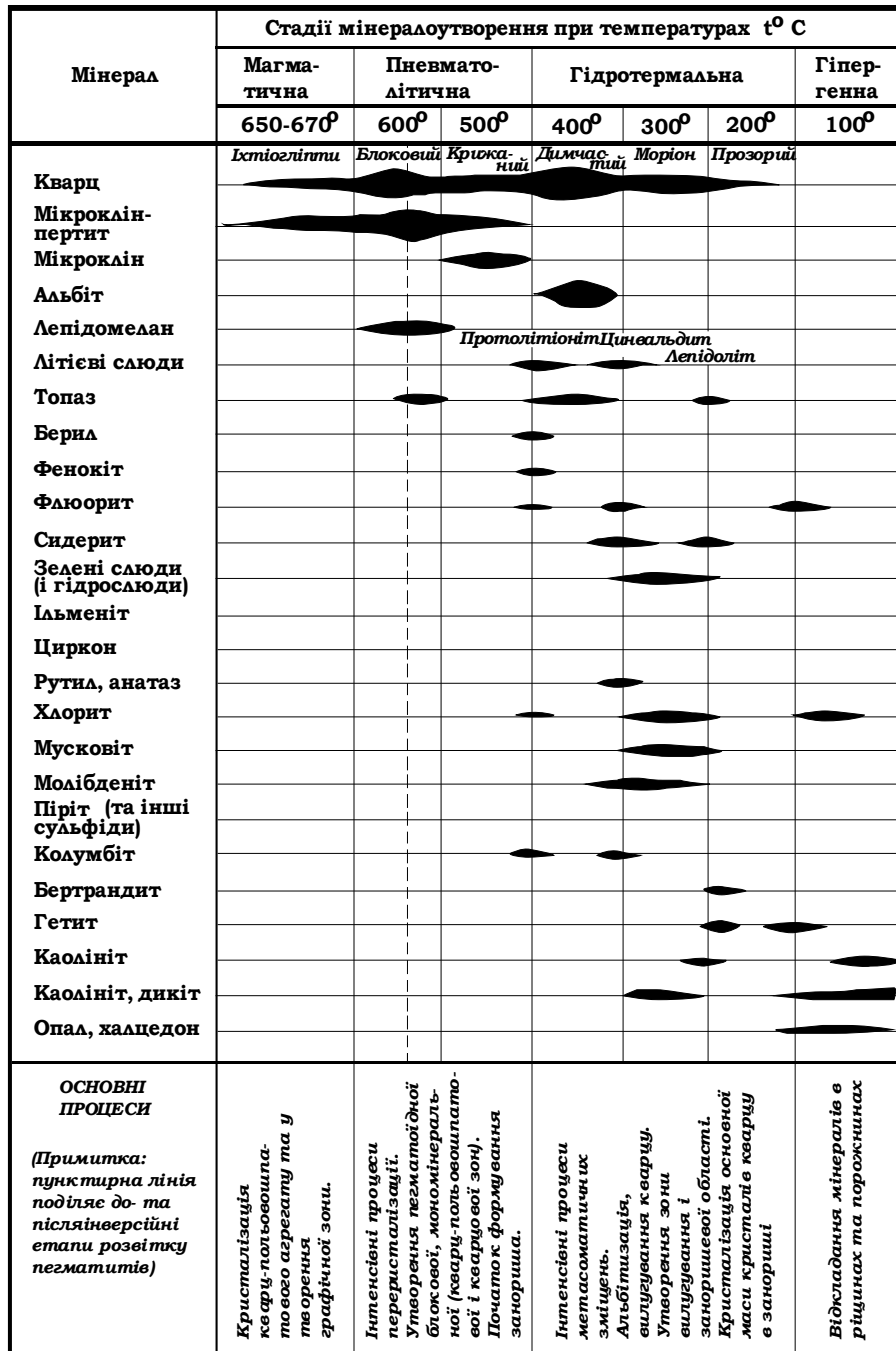


Рис. 9. Схематична діаграма мінералоутворення в камерних пегматитах [5]



## РОДОНІТ

### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

Родоніт (від гр. "родон" – троянда) є традиційним виробним каменем, відомим ще із середини XVIII ст., коли на Уралі південніше Єкатеринбурга були відкриті родовища цього рожевого мінералу, який місцеві жителі називали "орлець". Здавна масивні породи, складені родонітом, використовуються для виготовлення ваз, письмового приладдя, печаток, вставок у недорозі ювелірні прикраси. Найвідомішими виробами з родоніту є: саркофаг великої княгині Марії Олександрівни, виготовлений з єдиного моноліту вагою більше 10 т; оздоблення станції метро "Площадь Маяковского" в Москві, однієї із зал Великого Кремлівського палацу, деяких станцій Київського метро.

Родоніт – силікат марганцю і кальцію ланцюжкової будови  $(Mn, Ca)_5 [Si_5O_{15}]$ , триклінної сингонії, спайність досконала по (110) і  $(\bar{1}\bar{1}0)$ . Колір рожевий, рожево-червоний; блиск скляний, на площинах спайності – з перламутровим відливом, твердість 5,5 за шкалою Мооса. Інтенсивність рожевого забарвлення знижується залежно від вмісту окису кальцію – яскраво-рожеві відміни містять 3–3,5% CaO, бліді рожево-сірі – 6% і більше (табл. 15).

Родоніт є типовим ендеогенним мінералом марганцю, утворюється в умовах амфіболітової та зеленосланцевої фацій регіонального метаморфізму, у скарнах, рідко – внаслідок гідротермальних процесів.

**Таблиця 15**

Родовище	Хімічний склад родонітів світових родовищ, %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O
Малосидель- никівське (Урал)	41,22	1,47	2,33	0,08	48,46	0,33	2,98	0,85
Алтин- Топканське (Узбекистан)	46,74	0,26	1,65	0,18	41,89	0,61	7,44	0,85
Бхандарське (Індія)	45,46	0,27	–	0,96	50,54	0,55	2,25	–
Брокен-Хіл (Австралія)	46,45	–	0,12	12,65	35,10	0,40	5,45	–

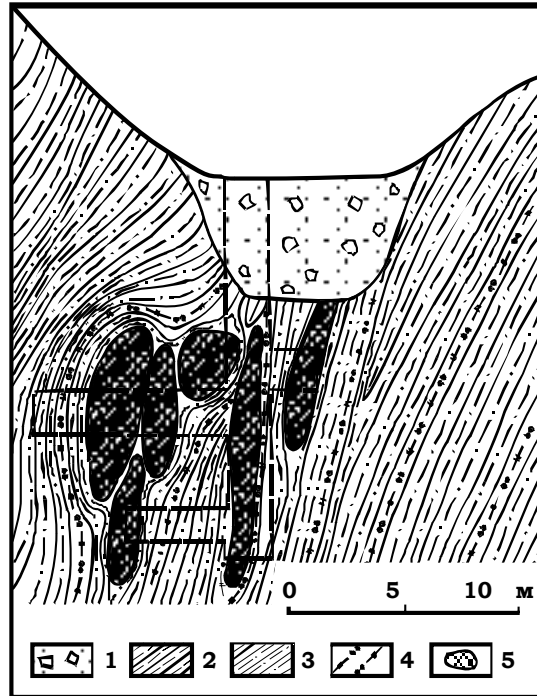
## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Головними промислово-генетичними типами родовищ родоніту є:

1. Метаморфогенні родовища (основний геолого-промисловий тип) тяжіють до порід спіліто-діабазової та спіліто-кератофірової формацій, при метаморфізмі яких первинно-осадові карбонатні руди марганцю перетворюються на силікати – родоніт, бустаміт  $\text{Ca Mn}(\text{SiO}_3)_2$ , спесартин  $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ . До цього типу відносяться родовища Сисертсько-Ільменського антиклінорію Середнього Уралу, локалізовані в метаморфізованих вулканогенно-осадових породах нижнього палеозою, наприклад, Малосидельниківське (рис. 10), Курганівське, Бородулінське; родовища Каліфорнії, приурочені до кременисто-яшмової формації Ред-Рок Францисканської серії (верхня юра – нижня крейда).
2. Карбонатні родонітвмісні скарни – родовище Алтин-Топкан в Узбекистані на північних схилах гір Карамазар, родовища Центрального рудного району штату Нью-Мексико, США (нижній карбон).
3. Гідротермальні родовища, що не мають великого практичного значення, наприклад, невелика кількість виробного родоніту видобувалася на срібно-свинцево-цинковому родовищі Брокен-Хіл в Австралії.

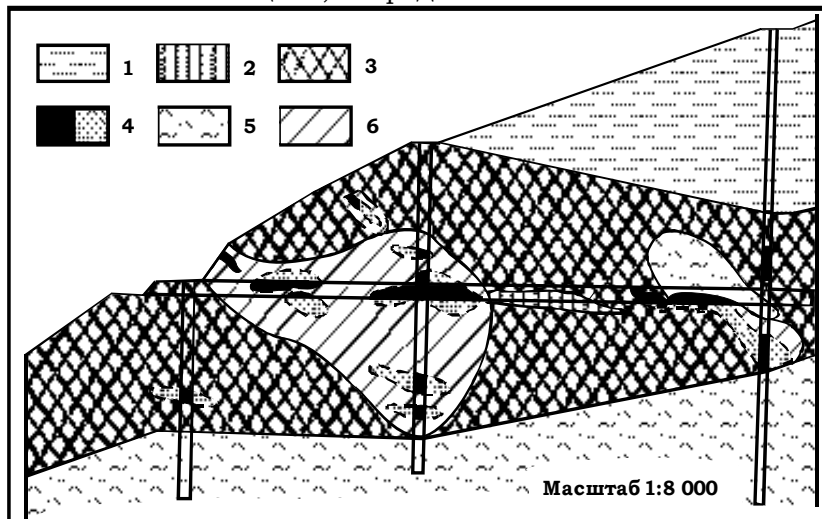
## Родовища України

Українські родовища родоніту також є метаморфогенними. Найзначнішим з них є **Прилуцьке родовище** в Чивчинських горах Мармароського масиву Закарпаття. Воно складено палеозойськими метаморфічними і мезокайнозойськими осадовими комплексами. У розрізі тут виділяються два стратиграфічні комплекси – домезозойський метаморфічний та осадовий мезокайнозойський (рис. 11). Родоніт приурочений до метаморфічного комплексу, представленого серицит-хлорит-кварцовими, серицит-кварцовими та хлорит-серицитовими сланцями з лінзовидними тілами силікатно-карбонатних порід розміром  $100 \times 60 \times 10$ , збагачених родохрозитом ( $\text{MnCO}_3$ ). Родоніт малинового кольору, розпорошений у вигляді дрібних зерен, гнізд та прожилків у карбонатній родохрозитовій масі. Запаси кондиційної ювелірної сировини сягають 668 т, блочність сировини –  $20 \times 20 \times 20$  см, загальні запаси родоніт-родохрозитових порід – 15910 т.



**Рис. 10. Родовище Малосидельниківське (розріз шурфу, за матеріалами В.Кірнсова (1973)**

1 – відвал кар’єру, 2 – серицит-кварцові сланці, 3 – вуглисті сланці, 4 – кварцити, 5 – родонітові тіла



**Рис. 11. Родовище Прилуцьке (родоніт), геологічний розріз**

1 – гнейси; 2 – кварцитові сланці; 3 – чорні сланці; 4 – рудні тіла; 5 – кристалічні сланці; 6 – рудоносна зона

## МАРМУРОВИЙ ОНІКС

### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

Термін "мармуровий онікс" визначений не чітко, він є, скоріше, комерційним, аніж мінералогічним. Найчастіше так називають щільні агрегати кальциту й арагоніту, що просвічуються на глибину та мають смугасту текстуру й ніжне забарвлення, причому найхарактернішими є м'які жовті, рожеві, кремові, зеленуваті й коричневі тони [15]. Така особливість мармурового оніксу, як здатність піддаватися дзеркальному поліруванню, дозволяє використовувати його для виготовлення різноманітних художніх виробів: фужерів, підставок, ваз, шкатулок, письмового приладдя тощо, які особливо привабливого вигляду набувають у поєднанні з бронзою. Використовується цей матеріал і як декоративно-облицювальний для оздоблення інтер'єрів, наприклад, такої всесвітньо відомої пам'ятки архітектури, як мавзолей Тамерлана (1336–1405) Гур-Емір у Самарканді.

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Мармуровий онікс зустрічається у вапняках та інших карбонатних породах. Виділяють два структурно-морфологічні типи його утворень: 1) жильний і пластоподібний при заповненні тріщин у вапняках; 2) натічні форми, сталактити й сталагміти, які можуть утворюватись у відкритих порожнинах карстових печер. Він утворюється з бікарбонатних розчинів або тонкодисперсних гелевих мас, що розкристалізуються. Найбільші родовища мармурового оніксу відомі в Алжирі (Бон-Ганіф), Аргентині (Сан-Луїс), Бразилії, США (Арізона, Юта). Дуже популярний він був наприкінці XIX – на початку XX ст., коли його видобуток в Алжирі становив близько 5 тис. т, у США – 9 тис. т. У СНД родовища якісного мармурового оніксу є у Вірменії (Агамзалинське та Місханське), Азербайджані (Сирабське), Туркменії (Карлюкське).

### Родовища України

В Україні найзначніші прояви і родовища мармурового оніксу відомі у Середньому Придністров'ї, де виділяють Дунаєвецьке та Ново-Ушицьке поля на границі Волино-Подільської плити і УЩ. Серед численних проявів (Демківське, Мицівське, Кравчинське, Супрунківське) за масштабами та якістю сировини виділяється родовище Калюсик.

**Родовище Калюсик** розташовано в с. Калюсик Віньковецького району Хмельницької області, складено породами неопротерозою, верхньої крейди (сеноман), нижнього неогену (тортон і сармат) та четвертинними. Оніксова мінералізація локалізована в товщі черепашкових та оолітово-черепашкових вапняків нижнього сармату середньою потужністю 9 м. Вапняки щільні, масивні, у верхній частині вивітрені, крихкі. Потужність покрівлі 1–6 м. Товщу вапняків розбито численними тріщинами. Мармуровий онікс виповняє тріщини переважно субмеридіонального напрямку. Усього в межах мінералізованої зони, за даними І.С.Носова, кар'єром з видобутку вапняків розкрито 12 великих тріщин, що виповнені мармуровим оніксом. Він або утворює на стінках тріщин кірку та суцільні натіки з хвилястою поверхнею товщиною від перших міліметрів до 5 см, або на окремих ділянках щільно виповнює тріщини. Зустрічаються порожнини й пустоти, де мармуровий онікс присутній у вигляді сталактитів і сталагмітів. Відмічені також окремі роздуви жил потужністю до 30 см.

На родовищі виділено два структурні різновиди мармурового оніксу – дрібно- та крупнокристалічний. Перший представлений світло- і темно-коричневими відмінами з радіально-променистою текстурою та виразним хвилясто-смугастим малюнком, що добре просвічується на глибину. За простяганням щільні, кондиційні ділянки жил довжиною 1–1,5 м чергуються з некондиційними (з причин високої тріщинуватості та кавернозності). Другий різновид – однотонний онікс світло-жовтого кольору, подекуди з чергуванням смуг медово-жовтого та світло-коричневого, просвічується погано. Прогнозні ресурси за категорією Р<sub>2</sub> оцінені в 70,8 т; вміст жил оніксу в полі вапняку – 3,2 %, вихід кондиційного матеріалу (10 x 10 x 5 см) становить 6,2 %. Мармуровий онікс легко обробляється, піддається дзеркальному поліруванню, має ніжний декоративний малюнок і цілком придатний для використання каменерізною промисловістю як виробне каміння.

В розділі 1 охарактеризовані ті різновиди кольорового каміння України, родовища яких відомі, а запаси підраховані. Але палітра українських самоцвітів є набагато ширшою. У надрах України присутні також аметист, цитрин, хризопраз, опал, хризоліт, піроп, альмандин, смарагд, турмалін, халцедон, сердолік, агат, кривавик, тигрове, котяче і соколине око, нефрит, лабрадор, содаліт, креміль, яшма, джеспіліт, обсидіан, скам'яніле дерево, агальматоліт тощо. Їх прояви є джерелом поповнення мінералогічних колекцій, використовуються аматорами для виготовлення мистецьких виробів – шкатулок, сувенірів, намиста. Обмежений обсяг підручника не дає змоги дати детальну характеристику їх проявів, але слід пам'ятати, що потенціал і перспективи України є дуже високими.

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які мінерали і гірські породи відносяться до каменебарвної сировини?
2. Наведіть приклади найвідоміших самоцвітів чи виробів з каменебарвної сировини.
3. Охарактеризуйте палітру каменебарвної сировини України.
4. Які країни є провідними з видобутку природних алмазів?
5. Де більше всього виробляють синтетичних алмазів?
6. Стисло охарактеризуйте головні типи родовищ алмазів.
7. Чи можливо відкриття алмазоносних трубок в Україні?
8. Як утворюється бурштин?
9. Які родовища бурштину є в Україні?
10. Що таке гагат?
11. Де в Україні можна знайти ювелірні берили і топази?
12. Що таке камерні пегматити?
13. Яким чином виникають скупчення родоніту?
14. Де в Україні відомі прояви родоніту?
15. Що таке мармуровий онікс і чи є його родовища в Україні?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов П.Н. Закономерности распределения включений кварца в сподуменовых пегматитах и вмещающих их гранитоидах одного из районов Украинского щита // Минералогия и генезис пегматитов. Матер. IV Все-союзн. совещ. (ч. I). – Миасс, 1991. – С. 102–104.
2. Вальтер А.А., Гурский Д.С., Еременко Г.К. Алмазоносность астроблем Украины и природа образования высоких концентраций импактных алмазов // Минерал. журн., 1998. – Т. 20, № 6. – С. 48–63.
3. Вальтер А.А., Гурський Д.С., Єременко Г.К., Бочко О.В. Імпактні алмази – новий вид мінеральної сировини України // Мін. ресурси України, 1999. – № 3. – С. 16–22.
4. Василюшин І.С., Панченко В.І., Майданович І.О. Янтар України // Мін. ресурси України, 1995. – № 3–4. – С. 28–32.
5. Василюшин І.С., Панченко В.І., Павлюшин В.І. Пегматити Волині // Мін. ресурси України, 1996. – № 1. – С. 2–9.
6. Гурський Д.С., Металіди В.С., Приходько В.А. та ін. Перспективи корінної алмазоносності Правобережної України // Мін. ресурси України, 1999. – № 3. – С. 5–9.
7. Гурський Д.С., Металіди В.С., Приходько В.А., Гейко Ю.В. Перспективи алмазоносності України та напрямки геологорозвідувальних робіт // Мінерал. журн., 2003. – 25. № 5/6. – С. 7–17.
8. Кашкаров И.Ф., Полканов Ю.А. О находке алмазов в титано-циркониевых песках // Докл. АН СССР, 1964. – 157, № 5. – С. 1129–1130.
9. Квасница В.Н. Мелкие алмазы. – К.: Наук. думка, 1985.

10. Квасниця В.М., Глеваський Є.Б., Кривдік С.Г. Палеотектонічні, петрологічні та мінералогічні критерії алмазоносності Українського щита // Мінерал. журн., 2003. – 25, № 5/6. – С. 24–39.
11. Квасниця В.М., Цимбал С.М. Алмази України і перспективи пошуку їх родовищ // Мінерал. журн., 1998. – 20, № 1. – С. 118–129.
12. Киевленко Е.Я., Сенкевич Н.Н. Геология месторождений поделочных камней. – М.: Недра, 1976.
13. Князев Г.И., Гурский Д.С., Тарасюк О.Н. и др. Структурно-тектоническое районирование потенциальной алмазоносности территории Украины // Мін. ресурси України, 1999. – № 3. – С. 43–44.
14. Лазаренко Е.К., Павлишин В.И., Латыш В.Т., Сорокин Ю.Г. Мінералогія і генезис камерних пегматитов Волини. – Львов: Вища школа, 1973.
15. Лекух З.В. Мраморный оникс // Драгоценные и цветные камни как полезное ископаемое. – М.: Недра, 1973. – С. 144–151.
16. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Київ-Львів: „Центр Європи”, 2006.
17. Михайлов В.А. Закономірності розміщення й особливості будови родовищ смарагдів // Коштовне та декоративне каміння, 2001. – № 3 (25). – С. 9–14.
18. Павлишин В.І., Возняк Д.К., Галабурда Ю.А. Жильный кварц України: мінералогічна характеристика перспективних рудопроявів // Мінерал. журн., 2001. – 23, № 1. – С. 11–22.
19. Павлишин В.І., Індутний В.В., Платонов О.М., Возняк Д.К. Коштовне та декоративне каміння України // Мінерал. журн., 1998. – 20, № 5. – С. 108–117.
20. Палкина Е.Ю., Смирнов Г.И., Чашка А.И. Алмазы Украины: региональная, возрастная и генетическая приуроченность // Мін. ресурси України, 1999. – № 11. – С. 41–42.
21. Панченко В.И., Василюшин И.С., Павлишин В.И. Жильный кварц Украины, возможности его промышленного использования // Мінерал. рудних м-ний України. – К.: Наук. думка, 1984. – С. 237–245.
22. Перспективи коренної алмазоносності України. – К., 2006.
23. Прогнозирование и поиски коренных и рассыпных алмазных месторождений. М-лы 20-й международ. конф. Симферополь-Ялта, 20–26 сентября 2004 г. – К.: УкрГГРИ, 2006.
24. Семенов М.П. Гранітні пегматити України // Геол. журн., 1940. – Вип. 4. – С. 5–37.
25. Семенов Н.П. Гранитные пегматиты Украины // Тр. 17 сессии Межд. Геол. конгр. – М.: Наука, 1939. – С. 133–143.
26. Солодова Ю.П., Андреев Э.Д., Гранадчиков В.Г. Определитель ювелирных и поделочных камней. – М.: Недра, 1985.
27. Сребродольский Б.И. Геологическое строение и закономерности размещения месторождений янтаря СССР. – К.: Наук. думка, 1984.
28. Супрычев В.А. Самоцветы. – К.: Наук. думка, 1980.

29. Таран М.М., Яковлева В.В., Вишневецький О.А. та ін. Дослідження хромвісного берилу-смарагду з прояву Крута Балка, Приазов'я // Мінерал. журн., 2005. – № 2. – С. 93–101.
30. Тарасюк О.Н., Гурський Д.С., Чашка А.І. та ін. Щодо перспектив корінної алмазонасності України // Мін. ресурси України, 1998. – № 1. – С. 6–9.
31. Федоришин Ю.І., Бекеша С.М., Гурський Д.С., Козар М.А. Прогнозування проявів кимберліт-лампроїтового магматизму в межах Приазовського блоку УЩ // Мін. ресурси України, 2001. – № 2. – С. 3–6.
32. Цымбал С.Н. Кимберлиты центральной части Припятского вала (Украина) // Мінерал. журн., 2003. – 25, № 5/6. – С. 70–87.
33. Чашка А.И., Тарасюк О.Н., Смирнов Г.И. и др. Алмазоносные формации и алмазоносные районы Украины // Прогнозирование и поиски коренных алмазоносных месторождений. – Симферополь, 2000. – С. 81–88.
34. Шумлянський В.А., Квасниця В.Н. Платформенний магматизм и алмазонасність юго-запада Восточноєвропейської платформи // Изв. РАН. Сер. геол., 1992. – Т. 2. С. 17–26.
35. Щербак М.П., Квасниця В.М. Нові перспективи пошуків корінних джерел алмазів на Українському щиті // Мінерал. журн, 2001. – 23, № 1. – С. 5–10.
36. Яковлева В., Каменчук В. Берил України // Мінерал. зб., 2004. – № 54. Вип.2. – С. 189–194.
37. Яценко Г.М., Гурський Д.С., Бабинін О.К. та ін. Нові перспективи алмазонасності південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи // Мін. ресурси України, 1998. – № 3. – С. 32–37.
38. Яценко Г.М., Гурський Д.С., Яценко В.Г. та ін. Про алмазонасність теригенних формацій Волині // Мін. ресурси України, 2006. – № 1. – С. 10–12.
39. Яценко Г.М., Гурський Д.С., Сливко Е.М. и др. Алмазоносные формации и структуры юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы. Опыт минерогенеза алмаза. – К., 2002.
40. USGS Mineral Yearbook, 2005
41. USGS Mineral Yearbook, 2007



## РОЗДІЛ 2

# ГІРНИЧОХІМІЧНА СИРОВИНА

Хімічна промисловість – багатогалузева сфера виробництва, яка використовує значну кількість різноманітної сировини для виготовлення широкого асортименту продукції [10, 15, 25, 40]. Існує більше десятка тисяч виробництв хімічної промисловості, які використовують мінеральну сировину. Одним з найбільших є виробництво каустичної соди, яку використовують миловарна, текстильна, паперова, фарбова та фармацевтична промисловості, використовують у виробництві штучного шовку, гумовому та оптичному виробництві, у лісотехнічній, нафтовій і харчовій промисловості. Для отримання кальцинованої соди вихідною сировиною є поварена сіль і вапняк. Крім виробництва цієї соди, існують ще понад 1500 хімічних виробництв, де застосовують поварену сіль чи продукти її переробки.

Значне місце в продукції хімічної промисловості посідають сполуки фтору. Для одержання фтористих солей використовують плавиковий шпат. У невеликій кількості використовують фтористий натрій.

Суттєве місце посідають карбонатні породи, які широко використовуються для виробництва карбїду кальцію, соди, мінеральних добрив тощо. Доломіт у хімічній промисловості є одним з джерел надходження окису магнію та його сполук, зокрема гідроксиду та основної вуглекислої солі. Для отримання сірчаноокислих та інших сполук магнію й виробництва лікарських препаратів застосовується також магнезит.

Одним з найважливіших продуктів хімічної промисловості є сірчана кислота, що широко використовується в різних галузях промисловості, виробництві мінеральних добрив тощо. Її одержують з різноманітної сірковмісної сировини: самородної сірки; сірки, що міститься в колчеданах, нафті, природному газі, сірководневих водах і таке інше. Значним споживачем сірки є виробництво штучного волокна, у менших кількостях її використовують для отримання ультрамарину, синьки, сірчаних барвників, синтетичного каучуку, для виробництва інсектицидів та ін.

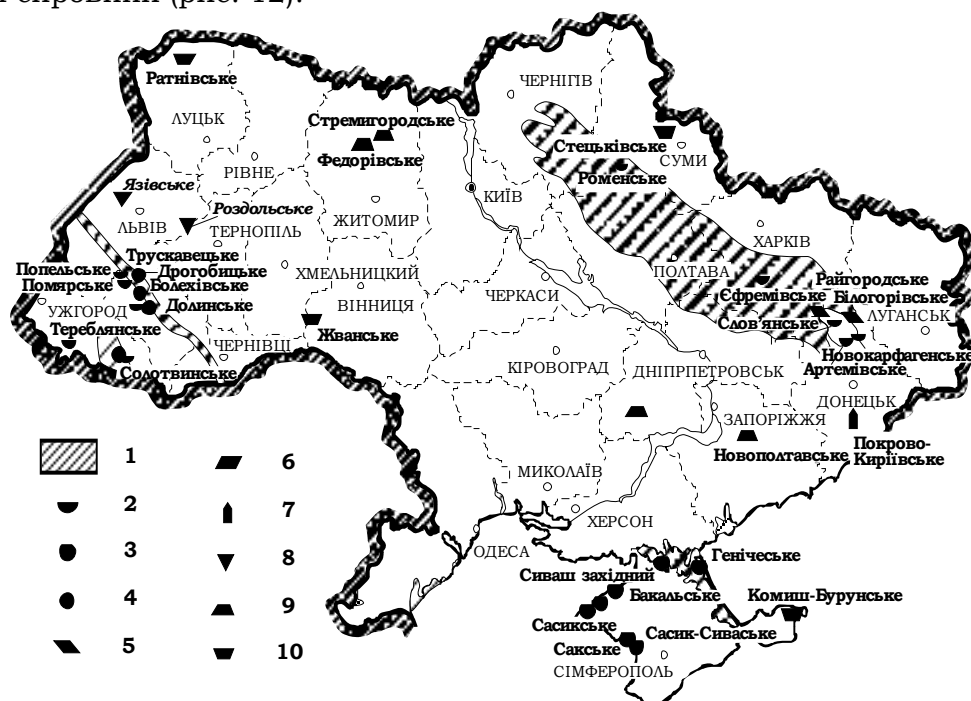
Велика кількість сировини використовується для виробництва добрив. Для виробництва суперфосфатів, концентрованих та складних добрив використовують апатитові й фосфоритові руди й концентрати. Хлоркаліїсті добрива одержують із сильвінітових руд, каїніт-лангбейнїтової породи, шенїту, глазериту та інших сульфатно-калійних солей.

Одночасно з фосфором і калієм сільськогосподарські культури, особливо технічні, потребують застосування добрив, що містять азот, це – аміачна селітра й сечовина. Азот – малоактивний елемент, тому його сполук у природі недостатньо. Використовують азот повітря й аміак, який отримують при коксуванні вугілля.

Для життєдіяльності рослин потрібен магній. Для виробництва добрив з магнієм використовуються магнезіальні солі, магнезіально-карбонатні й магнезіально-силікатні породи. Для нормальної життєдіяльності рослин і тварин також потрібні такі елементи, як йод, бор, марганець, мідь, цинк, залізо, алюміній і багато інших. Сировиною для отримання мікроелементів є бідні на ці елементи руди, які зазвичай йдуть у відвали, шлами збагачувальних фабрик тощо.

Велика кількість різноманітних корисних копалин використовується для виробництва фарб.

На теренах України відома значна кількість родовищ гірничохімічної сировини (рис. 12).



**Рис. 12. Карта перспективних площ України на гірничохімічну сировину**

- 1 – площа, що перспективна на гірничохімічну сировину; 2 – кухонна сіль (кам'яна); 3 – кухонна сіль (у ропі); 4 – кухонна сіль (у підземних розсолах); 5 – крейда; 6 – вапняк; 7 – плавиковий шпат; 8 – сірка; 9 – апатит; 10 – фосфорит

# СІРКА

## Загальні відомості

Середній вміст сірки в земній корі  $3 \cdot 10^{-4}\%$ . Підвищені концентрації ( $2,4 \cdot 10^3 \%$ ) характерні для глинистих і карбонатних порід. У природі зустрічаються як зв'язана сірка у вигляді сульфатів, сульфідів, так і самородна. Сірка міститься також у нафті, вугіллі, природному горючому газі та деяких мінеральних водах.

Самородна сірка буває кристалічною й аморфною. У природі різко переважає сірка ромбічної сингонії ( $\alpha$ -сірка), стійка при температурі нижче  $95,5^\circ\text{C}$ . Моноклінна ( $\beta$ -сірка) стабільна при  $95,5$ – $119^\circ\text{C}$ , самородна ( $\mu$ -сірка) – метастабільна й при нормальній температурі переходить у ромбічну модифікацію. Температура плавлення цих модифікацій відповідно  $110$ – $112,6$ ,  $114,5$ – $119$  і  $114,5^\circ\text{C}$ . Тепло- та електропровідність сірки дуже низькі. Твердість 1–2. Сірка практично нерозчинна у воді, кислотах, але добре розчиняється в сірковуглеці, нафті, бензині та інших органічних рідинах.

При плавленні ( $114$ – $119,8^\circ\text{C}$ ) сірка перетворюється на рухливу жовту рідину. При температурі понад  $160^\circ\text{C}$  рідка сірка спочатку буріє, а потім стає в'язкою темно-коричневою масою. При  $187,8^\circ\text{C}$  в'язкість починає зменшуватися й при  $300^\circ\text{C}$  сірка знову стає рідкою. Кипить сірка при  $444,6^\circ\text{C}$ . Температура займання сірки в повітрі –  $214$ – $280^\circ\text{C}$ . При температурі  $360^\circ\text{C}$  і вище сірка енергійно взаємодіє з киснем, утворюючи  $\text{SO}_2$ . З воднем при  $400^\circ\text{C}$  сірка утворює  $\text{H}_2\text{S}$ , який при  $1690^\circ\text{C}$  розкладається на воду та сірку.

Найважливішими сполуками сірки є сірчаний ангідрид  $\text{SO}_2$ , сірководень  $\text{H}_2\text{S}$  і сірчана кислота. Їх джерелом можуть бути самородна сірка, нафта й природні горючі гази, сульфідні руди, сульфатні руди (гіпси й ангідрити), бітумінозні піски та викопне вугілля. Для народного господарства будь-якої країни найбільше практичне значення має самородна сірка.

## Галузі використання і вимоги до сировини

У хімічній промисловості сірчана кислота використовується для виробництва фосфорної, соляної та інших кислот; у сільському господарстві – фосфорних добрив (для одержання 1 т суперфосфату потрібно близько 400 кг сірчаної кислоти); у нафтовій промисловості вона

служує для очищення керосину та нафтових масел, у металургії – для травлення металів. Значна кількість сірчаної кислоти використовується для видобутку уранових руд, виробництва мила й миючих засобів, фарб і пігментів.

Виробництво штучного волокна (віскози) в хімічній промисловості є другим споживачем сірки (видобуток  $CS_2$ ). У паперовому виробництві сірку у вигляді  $SO_2$  використовують при обробці деревної маси (бісульфатний метод). Багато сірки використовується при вулканізації гуми. Залежно від її кількості можна дістати каучук від зовсім м'якого до твердого (ебоніт). Сірку використовують у хіміко-фармацевтичній промисловості для виготовлення сульфепрепаратів і мазей, а також для виробництва ультрамарину. Текстильна, харчова, крохмальна й патокова галузі промисловості застосовують сірку або її сполуки для вибілювання та прояснення, при консервації фруктів, у холодильній справі, крім того, сірку застосовують для виробництва сірників, у піротехніці, скляній і шкіряній промисловості.

У сільському господарстві сірку застосовують як засіб боротьби зі шкідниками, для дезинфекції при лікуванні тварин і для виробництва добрив. Сірка – один з елементів, необхідних для життєдіяльності рослин. При достатньому сірчаному живленні підвищується стійкість рослин до низьких температур, засухи, засолення ґрунтів, до хвороб, збільшується врожайність і якість культур. Як сірковмісні добрива використовують гіпс і елементарну сірку, деколи – у фосфорно-туковій промисловості – фосфогіпс. Інколи джерелом сірки для рослин служать сульфатні форми добрив.

Новими галузями використання сірки є виробництво сірчаних асфальтів, бетонів, кераміки, пінистої сірки, сірчаних покриттів. Видобування й використання сірки – один з дуже важливих показників відносного рівня розвитку промисловості.

Залежно від галузей використання промисловістю висуваються різні вимоги до її чистоти й наявності в ній сторонніх домішок. Відповідно до цього сірку поділяють на 3 ґатунок (табл. 16).

**Таблиця 16**

**Характеристика елементарної сірки**

Показники	Ґатунок		
	Вищий	I	II
Вміст сірки не менше	99,9	99,5	98,6
Вміст домішок не більше	0,05	0,2	0,5
Органічної речовини	0,06	0,3	0,8
Вуглецю	0,048	0,24	0,64
Миш'яку	0,0005	0,0005	0,003
Вологи	0,2	2,0	2,0
Кислотність у перерахунку на $Na_2SO_4$	0,005	0,005	0,01

Гатунок сірки відповідає масовій частці в продукті (наприклад, у ґатунку 9995 масова частка сірки становить не менше 99,95 %). Стандартами передбачені такі сорти природної сірки – 9995, 9990, 9950, 9920; газової сірки: 9998, 9985, 9900 (табл. 17).

**Таблиця 17**

ґатунок	Масова частка (у %), не більше					
	Зола	As	Fe	Mn	Cu	Se
Природна сірка						
9995	0,03	-	0,02	0,001	0,001	0
9990	0,05	0	0,02	0,001	0,001	0
9950	0,2	0	0,02	0,001	0,001	0
9920	0,4	0,003	-	-	-	0,04
Газова сірка						
9998	0,02	0,02	-	-	-	-
9985	0,1	0,1	0,01	-	-	-
9900	0,4	0,4	0,05	-	-	-

Товарна сірка випускається шести видів: грудкувата, гранульована, молота, лускувата, лита й рідка.

Рудами для одержання сірки можуть бути будь-які сірчані породи із вмістом самородної сірки не менше 5–8 %. За вмістом сірки руди поділяють на багаті (більше 25 %), середні (10–25 %) і бідні (5–10 %). За мінеральним складом і літологічними особливостями виділяють декілька типів руд, серед яких найбільш розповсюджені вапнякові (кальцитові), кальцит-доломітові, мергелісті, глинисті руди, рідше зустрічаються кременисто-піщанисті й так звані опалітові руди та сірчані кварцити.

Шкідливими домішками в самородній сірці є гіпс, бітуми, миш'як, селен. Сірка, що йде на виробництво сірчаної кислоти, має містити не більше 5 % домішок, у тому числі не більше 1 % органічних речовин. Особливо жорсткі вимоги ставляться до сірки, яка йде на виготовлення віскози (шкідливими є бітуми й миш'як), целюлози ( $Se < 0,05$  %), гуми (миш'як і бітуми), фармацевтичних препаратів, пороху (недопустимий пісок).

Родовища самородної сірки експлуатуються кар'єрами або шляхом підземної виплавки за методом Фреша. Шахтній розробці руд перешкоджає легке займання сірки, виділення з руд отруйних сірчаних газів і вибуховість тонкодисперсного сірчаного пилу. Фреш-методи основані на подачі через пробурені свердловини в рудне тіло перегрітої води (165°C), яка розплавляє сірку на місці залягання. Потім рідка сірка за допомогою стисненого повітря видавлюється на поверхню.

Основними вимогами до родовищ, що експлуатуються цим методом є: водопроникність сірковмісних порід, непроникність порід, що пере-кривають і підстилають, вміст сірки більше 10 %, видобування сірки не менше 40%.

Багаті руди (> 25 % сірки) йдуть прямо на переробку, а бідні збага-чуються за допомогою флотації. Сірка виплавляється в автоклавах перегрітою парою з одержанням "грудкуватої" сірки. Ціна технічної сірки – від 60 до 240 дол. за тону (у середньому – 120 дол. за 1 т).

### Економічні відомості

Світові ресурси самородної сірки оцінюються в 1,8 млрд т: Ірак – 500 млн т, Польща – 300, Україна – 240, США – 230, Мексика – 125, Чилі – 110; загальні запаси – 1,1 млрд т, підтверджені – 750 млн т. Ре-сурси сірки в евапоритових і вулканічних відкладах, природних га-зах, нафті, бітумінозних пісках і сульфідах металів оцінюються в 5 млрд т, у вугіллі, нафтоносних і збагачених органікою сланцях – в 600 млрд т, а в гіпсах і ангідритах – практично безмежні. Світове вироб-ництво сірки сягає біля 66 млн т на рік (табл. 18). Головні експортери – Канада, Росія, Саудівська Аравія, Польща, Німеччина, Японія; імпо-ртери – Марокко, Китай, Індія, Туніс, Бразилія, США. У 2005 р. світові ціни на сірку коливались від 53 до 74 \$/т [57].

**Таблиця 18**

#### Видобуток сірки, тис. т [59]

Країна	2005	2006	Країна	2005	2006
Австралія	1010	1000	ОАЕ	1950	2000
Венесуела	800	800	ПАР	793	650
Індія	1130	1200	Південна Корея	1690	1700
Іран	1460	1500	Польща	1220	800
Іспанія	616	600	Росія	6950	7000
Італія	685	680	Саудівська Аравія	2300	2300
Казахстан	2030	2500	США	9460	9240
Канада	8973	9000	Узбекистан	520	500
Китай	7710	7800	Фінляндія	720	750
Кувейт	700	700	Франція	945	930
Мексика	1717	1600	Чилі	1660	1700
Нідерланди	535	550	Японія	3260	3300
Німеччина	2520	2500	Інші країни	4660	4800
<b>Всього</b>				<b>66000</b>	<b>66000</b>

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Родовища сірки формуються в різних умовах, пов'язані з різними геологічними процесами, зокрема, магматичними і гідротермальними – для сульфідних родовищ, осадовими – для сульфатних покладів тощо.

Що стосується самородної сірки, виділяють дві групи родовищ: 1) вулканогенні в областях молоді та сучасної вулканічної діяльності (ексгаляційні, гідротермальні, вулканогенно-осадові), 2) екзогенні, переважно пов'язані з породами лагунного та лагунно-морського походження (сингенетичні, епігенетичні).

Серед **вулканогенних родовищ** провідне значення мають **ексгаляційні**, що виникають при дії фумарол і сольфатар. Сірка виноситься з вулканічного осередку в пароподібному стані у вигляді сірчаного газу й сірководню та випадає як шляхом безпосередньої конденсації на відносно холодних стінках тріщин серед туфів і лав, так і при реакціях між сірководнем і сірчанним газом та за рахунок неповного окиснення сірководню при виході його на поверхню й зіткненні з повітрям. За розмірами поклади цього типу невеликі, але численні, розташовані групами, руди характеризуються високою якістю. Родовища відносяться до сублімаційної ексгаляційної формації самородної сірки (родовища о. Кунашир, Парамушир та ін.).

З ексгаляційними родовищами тісно пов'язані **гідротермальні**, що утворилися в результаті діяльності гарячих сірчаноокислих вод, які обумовили інтенсивну переробку гірських порід (каолінізація, опалізація, алунітизація), що супроводжується утворенням сульфідів заліза. Сірка утворюється метасоматичним шляхом при вивітрюванні андезитів та туфів і хімічній взаємодії між  $H_2S$  і  $SO_2$  з утворенням гелю кремнезему. Рудовмісні породи (андезити, туфи, туфобрекчії) під дією сірчаноокислих вулканічних розчинів перетворюються на вторинні кварцити, складені кварцом, опалом, сіркою, алунітом, каоліном.

На родовищах відмічається вертикальна зональність, яка проявляється у зміні фацій вторинних кварцитів від монокварцової (опалової) в верхніх частинах розрізу до сірчано-алунітово-каолінової – в нижніх; в плані монокварцити (опаліти) центральних зон змінюються сірчано-алунітовими кварцитами, далі – каоліновими кварцитами, серицитовими кварцитами і пропілітами зовнішніх зон. Наявність зональності обумовлена зміною кислотності розчинів: від ультракислих (рН – 1–3) у зонах розломів і на малих глибинах до слабокислих і нейтральних на віддаленні від каналів і на глибині (родовище Заозерне на о. Парамушир, Маууо в Японії).

**Вулканогенно-осадові** родовища утворюються на дні киплячих кратерних озер, де по тріщинах виходять гарячі джерела і сірчані гази. Поклади мають пластовидісну форму. Руди складаються із сірки,

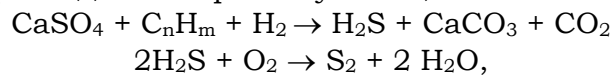
опалу, чорного залізного колчедану (марказиту), приклади родовищ: Ікспано в Гватемалі, Гелаго в Індонезії, Кипляче на о. Кунашир.

На схилах і біля підніжжя вулканів зустрічаються потоки сірки, які заповнюють невеликі улоговини. Утворення їх пов'язано з переплавленням сірки із сірчаних руд при активізації вулканічної діяльності (формація сірчаних потоків), наприклад, родовище Сиретано в Японії.

Вулканогенні родовища самородної сірки приурочені до Тихоокеанського вулканічного поясу довжиною більше 30 тис. км, де тяжіють до внутрішніх вулканічних дуг, яким властивий андезитовий склад вулканітів. Андезитові лави та пов'язані з ними газу найбільше збагачені сіркою порівняно з продуктами іншого складу.

**Екзогенні родовища** мають найбільший практичний інтерес, оскільки містять 90 % усіх розвіданих запасів і дають біля 95 % видобутої у світі самородної сірки. Згідно з класифікацією Н.П.Юшкіна екзогенні родовища самородної сірки поділяються на сингенетичні (осадово-біохімічні) та епігенетичні (інфільтраційно-біохімічні).

**Сингенетичні родовища** виникають в озерах, лагунах і моренних басейнах, де йшло осадження сульфатних солей лужноземельних і лужних елементів, переважно гіпсу й ангідриту. У багатій органічній речовині придонній частині басейнів розвиваються анаеробні бактерії, які викликають відновлення (редукцію) сульфатів з одночасним утворенням сірководню й карбонату кальцію:



де  $\text{C}_n\text{H}_m$  – вуглеводні сполуки.

Карбонат кальцію осідає на дно, а сірководень, піднімається догори, де в зоні вільного кисню окиснюється до самородної сірки, яка випадає на дно разом з карбонатами та іншими осадовими утвореннями. Родовища, що виникли таким шляхом, складені карбонатними та гіпсовими породами, мають пластову або пластоподібну форму та розповсюджені на значних територіях. Вони приурочені до позитивних тектонічних форм (антиклінальних складок, куполоподібних підняттях) на межі між платформами і крайовими прогинами. Прикладами типових сингенетичних утворень є родовища самородної сірки Прикарпаття (гіпсоангідритова формація самородної сірки).

**Епігенетичні родовища** виникають біохімічним шляхом у різних за складом тріщинуватих і пористих породах, які насичені підземними сульфатними водами й містять органічну речовину нафтового типу. Тільки за наявності органічної речовини можлива життєдіяльність сульфатредукуючих бактерій. Джерелом сульфатів є гіпсо-ангідритові породи, через які циркулюють води. Внаслідок сульфатредукції вони збагачуються сірководнем, вуглекислотою та розчиненим бікарбона-



том кальцію. Окиснення сірководню до самородної сірки відбувається в зонах змішування глибинних сірководневих і поверхневих вод, а також на виходах сірководневих вод на поверхню. Сірка таких родовищ утворює прожилкові, штокоподібні й неправильної форми тіла. Родовища, як правило, тяжіють до нафтогазоносних районів, у зв'язку з цим сірка асоціює з вуглеводневими сполуками – озокеритом, асфальтовими бітумами, важкою високосірчаною нафтою та скупчень горючих газів, що знаходяться під великим тиском. Характерними родовищами такого типу є Шорщ в Узбекистані, Гаурдак у Туркменістані, Трускавецьке в Україні (гідрогенна сірчано-поліметалічна формація самородної сірки).

Особливий підтип утворюють епігенетичні родовища, приурочені до порід покрівлі або "шляпи" **соляних куполів**. Соляні штоки складені галітом (90–95 %) та ангідритом (5–10 %). Безпосередньо над ними залягають породи кепроку. Як правило, кепрок складається з трьох зон: нижньої ангідритової, проміжної гіпсової та верхньої кальцитової. У сірчаних кепроках основна маса сірки приурочена до кальцитової, рідше до гіпсової зони, де вона виповнює тріщини й каверни у вмісній карбонатній породі. В ангідритовій зоні та в соляному штоку сірка відсутня. Часто в розрізі порід кепроку, особливо в карбонатній зоні, локалізуються промислові поклади нафти, вугілля, горючих сланців. Схема формування: редукція гіпсоангідритового кепроку сульфатредукуючими бактеріями в присутності органічної речовини (нафта, вугілля) з утворенням сірководню та кальциту, окиснення сірководню до сірки та накопичення її в карбонатному кепроку. Сульфатні породи слугували основним джерелом сірки в рудах і одночасно середовищем для її локалізації.

Найважливішим промисловим типом родовищ самородної сірки є інфільтраційно-метасоматичний (Росія, Україна, США, Мексика, Ірак, Польща); вулканогенні гідротермальні-метасоматичні (Росія) і вулканогенно-осадові (Росія, Японія, Індонезія, Гватемала) родовища відіграють незначну роль.

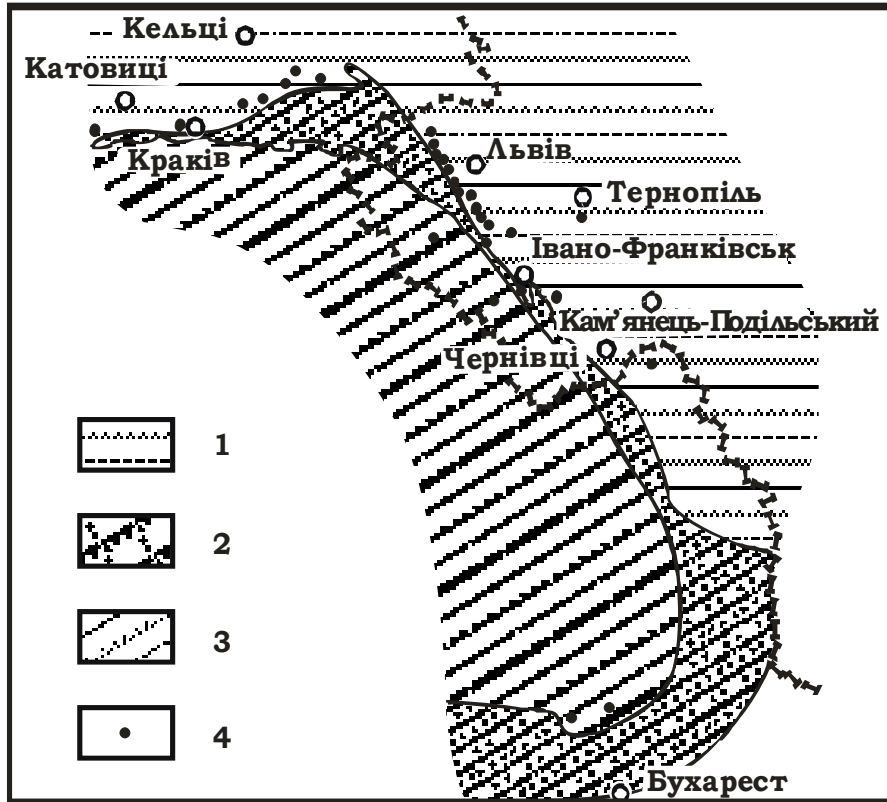
## Родовища України

За розвіданими запасами самородної сірки Україна посідає одне з перших місць у світі. Державним балансом запасів враховується десять родовищ із загальними запасами 196 млн т, підтвердженими (A+B+C<sub>1</sub>) – 128,3 млн т, C<sub>2</sub> – 2,3. До недавнього часу розроблялись три родовища Передкарпатського сірконосного басейну (Подорожнянське, Язівське, Немирівське), сім родовищ (Загайпільське, Гримнівське, Шевченківське, Любенське, Тейсарівське, Глумацьке, Жуківське) зна-

ходяться у резерві. Розробка Подорожнянського родовища припинена в 1997 р., Немирівського – призупинена, розроблюється лише Язівське родовище, видобуток сірки знизився з 1,8 млн т (1991 р.) до 79 тис. т (2003 р.) [9, 36, 46, 49, 50, 55]. Сірка в нафтових родовищах зустрічається в Сумській (1 родовище) та Львівській (1 родовище) областях. Загальні запаси за промисловими категоріями становлять 430 тис. т у Сумській і 47 тис. т у Львівській області.

**Передкарпатський сірконосний басейн** простежується у вигляді вузької смуги на території Львівської та Івано-Франківської областей та Польщі (рис. 13), вздовж південно-західного краю Руської платформи та стикування її з Передкарпатським передовим прогином. Родовища басейну належать до інфільтраційно-метасоматичного типу в глинисто-карбонатно-сульфатних формаціях. Вони приурочені до порід тортонського і сарматського ярусів потужністю від 10 до 400 м. Відклади неогену залягають на розмитій поверхні крейди і перекриваються малопотужним чохлам четвертинних порід. Промислові родовища самородної сірки пов'язані з шарами ратинського вапняку (рис. 14). Сірка залягає у вигляді тонкорозсіяних криптокристалічних відокремлень у пелітоморфному вапняку, зустрічаються ніздрюваті, оолітоподібні, оолітоїдно-смугасті, масивні, зливні і крупнокристалічні руди. Сумарна потужність продуктивних товщ змінюється від 2 до 30 м, вміст сірки досягає 91,4 %. Виділяються два типи руд: вапнякові і глинясто-вапнякові.

Найбільшими родовищами басейну є **Роздольське** (рис. 15) та **Язівське** (рис. 16). Продуктивною товщею є лагунні сульфатно-карбонатні відклади тираської (гіпсоангідритової) світи, яка поділяється на горизонти підгіпсових вапняків (0,1–30 м). До них приурочені промислові скупчення сірки, зазвичай на тих ділянках, де потужність вапняків перевищує 3–5 м. Максимальна насиченість сіркою спостерігається в нижній частині горизонту, у напрямку покрівлі вміст сірки зменшується. Зменшується він також зі збільшенням вмісту у вапняках теригенного матеріалу. За літологічним складом вапняки неоднорідні, містять домішки теригенного матеріалу. Вапняки пористі, кавернозні, місцями тріщинуваті й закарстовані. Тріщини заповнені крупнозернистим вторинним кальцитом і сіркою, рідше цестинном і баритом.



**Рис. 13. Схема розміщення родовищ сірки в Прикарпатті (за І.Алексєєнком)**

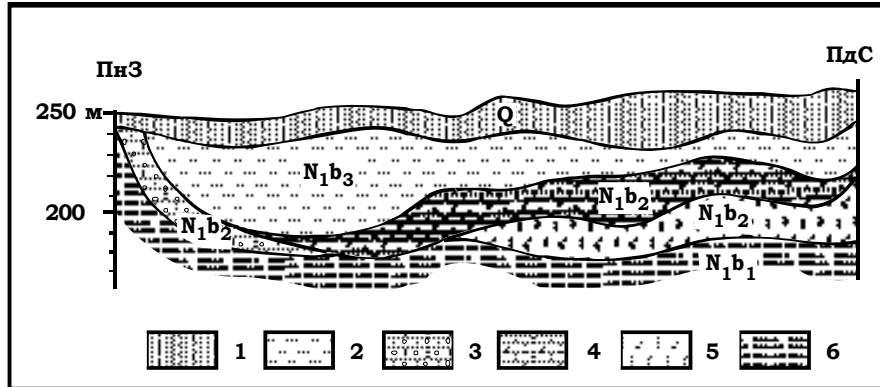
1 – Східноєвропейська платформа; 2 – Передкарпатський прогин; 3 – Закарпатський внутрішній прогин; 4 – родовища сірки

Сірка в ратинських вапняках представлена трьома різновидами: 1) тонковкраплена, розсіяна з розміром зерен 0,01–0,25 мм, яка утворює дуже тонке взаємне проростання з пелітоморфним кальцитом, сірувато-жовтого та жовто-зеленого кольору; 2) прихованокристалічна віскоподібна жовто-коричневого кольору, що утворює у вапняках різні гнізда та включення; 3) крупнокристалічна світло-жовтого кольору, що утворює добре ограновані кристали розміром до 5–7 мм і асоціюється з крупнозернистим вторинним кальцитом. Перші дві різновидності сірки належать до первинної генерації, крупнокристалічна – перевідкладена, утворилася за рахунок перекристалізації первинної.

СИСТЕМА	НЕОГЕНОВА		СВІТА	БЕРСТВИ	ЛІТОЛО- ГІЧНА КОЛОНКА	ПОГУЖНІСТЬ м	ЛІТОЛОГІЧНИЙ СКЛАД
ЯРУС	САРМАТСЬКИЙ	САРМАТСЬКИЙ	САРМАТСЬКИЙ				
ПІД'ЯРУС	Верхньо- обаденський	Нижньо- сарматський	Нижньо- сарматський				
	Верхньо- обаденський	Верхньо- обаденський	Косівська				
	Середньо- баденський	Середньо- баденський	Тираська				
	Нижньо- баденський	Нижньо- баденський					
	Карпатський	Карпатський					
КРЕЙ- ДОВА							
				<i>Волинські</i>		0-1000	<i>Глини алевроитови з прошарками пісків и пісковіків</i>
				<i>Буглівські</i>		10-150	
						50-200	<i>Глини алевроитови з прошарками пісковіків и туфітів, вапняки</i>
						60-200	
				<i>Ратинські</i>		0-30	<i>Вапняки із сіркою</i>
				<i>Хрещатинські</i>		0-40	<i>Гіпси та ангідриди</i>
				<i>Хотинські</i>		0-15	<i>Вапняки, целестино-карбонатні породи</i>
						0-2	
						0-70	<i>Піщано-глинисті відклади з туфітами, вапняки</i>
							
							<i>Вапняки, мергели й пісковіки</i>

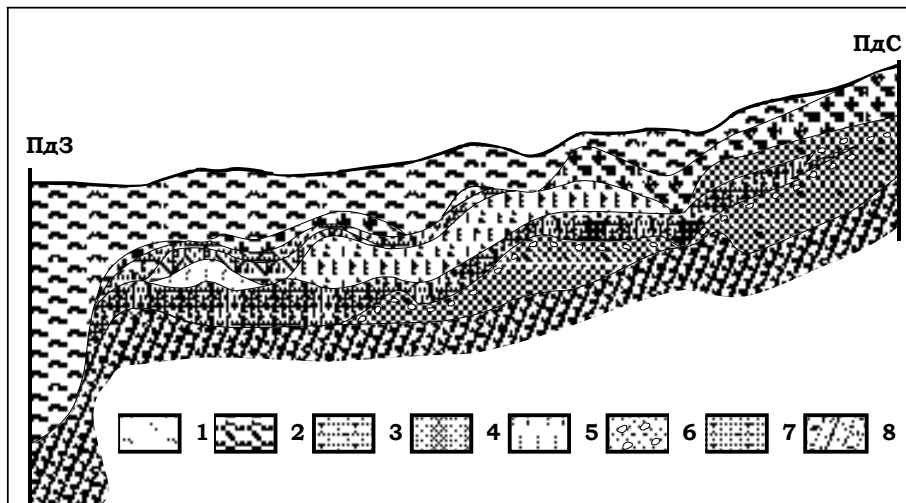
Рис. 14. Стратиграфічне положення ратинського горизонту

Формування ратинських вапняків і пов'язаної з ними тонковкрапленої та прихованокристалічної сірки відбувалося в лагунних басейнах верхнього тортону в умовах їх опріснення при трансгресії моря. Принесення з відкритого моря великої кількості живого планктону та його



**Рис. 15. Родовище Роздольське (схематичний геологічний розріз)**

1 – четвертинні глини, піски й суглинки; 2 – мергелі, вапнисті глини й пісковики; 3 – вапняки літотамнієві; 4 – вапняки із сіркою; 5 – гіпси й ангідрити; 6 – піски й пісковики



**Рис. 16. Родовище Язівське (геологічний розріз за І.Алексєєнко, 1967)**

1–2 – нижньосарматський під'ярус: глини вапнисті (1), пісковики кварцові (2); 3–5 – середньо-верхньобаденський під'ярус, дністровські верстви: вапняки (3), вапняки із сіркою (4), гіпси та ангідрити (5); 6–8 – нижньобаденський під'ярус: вапняки літотамнієві (6), піски та пісковики (7); 8 – крейдова система, верхній відділ, пісковики алевритові

відмирання при підвищеній солоності в лагунах забезпечували інтенсивний розвиток анаеробних бактерій, які обумовили розкладання розчиненого у водах сульфату кальцію з одночасним виділенням сірководню й випаданням  $\text{CaCO}_3$ . У верхніх частинах лагун, де води містили розчинений кисень, сірководень окиснювався до сірки. Разом з  $\text{CaCO}_3$  на дні лагуни накопичувалася тонковкралена розсіяна сірка. У процесі діа-

генезу сірка частково перерозподілялася з утворенням гнізд і включень, складених прихованокристалічними різновидами. Тонкорозсіяна і прихованокристалічна сірка є сингенетичними утворенням. Крупнокристалічна сірка є епігенетичною, виникла шляхом перекристалізації сингенетичної, з її очищенням від домішок.

**Трускавецьке родовище** складено карбонатно-піщано-глинистими породами нижньоворотиченської світи міоцену, які утворюють антиклінальну структуру. Сірчано-поліметалічне зруденіння чітко стратифіковане й приурочено до пачки брекчєподобних грубозернистих філітових пісковиків і сірих глин. Особливістю пачки є підвищена карбонатність (до 50 %), наявність органічного вуглецю (1–2 %) і прошарків сірих вапняків. Мінералізований горизонт приурочений до верхніх частин нижньоворотиченської світи, які характеризуються регіональним опрісненням. Нижче "рудного" горизонту залягає товща, складена одноманітними сірими вапняками, глинистими сланцями з прошарками гіпсу та гніздоподібними скупченнями кам'яної солі. Зверху залягають засолени глини верхньоворотиченської світи з промисловими скупченнями калійної та кам'яної солі. Породини сильно брекчійовані, до піщано-глинисто-соляних брекчій.

Потужність зони зруденіння від 100–150 м у центральній частині до 20–30 м на флангах родовища. Мінеральний склад порід різноманітний: самородна сірка, брункїт (прихованокристалічний сульфід цинку), галенїт, марказит, гіпс, кальцит, ангідрит, доломїт, целестин, озокерит. Родовище унікальне як за своїми мінеральними асоціаціями, так і за умовами утворення, що обумовлює велику кількість поглядів щодо його генезису (магматичний, гідротермальний, осадовий, екзогенний). Зараз більшість дослідників відносить його до інфільтраційних, що утворилися в результаті процесів розсолного рудогенезу.

Процес формування родовища починається з моменту проникнення термальних розсолів у гіпсокарбонатну товщу з циркулюючими по ній холодними сульфатними інфільтраційними водами, завдяки чому утворювався окисно-відновний бар'єр, що обумовив рудовідкладення. Його виникнення було забезпечено присутністю галогенних порід гіпсо-ангідритового складу, наявністю термальних розсолів із сірководнем, що є контурними водами нафтових покладів, агресивними відносно сульфатів. У зоні циркуляції інфільтраційних сульфатних вод із розсолів випадали кальцій, барит, целестин, сульфїди. Разом з ними відбувалося осадження сірки протягом двох стадій: відновної та окисної. У першу стадію сірка утворювалася за рахунок відновлення сульфат-іона за схемою  $SO_4^{2-} + C_{орг.} = S_{тв.} + CO_2$  одночасно із сульфїдами; у другу – за рахунок окиснення сірководню під час розкриття структури при вільному доступі кисню за схемою  $H_2S + O_2 \rightarrow S_{тв.} + H_2O$ . Цей

механізм підтверджується ізотопно-геохімічними дослідженнями – сірка, що утворилася в результаті відновлення сульфат-іона, збагачена важким ізотопом ( $\delta^{34}\text{S} = +5,1 \div +14,5 \%$ ), а у сірці, утвореної в результаті окиснення сірководню, переважає легкий ізотоп. При прориві нафти в мінералізаційні тріщини та каверни по тектонічних порушеннях відбувається її охолодження завдяки різкому адіабатичному збільшенню об'єму і дегазації, що приводить до утворення озокериту.

Прояви самородної сірки відомі також в ДДЗ (Єфремівська, Олексіївська, Петрівська, Берецька, Широківська, Біляєвська, Краснопавлівська, Новодмитрівська солянокупольні структури, де сірка утворює одиничні зерна, вкрапленість, прожилки в кам'яній солі, глинясто-карбонатних і сульфатних породах на глибині від 146 до 1175 м). На Корульському куполі самородна сірка встановлена між буровугільними шарами палеогену Новодмитрівського компенсаційного грабена.

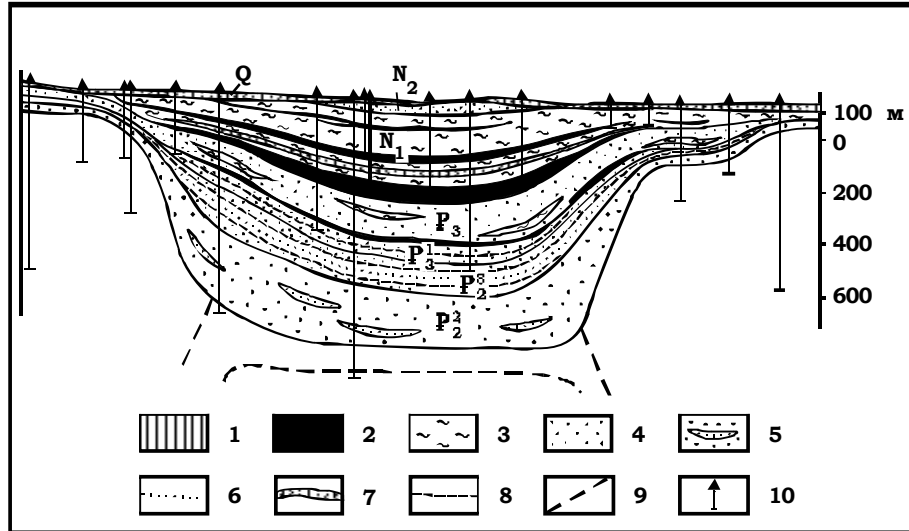
**Новодмитрівське родовище** розташовано в південно-східній частині ДДЗ, в зоні куполоподібної складчастості. Самородна сірка пов'язана з відкладами берекської світи хемогенної товщі сульфатно-карбонатних порід, які залягають в 2,5–3 м вище основного буровугільного пласта. Товща представлена гіпсами, гіпс-карбонатними та карбонат-гіпсовими породами, доломітами, вапняками (рис. 17).

Сірчані руди залягають у верхній частині хемогенної товщі, часто під верхнім пластом вапняку. Форма покладів лінзоподібна, установлені дві лінзи потужністю 2–6 м. Площа розповсюдження хемогенних порід із самородною сіркою – 2 км<sup>2</sup>. Хемогенні породи перекриваються сапропелевими діатомітами, а підстилаються темно-сірими піритизованими гідрослюдистими глинами, які залягають безпосередньо в покрівлі вугільного пласта, форму якого повторює товща.

Самородна сірка присутня в основному у верхній частині товщі – у доломітах і гіпсово-карбонатних породах, де зустрічаються псевдоморфози кальциту по гіпсу. Вміст сірки – 0,1–34 %. Вона зустрічається також у гіпсах, мергелях, вапняках, глинах, сапропелітах, діатомітах (0,42–10,26 %). У незначних кількостях (0,4–0,8 %) сірка зустрічається в глинистих і загіпсованих породах у вигляді поодиноких вкраплень у глинистому матеріалі в інтерстиціях між зернами гіпсу. Форма виділення сірки – гніздово-вкраплена. Вкраплення сірки розміром 0,5–5 мм розподілені рівномірно.

Виділяють дві різновидності сірки: світло-жовту мікрозернисту або пелітоморфну, непрозору, яка утворює дрібні й великі (0,5–4,0 мм) гнізда і жовна ізометричної форми з неясними контурами; медово-жовту, жовто-помаранчову крупнокристалічну прозору, яка зустрічається у вигляді примазок у тріщинах і заповнює гнізда й каверни. Мінеральний склад руд: доломіт, сірка, гіпс, кальцит, кварц, глини-

сті мінерали, пірит, у незначних кількостях присутні галіт і фосфорит. Родовище є перспективним і потребує подальшого вивчення.



**Рис. 17. Родовище Новодмитрівське (схематичний геологічний розріз за даними Слов'янської ГРП)**

1 – ґрунт, суглинки; 2 – вугілля та горючі сланці; 3 – глини; 4 – піски; 5 – піски кварцові з лінзами пісковиків; 6 – пісковики; 7 – сірконосні відклади; 8 – алевроліти; 9 – тектонічні порушення; 10 – свердловини

Рудопрояви сірки відомі також на **Керченському півострові**, де вони пов'язані з гіпсово-вапняковими й глинистими породами караганського горизонту. Наявність вуглеводів і сульфатних порід в розрізі сприяє сульфат-редукції та нагромадженню сірководню. У місцях обміну між сірководневими глибинними й кисневмісними ґрунтовими водами могли утворюватися промислові родовища самородної сірки.

Державним балансом враховуються також незначні запаси сірки (397 тис. т) в двох нафтових родовищах – Коханівському (Львівська обл.) (31 тис. т) і Бугреватівському (Сумська обл.) (366 тис. т). Вміст сірки в нафті 1,1–3,8%. Починаючи з 1995 р. сірка на Коханівському родовищі не виробляється. Видобуток сірки на Бугреватівському родовищі в останні роки складав близько 6 тис. т.



# ФОСФАТНА СИРОВИНА

## Загальні відомості

Фосфор і його сполуки відіграють велику роль у народному господарстві, широко використовуються для виробництва мінеральних добрив, у хімічній та інших галузях промисловості. У природі фосфор зустрічається у вигляді фосфатів, тобто різноманітних солей фосфорних кислот. Вміст фосфору в земній корі – 0,10–0,12 %. Джерелом фосфору є два види фосфатів – апатит і фосфорити.

Апатит – це фосфат калію  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3 \cdot (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ , розрізняють три різновиди апатиту: фторапатит –  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$ , хлорапатит –  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$ , гідроксилапатит (остеоліт, кістковий камінь, гідроапатит) –  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{OH}$ . Гідроксилапатит, в якому частина фосфору заміщена вуглецем, називається карбонатапатитом (далітом, подолітом, франколітом, штафелітом). Зазвичай апатит зустрічається у вигляді кристалічних агрегатів і окремих призматичних чи голчастих кристалів, рідше спостерігаються короткостовпчастого й таблитчастого кристали. В осадових породах розвинені кулеподібні шкаралупчасті агрегати з радіально-волокнистою будовою, а також тонкозернисті або суцільні конкреції та жовна, які називають фосфатними. Вони складаються з дрібних або колоїдних частин фосфату кальцію з різними домішками.

Апатит утворюється у магматичних процесах, входить до складу вивержених порід як акцесорний мінерал. Середній вміст апатиту у гранітах – 0,57 %, габро – 1,0 %, перидотитах – 0,07 %, лужних породах – 1,5–2,5 %. Лише за певних фізико-хімічних умов при кристалізації лужної магми могли утворюватися великі нагромадження цього цінного мінералу. У лужних породах апатит супроводжується нефеліном, лужним піроксеном, роговою обманкою, перовськітом та іншими мінералами. Відомі також родовища апатиту, пов'язані з магнетитовими покладами в кислих породах (г. Висока на Уралі, Кірунавара у Швеції), з магнетитом і сульфідами в основних породах (Волковське на Уралі), а також гідротермальні родовища апатиту.

Фосфоритами називають осадові гірські породи, збагачені фосфатною речовиною (мінералами групи апатиту), які містять понад 5 %  $\text{P}_2\text{O}_5$  (більше 12–15 % фосфорних мінералів); фосфоритизованими породами – такі, що вміщують 1–5 %  $\text{P}_2\text{O}_5$  (2–12 % фосфатних мінералів). За вмістом  $\text{P}_2\text{O}_5$  серед фосфоритів розрізняють багаті – понад 24 %, середньої якості – 18–24 % і бідні – менше 18 %. За умовами залягання та петрографічними особливостями виділяють жовнові, пластові, зернисті, метаморфізовані фосфорити, фосфоритовий черепашник.

**Жовнові фосфорити** є конкреційними утвореннями, складеними уламками зерен кварцу, глауконіту, кальциту, халцедону та інших мінералів, зцементованих мікрокристалічним або аморфним фосфатом. Залежно від кількості уламкового матеріалу та вмісту  $P_2O_5$ , серед жовнових фосфоритів розрізняють піскуваті (12–18 %  $P_2O_5$ ), глауконітові (18–24 %  $P_2O_5$ ) та глинисті (24–29 %  $P_2O_5$ ). Залягають вони серед осадових порід різного віку. Іноді окремі жовна настільки щільно прилягають одне до одного, що утворюють фосфоритові плити (Синичино-Яремівське родовище на Харківщині). До цього типу належать також кулясті ("подільські") фосфорити з характерною радіально-волокнутою будовою і великим вмістом  $P_2O_5$  (36–38 %).

**Пластові фосфорити** – масивні мікрозернисті породи темно-сірого, бурого та чорного кольору, складені дрібними фосфатними зернами або оолітами, зцементованими фосфатним, рідше халцедоновим або карбонатним цементом. Вміст  $P_2O_5$  у них – 26–29 % і більше (родовище хребта Кара-Тау в Казахстані).

**Зернисті фосфорити** (фосфоритові пісковики) складені дрібними зернами фосфатів, зцементованих кременевим або карбонатним матеріалом. Вміст  $P_2O_5$  у них здебільшого невеликий – від 7 до 16% (Жванське родовище у Вінницькій області).

**Фосфоритовий черепашник** – це пісок або слабозцементований пісковик, складений дрібними уламками фосфатизованих черепашок *Obolus* або *Lingula*. Вміст  $P_2O_5$  у руді не перевищує 5–12 % (родовища Ленінградської області в Росії, в Естонії).

**Метаморфізовані фосфати** – осадові метаморфізовані фосфорит-вмісні породи (Кара-Тау, Казахстан).

Найбільші родовища світу складені пластовими фосфоритами, значно менше поширені жовнові й інші фосфорити. У результаті збагачення фосфоритів одержують концентрат, придатний для хімічної переробки на суперфосфат або молоття на фосфоритове борошно.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Апатити й фосфорити використовуються для виробництва фосфорних добрив, фосфору, фосфорної кислоти, фосфорнокислих солей, які застосовуються в хімічній, цукровій, харчовій промисловості, в медицині, фотографії та інших галузях народного господарства.

Фосфор позитивно впливає на якість урожаю – збільшується розмір зерна, кількість цукру в буряках, крохмалю в картоплі, прискорюється процес визрівання насіння, краще розвивається коренева система рослин. Рослини виносять частину фосфору з ґрунтів, що компенсуєть-

ся внесенням у ґрунт фосфорних мінеральних добрив, які одержують шляхом хімічної чи механічної переробки фосфорних мінеральних руд.

Найпростішим і найдешевшим видом фосфорних добрив є *фосфоритове борошно* – тонкий, сірий порошок, що не злежується. Отримують його шляхом тонкого молоття фосфоритів, у складі яких є аморфний фосфат. Фосфор у цьому добриві міститься у формі  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Розрізняють три гатунки фосфоритового борошна: вищий (флотаційний концентрат) – 25 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , перший – понад 22 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , другий – 19 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Ефективність використання фосфоритового борошна збільшується при застосуванні його разом з іншими мінеральними та органічними добривами, зокрема у вигляді компосту фосфоритового борошна з торфом або гноєм. Апатит непридатний для його виготовлення, оскільки він майже нерозчинний у ґрунтових водах і тому не засвоюється рослинами.

Ефективними скородіючими добривами є ті, які отримують шляхом термічної та хімічної переробки апатиту та фосфоритів – суперфосфат, подвійний суперфосфат, термофосфат, преципітат, амофос.

*Суперфосфат* – універсальне фосфатне добриво, яке вноситься майже під усі сільськогосподарські культури. Основною діючою речовиною є фосфор у формі монокальцію фосфату –  $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ . Виробництво його полягає в обробці апатитового концентрату й фосфоритів сірчаною кислотою. Апатитова руда або концентрат мають вміщувати не менше 32–33 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , а фосфорит – не менше 23–24 %. Шкідливими домішками є оксиди й карбонати, що викликають утворення нерозчинних фосфатних сполук. Крім звичайного й гранульованого суперфосфату, українські заводи випускають марганцевий суперфосфат, який містить разом із фосфором 1,6–2,0 % марганцю, який додається в добриво перед грануляцією у вигляді шламу.

Промисловість випускає також концентроване фосфатне добриво – подвійний суперфосфат, в якому фосфор міститься у вигляді вільної фосфорної кислоти. Вміст  $\text{P}_2\text{O}_5$  у подвійному суперфосфаті – 38–50 %.

*Фосфатшлак* – важкий темно-сірий дрібно розмелений порошок з розміром частинок 2 мм. Фосфор у цьому добриві міститься в сполуках з кальцієм та залізом у вигляді силікокарнотиту –  $\text{Ca}_5[\text{SiO}_4(\text{PO}_4)_2]$ . Кондиційний фосфатшлак містить 13,8–15,8 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , причому 8–12 % цитратрозчинного (реактив Петермена), який добре засвоюється рослинами. До складу фосфатшлаку, крім P, входять CaO (25–30 %), MgO (7–9 %), MnO (10 %), а також сполуки Fe, Si. В Україні фосфатшлак одержують при виробництві сталі з керченських руд, які містять підвищену кількість фосфору.

*Преципітат* – білий легкий порошок, який не злежується й добре розсіюється. Вміст  $\text{P}_2\text{O}_5$  у ньому залежить від якості фосфорної сировини.

При переробці фосфоритів вміст фосфору має бути не менше 27 %, а апатитового концентрату – не менше 31 %. Одержують це добриво осадженням фосфорної кислоти вапняним молоком або крейдою.

*Знефторений фосфат* – фосфатне добриво, яке одержують з апатиту шляхом його знефторення при нагріванні до 1400–1450°C у суміші з 2–3 % кварцового піску та обробки водяною парою. При цьому фосфор апатиту переходить у засвоєвані рослинами форми (трикальційфосфат і силікофосфат). Вміст цитратрозчинного фосфору у знефтореному фосфаті становить 28–32 %. В Україні знефторений фосфат виготовляють на Сумському суперфосфатному заводі.

Залежно від використання вимоги до апатиту й фосфоритів різні. Сира незбагачена апатитова руда із вмістом  $P_2O_5$  менше 33 % непридатна для виробництва суперфосфату, але її можна використовувати для виробництва термофосфатів, фосфору й фосфорної кислоти. Апатитові руди легко збагачуються флотацією з підвищенням вмісту  $P_2O_5$  у концентратах до 38–40 %. Одержані при збагаченні нефелінові хвости використовуються як сировина для виробництва алюмінію, зеленого скла, фосфору-фаянсу, ультрамарину. Паралельно з титаномагнетитових і егіринових хвостів видобувають титан і ванадій.

Вимоги до апатитових руд залежать від методу переробки (кислотного або термічного) та цільової продукції. Згідно зі стандартами вміст  $P_2O_5$  має бути не менше 39,4 %, а оксидів ( $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ) – не більше 3 %. Негативно впливають при кислотному розкладанні апатитових руд карбонати кальцію – доломіт і кальцит. Вміст  $CO_2$  у вихідній сировині не повинен перевищувати 6 %. Для виробництва термічних фосфатів використовують менш якісні руди із вмістом  $P_2O_5$  до 35 %, а вміст оксидів і карбонатів не має істотного значення. Наявність магнію навіть корисна при одержанні плавлених фосфатів. Шкідливою домішкою вважають лише кремнезем, відношення якого до  $P_2O_5$  не повинно перевищувати 0,8–0,9 %.

До легкозбагачуваних відносять апатит-силікатні руди (apatит-нефелінові, апатит-егіринові та інші), до важкозбагачуваних – суттєво карбонатні руди і руди кори вивітряння, переробка яких потребує використання трудомістких технологічних схем.

У фосфоритах найменшим кондиційним вмістом  $P_2O_5$  є 4–5 %, якщо вони легко збагачуються. При виготовленні фосфоритного борошна єдина вимога до фосфоритів – достатній вміст  $P_2O_5$ , причому перевага надається глинистим різновидам, оскільки глауконітові й піщані різновиди, насичені кремнеземом, ускладнюють процес подрібнення. Вимоги промисловості до фосфоритових руд і концентратів визначаються способом переробки на товарні продукти. При простому молотті фосфоритових руд на фосфоритне борошно лімітується

вміст  $P_2O_5$  (для III ґатунку не менше 19 %, II – 22–25 %, I – 25–30 %). Цим вимогам відповідають вторинні та деякі різновиди жовтових фосфоритів. Для переробки електротермічним методом з одержанням жовтого фосфору в концентратах, крім  $P_2O_5$ , лімітується вміст  $Fe_2O_3$  (не більше 3,0–3,5 %), розміри шматків, вологість.

При переробці методом кислотного розкладу вміст  $P_2O_5$  встановлюється в межах 24,5–28,0 %. До нешкідливих домішок відносять  $CO_2$  (не більше 5–8 %),  $Mg$  (не більше 2,2–3,5 %), а також  $Al_2O_3$  і  $Fe_2O_3$ .

Мінімальний вміст  $P_2O_5$  в мікрозернистих фосфоритах має бути 20–22 %, у жовтових – 5–8 %. Шкідливими компонентами жовтових руд є оксиди й сульфід заліза,  $MgO$  і карбонати.

Видобуток апатитових руд ведеться як підземним, так і відкритим способом, видобуток фосфоритів – переважно відкритим. Залежно від якості фосфоритів і продуктивності родовища (вихід кондиційного фосфору з 1 м<sup>3</sup> розкритих порід) експлуатуються верстви потужністю від 0,25 м і більше. Мінімальна продуктивність верств, що розробляються, – 200–250 кг/м<sup>2</sup>.

Первинне збагачення жовтових фосфоритів проводиться шляхом рудорозбирання, грохочення і промивки, якими відокремлюють пухку породу та дрібну фракцію, бідні на фосфорит. У концентраті залишаються жовна розміром 0,25–1 мм з високим вмістом  $P_2O_5$  – 15–25 %. Фосфоритовий черепашник збагачується шляхом промивки з одержанням концентрату із вмістом  $P_2O_5$  25 %. Більш високу концентрацію фосфату і зниження вмісту шкідливих домішок досягають вторинним збагаченням методом флоатації, електросепарації, флоотоґравітації.

## Економічні відомості

Світові ресурси апатиту і фосфоритів оцінюються в 50 млрд т  $P_2O_5$  (93 % – фосфорити, 7 % – апатит), загальні запаси – 18 млрд т, найбільші запаси сконцентровані в Китаї, Марокко, ПАР, США; світове виробництво фосфатної сировини оцінюється в 140–150 млн т; видобуток фосфатів здійснюють Китай, США, Марокко, Росія та ін. (табл. 19) Світове споживання фосфорних концентратів складає 140–150 млн т на рік, лідирують США (40–45 млн т), Китай (17–18), Марокко (10–11); Росія, Туніс, Бразилія, Індія (по 5–7 млн т). Основні експортери (млн т): Марокко – 10–11,5, Росія і Йорданія – по 3,5–4,5, Китай – 1,5–3,5; Ізраїль, Сирія, Єгипет, Алжир, ПАР, Туніс (по 1–1,5 млн т). Найбільші імпортери (2–3 млн т у рік) – Індія, Мексика, Іспанія, Нідерланди, США. Середня ціна фосфатних порід на ринках США складала (\$/т): 2002 – 27,47; 2003 – 27,01; 2004 – 27,79; 2005 – 27,34; 2006 – 27,78 [59].

Таблиця 19

## Видобуток, запаси, ресурси фосфатів [59]

Країна	Видобуток, тис. т		Запаси, млн т	Ресурси, млн т
	2005	2006		
Австралія	2050	2050	77	1200
Бразилія	6100	5500	260	370
Єгипет	2730	2740	100	760
Ізраїль	2900	3000	180	800
Йорданія	6230	6400	900	1700
Канада	1000	1000	25	200
Китай	30400	32000	6600	13000
Марокко	25200	25300	5700	21000
ПАР	2580	2600	1500	2500
Росія	11000	11000	200	1000
Сенегал	1520	1500	50	160
Сирія	3500	3600	100	800
США	36300	30700	1200	3400
Того	1220	1200	30	60
Туніс	8000	8400	100	600
Інші країни	6500	6700	890	2200
<b>Всього</b>	<b>147000</b>	<b>145000</b>	<b>18000</b>	<b>50000</b>

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

## Апатит

Видобуток фосфатної сировини здійснюється з родовищ фосфоритових і апатитових руд. Головні типи апатитових руд: нефелін-apatитовий; апатит-рідкіснометальний у карбонатитах; апатит-франколітовий у корах вивітрювання карбонатитів; апатит-титаномagnetитовий у габроїдах; потенційне джерело – фосфатно-зернисті породи. Виділяють три основних типи родовищ апатиту [13]:

- власне апатитові і комплексні (apatиту більше 50 %); попутно може видобуватися нефелін та інші компоненти (Хібінська група родовищ);
- комплексні, де апатит видобувається як супутній компонент, головні рудні мінерали – магнетит, ільменіт, титаномagnetит, пірохлор (Ковдорське, Новополтавське);
- залізорудні, титан-залізорудні, рідкіснометальні та інші рудні родовища, які містять апатит в незначних домішках ( $P_2O_5 < 5,0\%$ ).

За походженням родовища поділяються на магматичні, карбонатитові, пегматитові, контактово-метасоматичні, гідротермально-метасоматичні, метаморфізовані, метаморфічні, ультраметаморфічні, осадові, кір вивітрювання (табл. 20).

Таблиця 20

## Генетична класифікація родовищ апатиту

Група	Мінеральний тип (продуктивна формація)	Родовища
Магматичні	Апатит-нефелінові (апаїтових нефелінових сієнітів) Апатит-ільменіт-титаномагнетитові (анортозитова, габроанортозитова)	Хібінська група; Видибірське*, Стремигородське*, Рижанське*, Поромівське*, Федорівське*, Торчинське*
Карбонатитові	Апатит-егіринові (лужна, ультраосновна, карбонатитова) Апатит-рідкіснометальномагнетитові, апатитові й апатитфорстерит-піроксеніві (лужна, ультраосновна, карбонатитова) Апатит-рідкіснометальнокарбонатитові (лужна, ультраосновна, карбонатитова)	Маганське Ковдорське Новополтавське*
Пегматитові	Апатит-егірин-ортоклаз-мікроклінові (метаморфічні сланці та гнейси докембрію)	Олобу
Контактово-метасоматичні	Апатит-магнетитові (вапняково-скарнові) Апатит-магнетитові (водно-силікатні)	Лебежинське Абаканське
Гідротермально-метасоматичні	Апатит-біотитові (лужні й нефелінові сієніти) Апатит-магнетитові (інтрузивні трапи)	Синірське Рудногірське
Метаморфізовані	Апатит-тремоліт-діоксидові (метакремнисто-карбонатна)	Чулактау
Метаморфічні	Апатит-кварц-діопсидові (мармурово-гнейсова)	Слюдянське
Ультраметаморфічні	Альбітитова	Тимошівське*, Аннівське*
Осадові	Апатит-сфен-ільменітові	Баргузинське, Тростянецьке*, Краснорічанське*
Кори вивітрювання (залишкові й залишково-інфільтраційні)	Апатит-рідкіснометально-вохристі (карбонатитовий субстрат) Апатит-франколітові (камафоритовий і карбонатитовий субстрат) Апатитові (в порфіритах і діабазях)	Новополтавське* Ковдорське франколітове Словечанське*

- Родовища в Україні

В геологічній історії родовища апатиту виникали неодноразово. У ранньому докембрії формувалися магматичні та пізньомагматичні апатит-ільменіт-титаномагнетитові родовища, пов'язані з анортозитовою та габро-анортозитовою формаціями (Кручинінське в Читинській області); магматично-метасоматичні – з лужно-ультраосновною карбонатитовою формацією (Новополтавське ) та метаморфічні – з мармурово-гнейсовою формацією (Семиградське в Якутії).

Найсприятливішим для утворення родовищ апатиту є режим активізації древніх платформ, коли виникали пізньомагматичні апатит-нефелінові родовища формації апатитових нефелінових сієнітів (Хібіньська група), магматично-метасоматичні родовища лужно-ультраосновної карбонатитової формації (Ковдорське, Новополтавське родовища). Вони приурочені до щитів, трапово-рифтогенних структур, крайових частин древніх платформ, зон глибинних розломів, утворювалися протягом протерозою і палеозою, закінчуючи раннім тріасом. До платформ приурочені також залишкові й залишково-інфільтраційні родовища апатиту та інших мінералів (Ковдорське, Новополтавське), які утворювалися за рахунок вивітрювання карбонатитів, альбітитів тощо протягом мезокайнозою.

Апатитові й комплексні апатитвмісні родовища та прояви відомі серед усіх генетичних серій і груп, однак найбільше промислове значення мають магматичні, магматично-метасоматичні (карбонатитові), метаморфічні, ультраметаморфічні родовища та кори вивітрювання. Пегматитові, скарнові, гідротермальні та осадові комплексні родовища апатиту великого практичного значення не мають. Промисловість фосфорних мінеральних добрив орієнтується на освоєння великих ( $P_2O_5$  більше 50–100 млн т) і середніх (10–50 млн т  $P_2O_5$ ) об'єктів.

## Фосфорити

Головні типи родовищ фосфоритових руд: дрібнозернисті фосфорити; фосфоритові галечники; жовнові; черепашкові; „острівні” фосфорити. Головні генетичні типи родовищ фосфоритів [14]:

- осадові морські біохімічні, виникають при накопиченні багатих на фосфор черепашок, випадінні фосфору з розчинів, формуванню конкрецій на дні океанів (Прибайкалля, Каратау, Поділля, Скелясті гори);
- осадові морські механічні, утворюються в процесі морської абразії раніше утворених фосфоритів різних генетичних типів; приурочені до теригенних глауконітових формацій, представлені галечниками і конгломератовими типами руд (Флорида);
- осадові континентальні біохімічні – збагачені фосфатами скупчення екскрементів морських птахів, летючих мишей, деяких тварин (гуано),



- утворюються переважно на морських берегах і океанічних островах, які густо заселені птахами (Перу, Чилі; острови Тихого океану);
- кір вивітрювання, виникають у процесі вивітрювання фосфатвмісних осадових і магматичних порід, поділяються на залишкові та залишково-інфільтраційні (Ашинське; Антоново-Липовське; Флорида);
- метаморфізовані (Чулак-Тау; Слюдянка).

## Родовища України

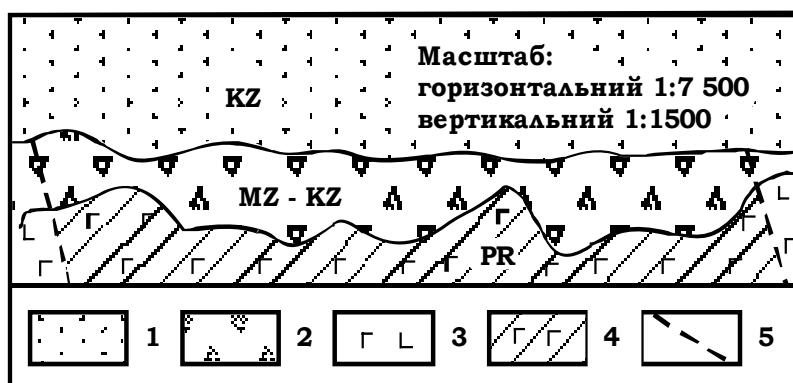
Фосфатна сировина в Україні не видобувається, річні потреби України у фосфатних добривах оцінюються у 1,5 млн т  $P_2O_5$ , вони задовольняються за рахунок імпорту з Росії. Виробництво фосфатних добрив здійснюють Костянтинівський хімзавод, Сумське ВО, Одеський суперфосфатний завод, Кримське ВО „Титан”, Рівненське ВО „Азот”, Придніпровський хімзавод, Роздільське ВО „Сірка”, Вінницьке ВО „Хімпром”, Шосткінське ВО „Свема”. Їх сумарна виробнича потужність складає 1,85 млн т, але реальне завантаження в останні роки не перевищує 40–50 %. Сировиною для них є апатитовий концентрат (38,2–39,1 %  $P_2O_5$ ) з Кольського півострова. Державним балансом запасів враховано 3 родовища власне фосфорних руд і 3 комплексних фосфоровміщуючих руд із загальними запасами категорії А+В+С<sub>1</sub> 386,5 млн т руди, що містять 10,7 млн т  $P_2O_5$ , а категорії С<sub>2</sub> – 84 млн т руди або 4 млн т  $P_2O_5$ , а також 1 родовище власне апатитових руд і 3 комплексних апатитвміщуючих з запасами руди категорій А+В+С<sub>1</sub> – 2084,8 млн т, С<sub>2</sub> – 578,6 млн т, апатиту – 70,6 і 13,6 млн т відповідно. Родовища поділяються на фосфоритові й апатитові [2, 11, 35, 36, 41, 42, 45].

### Апатитові родовища

Апатитові родовища України пов'язані з формацією ультраосновних лужних порід і карбонатитів (апатит-рідкіснометалеве Ново-полтавське) і формацією габро-анортозитів (апатит-титанові Стремигородське, Торчинське, Федорівське). Їх запаси враховані Держбалансом (млн т): категорій А+В+С<sub>1</sub> – 2084,8 руди (70,6  $P_2O_5$ ), С<sub>2</sub> – 57,6 (13,6), забалансові – 65,2 (3,9). Стремигородське і Ново-полтавське родовища підготовлені до експлуатації. Крім цього відомий цілий ряд проявів, пов'язаних з ультраосновними лужними комплексами УЩ (Меленівський, Поруб-Кропивенський, Рижанівський, Паромський, Словечанський, Тимошівський, Анівський та ін.).

Найбільшим є **Стремигородське родовище** (рис.18) комплексних апатит-титаномагнетитових та ільменітових руд в Житомирській області, приурочене до Чеповицького масиву габро-анортозитів у схід-

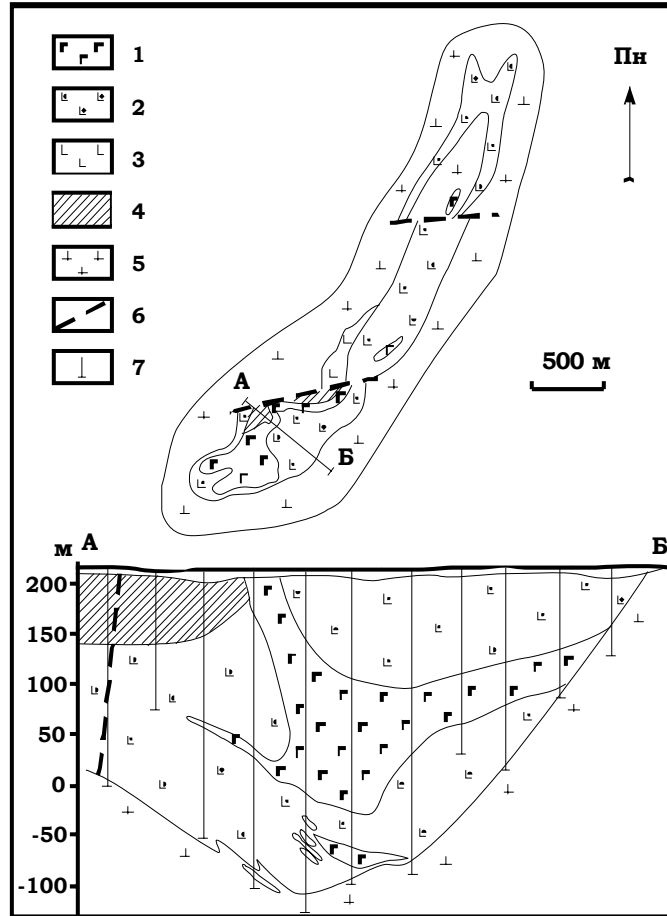
ній частині Коростенського плутону. Апатитоносні габронорити мають габроїдну, рідше офітову структуру, складаються з плагіоклазу, піроксену, амфіболу, апатиту, ільменіту, калієвого польового шпату, олівіну, кварцу, біотиту, титаномagnetиту, епідоту, хлориту, карбонату. За складом виділяють три рудні шари: (зверху): первинний каолін потужністю 3–25 м, з вмістом апатиту у середньому 35,9 кг/т; вивітрілий габро-норит потужністю 10–30 м, з вмістом апатиту від 25 до 109 кг/т (у середньому 30 кг/т); свіжий габро-норит невизначеної потужності, з вмістом апатиту 3–75 кг/т (у середньому 23,9 кг/т). Рудне тіло перекрите піщано-глинистими відкладами потужністю від 18,7 до 38,3 м (у середньому 31,78 м). Родовище можна розробляти відкритим способом. Практичний інтерес мають апатит та ільменіт з первинних каолінів і вивітрілого габронориту. Апатит представлений сумішшю фтор-хлор і гідроксил-apatиту, кількісно переважає фторапатит. Величина зерен апатиту 0,2–0,8 мм, його зерна часто знаходяться в тісному зростанні з дрібними зернами ільменіту, що значно ускладнює виділення чистого апатитового концентрату. Вміст апатиту в породі – близько 10 %, ільменіту – 15–20 %. При освоєнні родовища можна отримувати 150 тис. т на рік апатитового концентрату. Запаси  $P_2O_5$  за категоріями А+В+С становлять 31,8 млн т.



**Рис. 18. Родовище Стремигородське (схематичний розріз за матеріалами В.Сметюхова, 1968)**

1 – суглинки, глини, пісковики; 2 – кора вивітрювання; 3 – габро-анортозити; 4 – габро олівінове апатитоносне; 5 – тектонічні порушення

Крім названого, у межах Коростенського плутону відома низка попередньо оцінених родовищ в Іршанському гірничорудному районі: Видиборське, Паромівське, Федорівське (рис. 19), Давидківське, сумарні ресурси  $P_2O_5$  яких становлять 258 млн т із вмістом  $P_2O_5$  3–10 %.

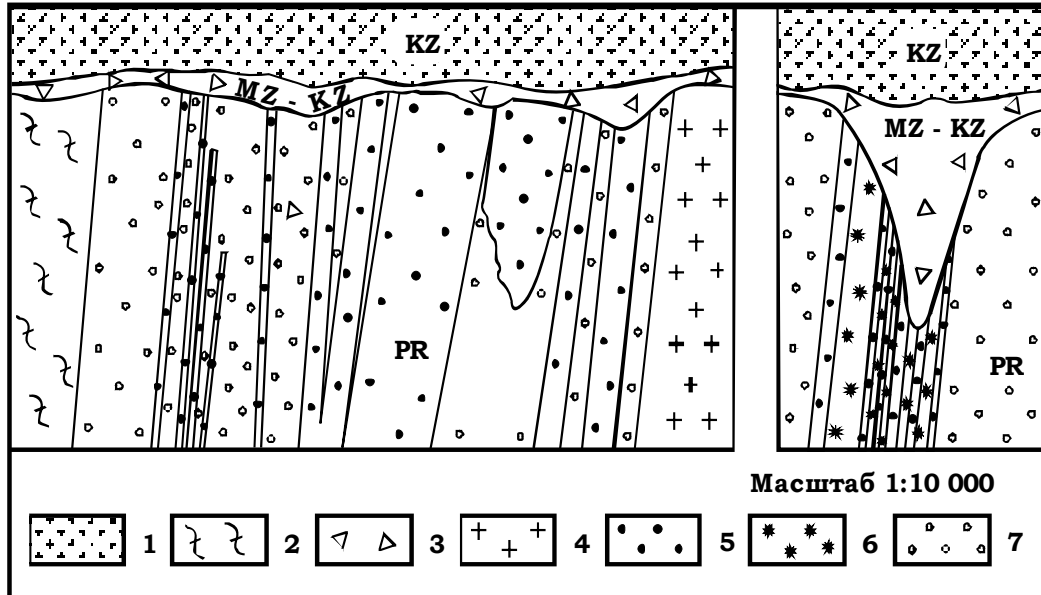


**Рис. 19. Геологічна карта і розріз Федорівського родовища [36]**

1 – габро-перидотит рудоносний; 2 – габро середньо-дрібнозернисте олівінове, рудоносне; 3 – габро крупно-середньозернисте лейкократове; 4 – габро середньо-крупнозернисте пегматоїдне; 5 – габро-анортозит; 6 – розломи; 7 – бурові свердловини

**Новополтавське рідкіснометально-апатитове родовище** приурочено до однойменного карбонатитового масиву в Західному Приазов'ї. Лужні породи створюють тут систему круто падаючих лінійних тіл зональної будови. Головні етапи формування – кварцево-сієнітовий (зовнішні частини тіл), сієнітовий (внутрішні частини), карбонатитовий (перетинають зони лужних фенітів). Головне рудне навантаження несуть карбонатити. Довжина покладу – 13 км (рис. 20). Карбонатити переважно високотемпературні, кальцитові та кальцит-доломітові, меланократові з добавками флогопіту та графіту, низьким вмістом магнетиту (2–4 %). Вміст  $P_2O_5$  у комплексних карбонатитових

рудах у середньому 5,2 %, руди легко збагачуються, апатитовий концентрат містить 37 %  $P_2O_5$ , 1,45 % рідкіснометальних елементів.



**Рис. 20. Родовище Новопопавське (схематичний геологічний розріз за матеріалами Е.Лапицького, 1976)**

1 – суглинки, глини, пісковики; 2 – мігматити, гнейси; 3 – кора вивітрювання; 4 – гранітоїди; 5 – 7 – апатитоносні породи: 5 – карбонатити, 6 – альбітити, 7 – сієніти

Рідкіснометально-апатитові руди представлені щільними крупновкрапленими апатит-карбонатними (кальцитовими, доломітовими з домішками олівіну, піроксену, амфіболу, флогопіту), а у верхній частині карбонатитовими покладами – рихлими апатит-силікатними різновидами. Апатит, як найстійкіший мінерал, накопичується в корі вивітрювання. Апатит у карбонатитах утворює вкрапленість зерен розміром 3–5 мм, у контактних зонах карбонатитів з фенітами – суцільні агрегати, а в прожилкових зонах карбонатизації у фенітах розвинутий довгопризматичний апатит. У кальцитових, доломіт-кальцитових карбонатитах розповсюджений безбарвний, зеленуватий і зеленувато-блакитний апатит, у кальцит-доломітових, доломітових карбонатитах переважає зеленувато-сірий, жовтий і буро-червоний апатит. За хімічним складом і фізичними властивостями апатит з карбонатитів і кір вивітрювання близький до апатиту Ковдорського родовища в Росії. Особливістю складу апатиту є підвищена концентрація в ньому рідкісноземельних металів і стронцію. Максимальний

вміст  $\text{TR}_2\text{O}_3$  (8–11 %) і підвищені концентрації стронцію властиві апатиту буро-червоного кольору.

Передбачено розробку покладу в жильних рудах до глибини 600 м, із залишенням цілика заввишки 100 м для перекриття нестійких порід кори вивітрювання. Експлуатація родовища буде проводитися загальним обсягом 13 млн т руди на рік. Розробку передбачено проводити знизу камерами із закладкою виробленого простору. Запаси руди – 791 млн т із середнім вмістом  $\text{P}_2\text{O}_5$  5,2 % забезпечують роботу рудника на 65 років. Після цього будуть розроблятися вивітрілі руди й цілик, що залягають у покрівлі.

Апатитові концентрати родовищ України без зміни технологічного процесу можна переробляти замість хібінських на діючих потужностях для отримання подвійного суперфосфату, фосфорної кислоти, концентрованих фосфатних і складних добрив.

### Фосфоритові родовища

Поклади зернистих фосфоритів були відкриті в Україні у 1983–1995 рр. у відкладах нижнього кембрію, сеноману, палеогену в межах Волино-Подільської плити, ДДЗ, у Донбасі, Криму, в Закарпатті. Фосфоритові родовища пов'язані переважно з глауконіт-теригенною платформною формацією крейда-палеогенового віку, поділяються на типи: жовнові, зернисті, змішані, мікрозернисті фосфорити, фосфоритовміщуючі бурі залізняки [36]. Найзначнішими з них є Ратненське та Осиківське родовища. На більшості з виявлених перспективних ділянок із вмістом  $\text{P}_2\text{O}_5$  5–8 % і потужністю фосфоритового пласта 3–6 м руди залягають на глибині 60–250 м і більше. Їх розробка має бути пов'язана із застосуванням свердловинних методів гідровидобування, які знаходяться на стадії вивчення.

**Жовнові фосфорити** представлені **Ратненським родовищем** на Волині де у відкладах київської світи палеогену виявлено 14 покладів перевідкладених фосфоритів із запасами за категоріями  $\text{C}_1+\text{C}_2$  9,49 млн т  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Іншими перспективними об'єктами є прояви Волині (Поліська, Стахошинська, Півневська, Танюшівська, Новобурлуцька, Бантишевська, Залиманівська площі загальною площею 4,6 тис. км<sup>2</sup> з прогнозними ресурсами 335 млн т  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), Кролевецька (запаси 2,93 млн т.  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), і Середино-Будська площі в Сумській області, перспективні формації в Канівській Наддніпрянщині, Середній Наддністріянщині та інші. Ресурси  $\text{P}_2\text{O}_5$  фосфоритів згаданих площ перевищують 100 млн т. Перспективними є також північний і південний борти

ДДЗ, складені відкладами канівської і київської світ (Конятинська, Латишевська, Миропільська площі з загальними прогнозними ресурсами до 600 млн т  $P_2O_5$ ).

**Зернисті фосфорити** розвинені в межах Дніпровсько-Донецького фосфоритоносного басейну, де відоме **Осиківське родовище**, приурочене до піщаних мергелів і кварц-глауконітових пісковиків кампану (1–14 м) з фосфатними зернами, мікрожовнами і жовнами ( $P_2O_5$  2–13 %). В основі розрізу серії залягає зернисто-жовновий або галечниковий горизонт потужністю до 0,5 м з вмістом  $P_2O_5$  до 10 %. Запаси родовища оцінені в 5,6 млн т  $P_2O_5$  (середній вміст 5,06 %).

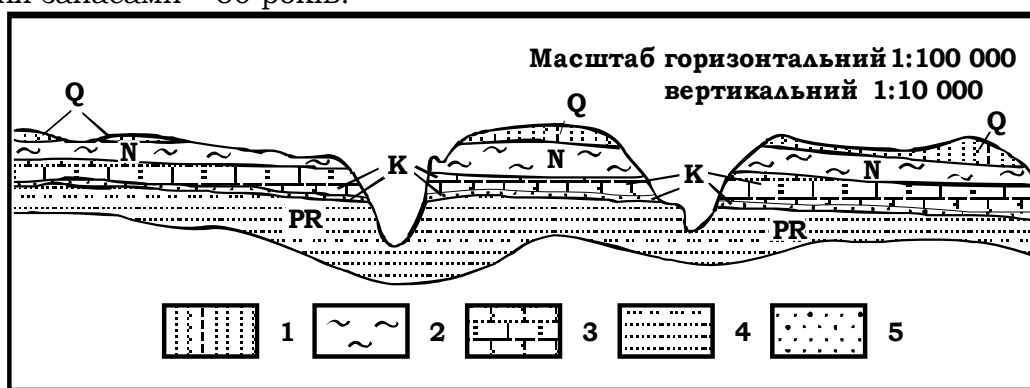
У південно-західному об'ямуванні УЩ фосфоритоносними є відклади сеноману, у Західній Україні – глауконіт-кварцові і глауконіт-кварц-карбонатні пісковики нижнього сеноману – Маневицько-Клеванська, Здолбунівсько-Тернопільська та ін. перспективні площі з прогнозними ресурсами 600 млн т  $P_2O_5$  (вміст 5 %, потужності шарів – 2 м). Кілька перспективних площ виділено на Лівобережжі Дністра (Зозульницька, Хмельницька, Фащівська, Дунаєвецька) з прогнозними ресурсами  $P_2O_5$  122 млн т (бортовий вміст 4 %, потужність шарів 0,9–2,2 м). Потужність фосфоритоносного горизонту зменшується в південному напрямку від 2,2 до 0,9 м. Загальні ресурси  $P_2O_5$  цього типу фосфоритів оцінені в 80–90 млн т.

**Змішаний тип фосфоритів** розповсюджений на лівобережжі Дністра, у відкладах альбу-сеноману, представлений жовнами фосфоритів кластогенними, органогенними, черепашниковими, губковими, фітоморфними, а в аргілітах венду – лінзами і прошарками тонкодисперсного фосфориту ( $P_2O_5$  10–15 %). Типовими родовищами цього типу є Жванське та Ольховецьке. Підвищені концентрації фосфору в палеогенових, крейдових та вендських відкладах Волино-Поділля відомі з давніх часів. Жванське та інші дрібні родовища жовнових фосфоритів розроблялися штольнями й відкритим способом з початку XIX ст. Фосфоритові руди вивозилися до Англії та Польщі, а з 1913 р., до освоєння родовищ Кольського півострова, перероблялися у Вінниці. У 30–40 рр. розроблялося Незвиське родовище на Івано-Франківщині.

Родовища фосфоритових руд пов'язані з глауконіт-теригенною формацією, що охоплює комплекс крейдових і палеогенових відкладів і складена переважно піщано-алевролітовими породами. Характерною є асоціація фосфоритів зі слабо вапнистими піщаними та глинистими породами; у складі формації присутні також мергелі й сланці. У горизонтальному перетині глауконіт-теригенна фосфоритова формація розміщена в перехідній зоні від формації прибережних різнозернистих кварцових пісків до формації вапнистих глиняно-алевролітових, глауконіт-кварцових або мергельно-крейдових порід.

Продуктивні горизонти мають, як правило, широке площинне поширення, горизонтальне залягання, невеликі потужності й продуктивність до перших сотень, рідше – тисяч кілограмів на кубічний метр.

**Жванське родовище** (рис. 21) представлено слабозцементованим фосфоритоносним кварц-глауконітовим пісковиком, рідше галечником потужністю 0,3–4,8 м (у середньому 1,4 м), з 3–10 %  $P_2O_5$ , який розповсюджений на площі 15 км<sup>2</sup>. Продуктивними є відклади сеноманського ярусу, серед яких розрізняють два прошарки: нижній і верхній. Нижній складений темно-зеленими глауконітовими пісковиками з кулястими добре обкатаними "подільськими" фосфоритами, їх дрібними уламками та фосфоритизованими губками. Верхній складений також глауконітовим пісковиком з нагромадженням жовен первинних піскуватих фосфоритів. Продуктивність фосфоритового шару 160–470 кг/м<sup>2</sup>, запаси  $P_2O_5$  (С<sub>2</sub>) – 5378 тис. т. Руда Жванського родовища неоднорідна, за складом і вмістом  $P_2O_5$  поділяється на декілька груп (табл. 21). Головними компонентами продуктивного шару є жовна первинних піскуватих фосфоритів з низьким вмістом  $P_2O_5$  (до 6 %) та дрібні уламки кулястих фосфоритів з великим вмістом  $P_2O_5$  (30–36 %). Родовище може розроблятися дешевим штольневим способом, рентабельність підприємства може скласти 30 %. Висока ефективність жванських фосфоритів як мінеральних добрив обумовлена значним вмістом глауконіту (до 50 %). Загальний вміст  $P_2O_5$  у руді – близько 14 %. Глибина залягання фосфоритового шару на родовищі – від 70 до 100 м. При річному видобутку 550 тис. т руди вихід фосфоритного борошна із вмістом 8 %  $P_2O_5$  становить 400 тис. т. Термін забезпечення запасами – 50 років.



**Рис. 21. Родовище Жванське (схематичний геологічний розріз)**

1 – суглинки, глини, піски; 2 – глини, вапняки, піски; 3 – крейда, мергелі; 4 – аргіліти, алевроліти, пісковики; 5 – пісковики кварцово-глауконітові з галькою фосфоритів

Таблиця 21

## Речовинний склад руди Жванського родовища

Група	Мінерально-петрографічний склад	Вихід (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
Високо-фосфатна	Зуби акул, уламки кулястих конкрецій фосфориту	2,9	33
Середньо-фосфатна	Фосфоритизовані губки й стяжіння глауконітових фосфоритів	11,3	20
Низько-фосфатна	Глауконіто-кварцові й опокоподібні пісковики та опоки	42,3	5–6
Слабо-фосфатна	Зерна рудних мінералів та уламки глинистих сланців	30,5	до 1
Нефосфатна	Кварц, халцедон, польові шпати, уламки черепашок	13,3	0

У відкладах нижнього карбону Донбасу присутні шари **мікрозернистих фосфоритів** сумарною потужністю 6–8 м, вмістом P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 6,0–10,2 %. Вони неоднорідні, складаються з декількох пачок власне фосфатноносних порід (0,1–0,6 м) і прошарків карбонатно-кременистих і глинисто-кременистих сланців (0,05–0,2 м). Фосфатні мінерали представлені франколітом, дуже рідко – крандолітом (Стильський прояв).

**Фосфоритовміщуючі бурі залізняки** розвинені в морських відкладах кімерійського ярусу міоцену Керченського залізрудного басейну. Руди складені гідроферихлоритом, феримонтморилонітом, гідрогетитом („коричневі” руди), лептохлоритом („тютюнові”), присутній вівіаніт, що зумовлює їх підвищену фосфорноність. Рудні горизонти залягають майже горизонтально, їх потужність коливається від декількох метрів на краях мульд до 25–30 м в осьовій частині. Фосфатні мінерали представлені вівіанітом, керченітом, апатитом, курськітом, колофаном. Керченські руди є утворенням мілких опріснених лагун, куди залізо й фосфор приносилися в колоїдному стані. Остаточний розподіл мінералів у керченських рудах відбувався під час діагенезу за рахунок як осаду, так і P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, що виникли при розкладі органічного матеріалу. Виділяється 11 родовищ, запаси трьох з яких враховані Державним балансом (А+С<sub>1</sub>, млн т): Комиш-Бурунське (руда – 176,1; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 3,9; середній вміст 2,09 %), Ельтіген-Ортельське (руда – 14,6; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 4; 2,45 %), Киз-Аульське (руда – 109,3; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2,4; 2,17 %). До 1992 р. родовища розроблялися Комиш-Бурунським залізрудним комбінатом (річна потужність 5,7 млн т руди), зараз вони законсервовані. Шлак при виплавці чавуну з керченських руд, містить не більше 2 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; при виплавці сталі – 12 % (промисловий вміст – не менше 8 %). Вихід мартенівського шлаку становить 250 кг на 1 т виплавленої сталі. Фосфатна частина шлаків представлена розчинною сіллю фосфорної кислоти (Ca<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).



# БАРИТ І ВІТЕРИТ

## Загальні відомості

Барій відносно широко розповсюджений у природі, його середній вміст в земній корі 0,047–0,065 %. Присутній у вивержених, метаморфічних та осадових породах, де входить до складу багатьох мінералів, однак промислове значення мають тільки два з них: барит і вітерит.

**Барит** або "важкий шпат" – це природний сульфат барію ( $\text{BaSO}_4$ ), що містить 65,7 %  $\text{BaO}$  і 34,5 %  $\text{SO}_3$ . Як ізоморфні домішки зустрічаються стронцій, свинець, радій. Різновиди з високим вмістом  $\text{S}_2$  в називають барит-целестини, свинцю і раді – хакуліти. Густина бариту коливається від 4,3 до 4,6, твердість від 2,5 до 3,4. Блиск сильний до смоляного. Колір білий, сірий, блакитний, жовтий, рожевий, бурий, червоний, коричневий залежно від кількості та складу домішок. Сингонія ромбічна. Спостерігається у вигляді зернистих агрегатів різних розмірів. Крихкий, агрегати крупнозернистого бариту легко подрібнюються через досконалу спайність і в промисловості мають назву "м'яких" руд, на відміну від щільних дрібнозернистих агрегатів, які відносяться до категорії "твердих" руд. Барит нерозчинний у воді, погано розчиняється в соляній і концентрованій сірчаній кислотах.

**Вітерит** – природний карбонат барію ( $\text{BaCO}_3$ ) з теоретичним складом  $\text{BaO}$  – 77,7 %,  $\text{CO}_2$  – 22,3 %. За фізичними властивостями подібний до бариту, але має більшу твердість. Хімічні властивості вітериту різко відмінні від бариту. Він легко розчиняється в кислотах і воді, колір – від білого до жовтого. Значні концентрації вітериту дуже рідкісні. Єдине велике родовище – Сеттлінгстоун в Англії. Тому в промисловості в основному використовують широко розповсюджений барит.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Барит – корисна копалина багатогалузевого призначення, сфери використання якої постійно розширюються, а обсяги споживання збільшуються. Промислове використання бариту визначається його фізико-хімічними властивостями: великою густиною, хімічною інертністю, здатністю поглинати гамма-промені, близькою й прозорістю деяких сортів, отруйністю барієвих сполук.

Використовуються тонкоподрібнений (молотий) та грубоподрібнений (кусковий) і флотаційний барит. Молотий барит використовують нафтова і газодобувна галузі як обважнювач глинистих розчинів при

бурінні свердловин; лакофарбова – для білих, кольорових і топографічних фарб; гумова – для виготовлення жорстких сортів гуми; паперова – для виробництва спеціальних сортів паперу (брістольський картон, фотопапір, щільний друкарський папір, ватман); скляна – як добавка до скломаси для її галогенізації й надання блиску; хімічна – для одержання твердих пластмас, поліметалприлату, полістиролу, полікарбонату. Використовується барит також при виробництві штучного мармуру, сургучу, мила, азбестових виробів, гідралічного цементу, стійкого в морській воді; у будівельній промисловості для фундаменту великовагових залізних конструкцій.

Кусковий барит застосовується в хімічній промисловості для виробництва різних сполук бору (бланфікс, вугленосний барій, перекис барію). Ці сполуки використовуються: у сільському господарстві – як інсектицид; при виробництві штучних цеолітів – для поліпшення якості води; у текстильній промисловості – для надання жаростійких і водонепроникних властивостей тканинам; у шкіряній промисловості – для зміцнення шкір; у сталеливарній сировині – для цементації сталі; для виготовлення лужно-вапнякового та оптичного скла; у постійних магнітах для трансформаторів, динамо-машин, моторів; в електропечах – для збільшення терміну служби кислих прокладок і одержання більш рівної та спокійної вольтової дуги та для зменшення в'язкості шлаків; у цукровій промисловості – для видобування цукру з чорної патоки; у медицині – для виробництва медикаментів, вітамінів, гормонів і коагулянтів крові; у люмінофорах – для люмінесцентних ламп. У перспективі можливе застосування бариту в алюмінієвій промисловості для одержання чистого оксиду глинозему. Флотаційний барит використовується виключно як обважнювач.

Залежно від сфери споживання бариту міняються й вимоги до якості вихідної сировини, що регламентуються спеціальними технічними умовами відповідних галузей промисловості та стандартами. Виділяються два промислові класи (А і Б) та шість марок. Барит класу Б використовується в нафто-газодобувній промисловості, в інших галузях промисловості застосовується барит класу А. В обох класах нормується вміст сірчаноокислого барію, водорозчинних солей і деяких домішок (табл. 22). Для класу Б нормується також гранулометричний склад: вміст залишку на ситі 0,09 не повинен перевищувати 4%, а вміст фракції 5 мкм – становити більше 5–20%.

Розрізняють власне баритові (монобаритові, вітерит-баритові, кварц-баритові, кальцит-кварц-баритові) і комплексні (барит-флюоритові, барит-сульфідні, рідкіснометально-барит-флюорит-залізородні) руди. З власне баритових руд одержують кусковий, молотий барит і гравітаційний концентрат, а з комплексних – флотаційний концентрат.

**Таблиця 22**  
**Вимоги до якості баритового концентрату, який використовується**  
**в хімічній промисловості**

Показники	Норми для марок					
	КБ-1	КБ-2	КБ-3	КБ-4	КБ-5	КБ-6
Вміст BaSO <sub>4</sub> , %, не менше	95	92	90	87	85	80
Вміст SiO <sub>2</sub> , %, не більше	1,5	1,5	2,5	3,5	4,5	4,5
Вміст заліза в перерахунку на Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %, не більше	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	2,5
Вміст суми Ca і Mg у перерахунку на CaO, %, не більше	0,5	1,0	1,5	6,0	7,0	7,0
Вміст водорозчинних солей, %, не більше	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,45
Вміст вологи, %, не більше	2	2	2	2	2	2
Реакція водяної витяжки	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8

### Економічні відомості

Світові ресурси бариту оцінюються в 740 млрд т, запаси – 200 млрд т, світовий видобуток бариту складає понад 7 млн т (табл. 23). Провідними світовими виробниками бариту є Китай, Індія, США; експортерами – Китай, Індія і Марокко; імпортерами – США, Німеччина, Норвегія, Японія, Венесуела. Середня світова ціна бариту (\$/т) складала: 2001 р. – 27,60; 2002 р. – 28,90; 2003 р. – 29,70; 2004 р. – 35,10; 2005 р. – 35,90; 2006 – 39,00 [58, 59].

**Таблиця 23**  
**Видобуток, запаси, ресурси бариту, тис. т [58, 59]**

Країна	Видобуток			Запаси	Ресурси
	2004	2005	2006		
Алжир	48	53	50	9000	15000
Болгарія	95	95	95	н/зв	н/зв
Бразилія	55	61	60	2100	5000
Велика Британія	60	60	60	100	600
В'єтнам	101	116	10	н/зв	н/зв
Індія	723	1000	1000	53000	80000
Іран	204	280	280	н/зв	н/зв
Казахстан	н/зв	120	120	н/зв	н/зв
Китай	3900	4200	4300	62000	360000
Мексика	300	275	250	7000	8500
Марокко	357	360	420	10000	11000
Німеччина	110	95	89	1000	1500
Росія	60	63	65	2000	3000
США	532	489	540	25000	55000

Таїланд	125	120	120	9000	15000
Туреччина	120	155	200	4000	20000
Франція	82	82	75	2000	2500
Інші країни	296	250	250	14000	160000
<b>Всього</b>	<b>7240</b>	<b>7870</b>	<b>8080</b>	<b>200000</b>	<b>740000</b>

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Родовища бариту утворюються в широкому діапазоні геологічних умов. Важливими умовами кристалізації бариту є високий парціальний тиск кисню та відносно низькі температури, що пояснює його утворення на порівняно малих глибинах. Перенесення барію в гідротермальних умовах здійснюється хлоридними та вуглекислими розчинами лужних і лужноземельних металів. В осадових родовищах кількість барію зменшується в міру віддалення від берегової лінії палеобасейнів. Характерною є асоціація барію з мінералами, які містять Cu, Zn, Pb, F, Fe, Mn, Sr і S. Основні генетичні типи родовищ:

### 1. Ендогенні:

- 1.1. Баритові, вітерит-баритові, барит-флюоритові гідротермальні середньо-низькотемпературні помірних і малих глибин жильні й пластоподібні метасоматичні (Чордське, Апшринське на Кавказі, Арпакленське в Туркменістані, Бадам в Казахстані, Дрождяк в Чехії).
- 1.2. Барит-золото-поліметалічні жильні, пов'язані з андезит-дацитовим вулканізмом (Біганське, Берегівське в Україні, Білоріченське, Алаверди, Ахтап на Кавказі, Гуюк в Казахстані, Ель-Порталь в США).

### 2. Екзогенні:

- 2.1. Осадові – пластові поклади баритових і сульфідно-баритових руд у вуглисто-глинисто-кременисто-сланцевих формаціях, руди масивні (до 90 % Ва), жовнові (до 60 %), вкраплені (до 20 %); відмічається підвищена бітумінозність, присутні домішки V, Sr, фосфатів і сульфідів (Мегген у Німеччині).
- 2.2. Гідротермально-осадові, які поділяються на три формаційні типи:
  - а) баритовий, пов'язаний з кременисто-сланцевими формаціями лептогеосинклінальних прогинів (Чиганак в Казахстані, Баритова долина в Африці, родовища в Неваді та Арканзасі);
  - б) барит-поліметалічний, приурочений до вулканогенно-теригенно-карбонатних формацій накладених геосинклінальних прогинів; родовища пов'язані з базальт-кременисто-карбонатно-теригенною формацією (атасуйський підтип), з кременисто-карбонатною (міргалімсайський підтип); переважаюча форма рудних тіл – пластоподібні поклади та лінзи; руди представлені свинцево-цинково-баритовими, свинцево-баритовими, барит-мідно-свинцевими та баритовими різновидностями; вміст барію – від 8 до 70 %.

в) барит-колчеданно-поліметалічний, пов'язаний з вулканогенними та вулканогенно-осадовими формаціями евгеосинклінальних прогинів; рудні тіла пластові та пластоподібні; руди сульфідно-баритові, сірчано-колчеданні, мідні, срібло-барит-поліметалічні, баритові; вміст бариту 3–60 % (Урал, Салаїр, Рудний Алтай).

2.3. Кір вивітрювання – елювіальні та делювіальні розсипи (Медведівське на Уралі, Міссурі, Теннессі у США).

3. **Техногенні** – відвали від переробки комплексних руд, зокрема, ейфельні відвали (родовища Новоурське на Салаїрі, Мінерал-Кінг у США); продукти відпрацьованих бурових розчинів.

Родовища бариту поділяються на власне баритові і комплексні. До баритових належать стратиформні родовища в кременисто-сланцевих (Толченське в Росії, Чиганацьке в Казахстані) і теригенно-карбонатних товщах (Резульєр у Франції), жильні (Гарц у Німеччині, Чордське в Грузії), залишкових кір вивітрювання і бурих залізників (Медведівське в Росії). За мінеральним складом виділяють руди: мономінеральні баритові (до 98 %  $\text{BaSO}_4$ ); вітерит-баритові (60 % і більше  $\text{BaSO}_4$ , 15 % і більше  $\text{BaCO}_3$ ); кварц-баритові, кальцит-кварц-баритові (до 50 %  $\text{BaSO}_4$ , до 50 %  $\text{SiO}_2$ , до 75 %  $\text{CaCO}_3$ ); глинисті та піщанисті баритові (до 30 %  $\text{BaSO}_4$ , до 20 % оксидів заліза). За запасами руд серед власне баритових родовищ виділяють великі (більше 2 млн т), середні (0,5–2 млн т) й дрібні (менше 0,5 млн т).

До комплексних баритових родовищ належать: барит-свинцево-цинкові стратиформні (Міргалімсайське в Казахстані), барит-колчедано-поліметалічні в карбонатно-кременистих (Бестюбе в Казахстані) і осадово-вулканогенних породах (Алтай в Росії). За запасами комплексні родовища поділяються на дуже великі (більше 20 млн т), великі (10–20 млн т), середні (1–10 млн т) і дрібні (менше 1 млн т).

## Родовища України

В Україні прояви бариту відомі в Східнокарпатській (Біганське родовище), УЩ, Донецькій, Кримсько-Причорноморській баритоносних провінціях [3, 39, 47, 53, 54, 56]. Розвідано і взято на баланс Біганське родовище в Закарпатській області. Родовище не розробляється, потреби України в бариті задовольняються за рахунок імпорту з Росії, Болгарії, Середньої Азії. На привізній сировині працює Костянтинівський хімічний завод у Донецькій області, який є основним споживачем бариту та єдиним підприємством, що випускає реактиви барію.

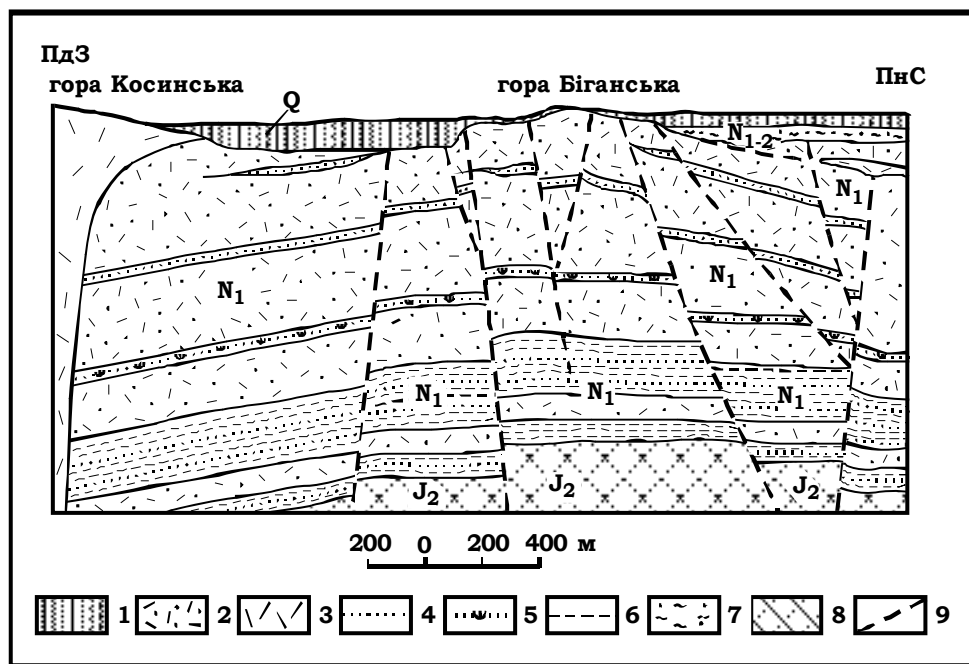
**Біганське барит-алуніт-поліметалічне родовище** складене відкладами тортону і доробратівської світи середнього сармату поту-

жністю 1200–1500 м, серед яких поширені вторинні кварцити, березити, пропіліти (рис. 22). Барит зустрічається у вторинних кварцитах, каолінізованих породах, рідше в алунітових рудах, представлений мономінеральними прожилками і вкрапленістю. Найбільше жилоподібне баритове тіло (7-25 м) приурочене до тектонічної зони Травнева потужністю від 10 до 100 м, довжиною за простяганням 1950 м і за падінням 500–600 м. До неї причленовуються Безіменна, Серпнева, Вереснева, Староквітнева та інші апофізи, виявлені рудні зони менших розмірів (Лісова, Новоквітнева, Жовтнева). Часто проявлена вертикальна рудна зональність – кварц-баритові руди верхніх горизонтів містять 37–40 %  $BaSO_4$ , до 30 % каолініту й алуніту, у барит-поліметалічних рудах нижніх горизонтів від 19 до 85 %  $BaSO_4$ . Виділяються дві різновидності бариту: жильний гідротермальний і вкраплений. Загальні розвідані запаси баритових руд за категоріями В+С<sub>1</sub> складають 4547 тис. т. ДКЗ СРСР затверджені балансові запаси за категоріями В+С<sub>1</sub> 760 тис. т бариту, С<sub>2</sub> – 166 тис. т в центральній частині Травневої рудної зони. Методом гравітації з баритових руд отриманий концентрат з вмістом бариту 92–98 %. Видобуток баритових руд до відмітки +110 м можливий штольнями, для розробки нижніх горизонтів необхідна проходка шахти. Можливий супутній видобуток алуніту, свинцево-цинкових руд з золотом і сріблом.

У Берегівському рудному районі знаходиться також **Берегівське золото-поліметалічне родовище**, де на верхніх горизонтах розвинута баритова мінералізація (золото-срібло-барит-гідрослюдистий мінеральний тип). Вміщуючими породами є інтенсивно змінені туфи, туфолави та ігнімбрити доробратівської світи нижнього сармату. Метасоматичні зміни виражені утворенням монокварцової, кварц-алунітової, кварц-каолін-гідрослюдистої фацій вторинних кварцитів, що чергуються як по вертикалі, так і по горизонталі. Мінеральний склад руд – галеніт, сфалерит, золото, срібло, марказит, кварц, барит, халцедон, гідрослюди, каолініт, алуніт. Барит переважно вкраплений, двох морфологічних різновидів: пластичний і стовбчастий.

Поблизу Берегівського родовища зустрічаються ще декілька перспективних на баритові руди ділянок, де виявлені кварцово-баритові жили із вмістом  $BaSO_4$  від 17,8 до 60 % (Кухля, Мужієве). Баритова мінералізація встановлена також на Вишківському рудному полі, в поліметалічних і ртутних проявах Пенінської, Мармароської зон складчастих Карпат, у Чивчинських горах, сірчаних родовищах Передкарпатського прогину (Роздольське, Язівське, Подорожненське). Барит спостерігається в зоні зчленування Донбасу з Приазовським блоком УЩ у вигляді баритових і кварц-баритових жил і прожилків потужністю до 20 см, простяганням зон до 200 м у докембрійських горизон-

тах Сильського горсту. Барит належить до стронцієвого різновиду із вмістом  $\text{Si}_2\text{O}$  10,6 %. У межах Волино-Подільської плити прояви бариту відомі у формаціях від венду до верхньої крейди, він часто зустрічається разом з мідною мінералізацією, зафіксований в рудах Бахтинського флюоритового родовища, Думанівського і Зарічанського проявів поліметалів, хоча ці знахідки бариту не мають промислового значення. На УЩ відомі непромислові прояви у Криворізькому басейні (кар'єри Аннівський, Першотравневий), в метабазитах Великої Глеюватої, сланцях по р. Жовтій. В Донбасі прояви бариту приурочені до Волноваської зони розломів, він зустрічається у відкладах девону і карбону, в ртутних і поліметалічних родовищах Головної антиклиналі; в ДДЗ – у відкладах карбону і діапировій брекчії штоків девонської солі; у Криму – у вулканічних брекчіях Карадагу, породах таврійської серії, верхньюрських утвореннях, неоконських вапняках, аптських глинах, туронських мергелях в районі м. Сімферополя, в залізних рудах Керченського півострова. Ці прояви мають лише мінералогічний інтерес.



**Рис. 22. Біганське родовище бариту (схематичний геологічний розріз)**  
 1 – ґрунти, суглинки; 2 – туфи ріодацитів; 3 – ріодацити; 4 – пісковики; 5 – туфопісковики; 6 – алевроліти; 7 – глини, алеврити, піски; 8 – діабазидіабазові порфірити та їх туфи; 9 – тектонічні порушення

# МІНЕРАЛЬНІ СОЛІ

## Загальні відомості

Під загальною назвою "мінеральні солі" в побуті й промисловості розуміють групу мінералів, що легко розчиняються у воді та мають солоний і гірко-солоний смак [24, 27]. До мінеральних солей відносять водорозчинні хлориди, сульфати та карбонати лужних і лужноземельних металів. У природі мінеральні солі утворюють тверді осадки (соляні породи) й розчини солі як давні (поховані), так і сучасні. Найбільше промислове значення мають такі мінеральні солі (табл. 24): хлориди (галіт, сильвін, бішофіт, карналіт); хлорид-сульфати (каїніт); сульфати (кізерит, епсоміт, тенардит, мірабіліт чи глауберова сіль, глауберит, астраханіт, лангбейніт, полігаліт); карбонати – натрон чи природна сода, трона, давсоніт, нахколіт). Назви соляних порід даються за переважаючим (більше 60%) породоутворюючим мінералом. Усі соляні породи містять у тих чи інших кількостях галіт, гіпс і ангідрит, карбонати (кальцит, доломіт), глинисті мінерали, солі S<sup>2</sup> і В, алевритові частини.

Таблиця 24

### Основні мінеральні солі та їх властивості

Мінерал	Формула	Сингонія	Питома вага	Твердість
Галіт	NaCl	Кубічна	2,1-2,2	2
Сильвін	KCl	Кубічна	1,97-1,99	1,5-2
Бішофіт	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Моноклінна	1,6	2-3
Карналіт	KCl·MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Ромбічна	1,6	2-3
Каїніт	KCl·MgSO <sub>4</sub> ·3H <sub>2</sub> O	Моноклінна	2,1	3
Лангбейніт	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·2MgSO <sub>4</sub>	Кубічна	2,8	3-4
Пікромеріт	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·MgSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Моноклінна	2,1	2,6
Глазерит	3 K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Тригональна	2,6-2,7	3,0-3,5
Палігаліт	2CaSO <sub>4</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·MgSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Триклінна	2,7	2,5-3
Тенардіт	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ромбічна	2,7	2-3
Мірабіліт	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O	Моноклінна	1,48	1,5-2
Кізеріт	MgSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	Моноклінна	2,57	3,5
Епсоміт	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	Ромбічна	1,68	2
Глауберит	CaSO <sub>4</sub> ·Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Моноклінна	2,8	2,5-3
Натрон	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·10H <sub>2</sub> O	Моноклінна	1,4-1,5	1,0-1,5
Трона	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·NaHCO <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Моноклінна	2,14	2,5-3
Давсоніт	NaAl(OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Моноклінна	2,45	3
Нахколіт	NaHCO <sub>3</sub>	Моноклінна	2,24	2,5-3



## Економічні відомості

Мінеральні солі видобувають США, Китай, Німеччина, Індія, Австралія і багато інших країн (табл. 25). Ціна солі коливається від 8 до 145 \$/т в залежності від її ґатунку (табл. 26).

Таблиця 25

### Видобуток солі, млн. т [59]

Країна	2005	2006	Країна	2005	2006
Австралія	2,4	12,4	Нідерланди	5	5
Бразилія	6,7	7,3	Німеччина	18,7	18,6
Велика Британія	5,8	5,8	Польща	5	5
Єгипет	2,4	2,4	Росія	2,8	2,8
Індія	15,5	16	Румунія	2,4	2,5
Іран	2	2	США	45,1	46
Іспанія	3,2	3,2	Туреччина	2,2	2,2
Італія	3,6	3,6	Україна	2,3	2,4
Канада	14,5	15	Франція	7	7
Китай	44,5	48	Чилі	4,9	6,1
Мексика	9,2	8,5	Інші країни	22,7	18
<b>Всього</b>				<b>238</b>	<b>240</b>

Таблиця 26

### Вартість солі на ринках США, \$/т [59]

	2002	2003	2004	2005	2006
Vacuum and open pan salt	120,02	124,24	128,39	128,39	145,00
Сіль з ропи, яка випаровується сонцем	53,93	53,42	49,25	49,25	52,00
Кам'яна сіль	21,62	23,11	25,83	25,83	23,00
Сіль з розсолів	5,89	7,21	7,01	7,01	8,00

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Родовища мінеральних солей – це осадові утворення, що виникли з дійсних розчинів у солоних басейнах з обмеженим доступом мінералізованих вод в аридних кліматичних умовах, що забезпечували постійно високу концентрацію солей і їх випадіння в осадок. За способом і часом відкладення, формою знаходження солей виділяють родовища сучасні внутрішньоконтинентальні озерні та прибережно-морські, викопні, розсолів і соляних джерел. Соляна маса сучасних родовищ складається із соляного розсолу (ропи) та твердих соляних відкладів (самосадку), які знаходяться в стані рівноваги. За гідрохімі-

чним принципом виділяються содовий (карбонатний), сульфатний і хлоридний типи солеродних басейнів (рис. 23).

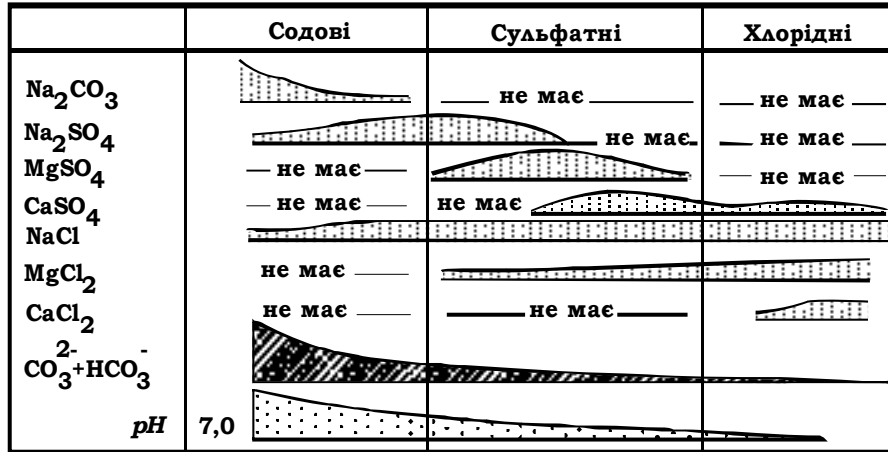


Рис. 23. Розподіл сольових компонентів за основними гідрохімічними типами водоймищ (за Н.Страховим)

При содовому галогенезі інтенсивно відкладаються карбонати кальцію та магнію (кальцит, доломіт, магнезит), але ніколи не утворюються гіпс і ангідрит. Тому вміщуючи товщі содових евапоритів відрізняються підвищеною магнезіальністю при відсутності гіпсу й ангідриту. При сульфатно-хлоридному та сульфатному галогенезі одночасно з карбонатами кальцію та магнію утворюються гіпс і, можливо, ангідрит, що відповідає високій гіпсоносності порід, які вміщують сульфатно-магнієві евапорити. При цьому формування доломіту проходить тільки з вуглекисло-магнієвих вод. У хлоридному типі галогенезу, коли евапорити утворюються при випаровуванні хлоридних вод, що містять хлористий кальцій, вмісні породи характеризуються слабким розвитком гіпсу й ангідриту, доломіт у них може бути тільки вторинний.

Склад і будова як сучасних, так і викопних соляних покладів визначаються сумісною дією багатьох факторів, найважливішими з яких є хімічний склад вихідних морських чи озерних мінеральних вод, послідовність відкладення солей із солеутворюючого розчину – ропи, метаморфізуюча дія привнесених поверхневих і глибинних вод та їх компонентів, палеогеографія солеродних басейнів та їх тектонічний режим, зміна клімату. Співвідношення солей в осадових солеродних басейнах істотно відрізняється від складу вихідної морської води й ропи. При випаровуванні морської води солі відкладаються в такому порядку: карбонати кальцію та магнію – гіпс – галіт з гіпсом – галіт з ангідритом – галіт з полігалітом – галіт з астраханітом та епсомітом – галіт із

сульфатами калію та магнію – галіт з каїнітом, кізеритом, лангбейнітом і шенітом – галіт з карналітом – галіт з бішофітом.

Така послідовність відкладення солей визначає так звану нормальну стратиграфічну колонку, що складається з шести нормальних зон (рис. 24). У природних умовах, а також у викопних родовищах ця послідовність зазнає значних змін, обумовлених складною динамікою фізико-хімічних і гідродинамічних умов солеутворення, явищами діагенезу і, можливо, іншим складом солей у морській воді давніх басейнів.

ТИПИ СТРАТИГРАФІЧНИХ КОЛОНОК					
I	II	III	IV	V	VI
нормальна бішофітова зона					
нормальна карналітова зона					карналітова зона без сульфатів
нормальна сільвінітова зона				зона сільвініту без сульфатів магнію	зона сільвініту без сульфатів магнію
зона нормальної змішаної солі					
нормальна галітова зона					
нормальна гіпс-ангідритова зона					

Зменшення вмісту  $So_4^{2-}$  →

**Рис. 24. Схема розрізу лагунних соляних відкладів при різному ступені знесульфачення вихідної морської води (за М.Валяшком)**

Води поверхневого стоку, періодично опріснюючи солеродний басейн і привносячи в нього оксид кальцію та уламковий матеріал, впливають на послідовність виділення солей з ропи та їх хімічний склад. При реакції катіонного обміну між вапняковим осадком і сульфатами магнію ропи в осадок випадають карбонати магнію (доломіт) і сульфати кальцію (гіпс), що приводить до знесульфачування ропи та відкладення переважно хлоридів натрію, калію, магнію. Знесульфачування ропи на початку солеутворення обумовлює накопичення потужних доломіт-гіпсових (ангідритових) товщ у нижній частині розрізу соленосних відкладів. Привнесення великої кількості теригенного піщано-глинистого матеріалу до соляного басейну робить неможливим знесульфачування, що веде до накопичення порід з хлоридами й су-

льфатами калію та магнію. Такого типу соляні відклади виділяються як сульфатні галогенні формації.

Найбільш розповсюдженим мінералом галогенних формацій є галіт. Ним складені потужні поклади на родовищах кам'яної солі та підстеляючи поклади на калійних родовищах.

У галогенних формаціях зони калійно-магнієвих солей приурочені до верхніх частин розрізів галогенних відкладів, а найповніші розрізи спостерігаються в найбільш вигнутих ділянках солеродних басейнів.

Порядок кристалізації калійно-магнієвих солей залежить від температурного режиму, сезонних та вікових змін клімату. Він ускладнюється постійним або періодичним притоком в басейн морських вод і вод поверхневого стоку. У великих солеродних басейнах порядок зміни шарів різного мінерального складу та циклічне повторення комплексу таких шарів обумовлюється зміною режиму осадконакопичення та послідовністю кристалізації різних мінералів з ропи.

У галогенних формаціях безсульфатного (хлоридного) типу калієносні зони представлені потужними товщами – сильвінітовою нижньою та карналітовою верхньою; рідше спостерігається їх чергування. Від периферії до центру басейну сильвініти замінюються карналітитами, а останні, деколи, – бішофітовими породами.

У сульфатно-хлоридних перехідних формаціях нижче зони сильвінітів залягають зони із сульфатами магнію та калію (полігаліт, кізерит, лангбейніт) і хлоридо-сульфати (каїніт); відмічаються фаціальні переходи карналітових шарів у сильвініти. У сульфатних формаціях розрізи галогенних відкладів мають складну будову, а поклади утворені полігалітом, каїнітом, лангбейнітом, карналітом, сильвіном і галітом, містять багато прошарків соленосних глин і мергелів.

За умовами і часом утворення родовища мінеральних солей поділяють на викопні та сучасні.

**Викопні родовища** – це потужні пластові, штоко- й куполоподібні поклади солей, що утворилися в минулі геологічні епохи та залягають на різній глибині від поверхні. Вони часто поширені на площі в десятки та сотні квадратних кілометрів при потужності соляних відкладів до 1000 м і більше. Цей тип є найважливішим у промисловому відношенні, і до нього належать усі найбільші родовища світу, зокрема Слов'янсько-Артемівське родовище в Донбасі, Прикарпатські родовища.

Соляні поклади утворюють характерні штоко- та куполоподібні форми – соляні куполи. Площі їх розповсюдження називають солянокупольними областями, або областями соляної тектоніки. Солянокупольні структури утворюються в результаті повільного та постійного підйому соляних мас з місця їх первинного та пластового залягання в більш високі стратиграфічні горизонти; з місць високого тиску в об-

ласть низького тиску. У будові соляних покладів важливу роль відіграють специфічні властивості соляних порід – їх низька питома вага, пластичність, компактність. Рухаючись до поверхні, маса солі піддається дії циркулюючих вод. У першу чергу, вилуговується та розчиняється покрівля куполу, у результаті чого поверх нього утворюються залишкові форми, які одержали назву кепроку (гіпсової шляпи).

Соляно-купольні структури складаються з двох основних елементів: соляного масиву в ядерній частині та більш молодих осадових гірських порід, що вміщують соляний масив. Соляно-купольні структури є важливим джерелом кам'яної солі, зокрема, в Україні вони широко розвинуті в ДДЗ.

В результаті вилуговування підземними водами солей викопних родовищ або соленосних гірських порід утворюються солоні джерела та розсоли. Такі розсоли методом підземного вилуговування видобуваються на Слов'янському та Новокарфагенському родовищах.

**Сучасні родовища** – це соляні озера, затоки, лагуни, в яких випадіння солей почалося порівняно нещодавно і продовжується дотепер. За розмірами і запасами вони значно менші викопних родовищ, але завдяки більшій розповсюдженості, легкій і доступній розробці, мають великий промисловий інтерес. Прикладом таких родовищ можуть бути озера Баскунчак і Ельтон, затока Кара-Богаз-Гол, в Україні широко розробляються соляні лимани одеських, генічеських і сиваських промислів. Залежно від умов утворення родовища цього типу поділяються на морські та материкові озера. Морські озера виникають при трансгресії моря та відділяються від нього запрудою, або при регресії, коли морська вода залишається в западинах колишнього морського дна й утворює котловинні морські озера або ільмені. Материкові озера утворюються шляхом заповнення безстічних западин поверхневими водами, які містять різні вилужені з навколишніх порід солі. Такі озера називаються котловинними материковими озерами.

За складом розсолу соляні озера поділяються на карбонатні, зі складом розсолу –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ; сульфатні з двома підтипами – сульфатно-натрієвим зі складом  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$  і хлор-магнієвим зі складом  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgCl}$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ; хлоридні зі складом  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ .

За станом озерного розсолу розрізняють ранні, сухі та підпісочні озера. Останні не мають поверхневої ропи впродовж цілого року й часто несуть сліди закарстованості.

Величезними родовищами солей є сучасні моря й океани, сіль яких деколи видобувають з морської води шляхом випаровування або виморожуванням.

## КАМ'ЯНА СІЛЬ

Галіт (кам'яна або кухонна сіль)  $\text{NaCl}$  зустрічається в природі у вигляді зернисто-кристалічних агрегатів з різною величиною зерен. Сингонія кубічна, густина 2,1–2,2, твердість 2. У чистому вигляді – водно-прозорий, але через домішки глини, органічних речовин, оксидів заліза часто буває забарвлений у сірий, бурий, червоний, рожевий колір. Смак солоний. Легко розчиняється у воді, причому з підвищенням температури розчинність збільшується дуже повільно. При розчиненні  $\text{NaCl}$  у воді відбувається значне поглинання тепла. Характеризується антисептичними властивостями, запобігає гниттю органічних тканин. Гідрогаліт – соляний осад, який ще не перейшов у породу й утворюється при безпосередньому осадженні хлориду натрію в соляних озерах або джерелах. Гранатка – більш спресована молода соляна порода, що складається зі слабозцементованих зерен галіту. Галіт є найбільш розповсюдженим мінералом усіх галогенних формацій.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Солі використовуються в різних галузях: у побуті, сільському господарстві, харчовій і хімічній промисловості. Галіт широко використовується як харчовий продукт і приправа до їжі людей і тварин, будучи головним вихідним продуктом для утворення в підшлунковому соку соляної кислоти. Річна потреба дорослої людини становить 7–9 кг. Хлористий натрій використовується для одержання понад 1500 продуктів. Антисептичні властивості галіту широко застосовуються для збереження продуктів: м'яса, риби, овочів, масла тощо від розкладання та псування під час довгого зберігання. Для цього галіт використовується і в холодильній справі завдяки його властивостям поглинати тепло при розчиненні. У сільському господарстві кухонна сіль додається як безпосередньо в їжу травоядних тварин, так і при заготівлі кормів (силосування, засолення сіна). В хімічній промисловості кам'яна сіль використовується для виробництва кальцинованої та каустичної соди, соляної кислоти, хлористого кальцію, хлору, натрію, амонію, ціаністого натрію тощо. Вона застосовується в текстильній, лакофарбовій, лісотехнічній, фармацевтичній, шкіряній, целюлозно-паперовій та в інших галузях промисловості, а також для виробництва миючих засобів, гербіцидів, нашатирного спирту. Елементарний натрій використовується як теплоносій в атомних реакторах, у клапанах авіаційних двигунів, а також як активний відновник при виробництві цирконію та інших металів, ціаністий натрій – для вилу-

чення з руд золота, хлор – у виробництві інсектицидів, для одержання полівінілхлориду (вініпласту) та інших матеріалів органічної хімії.

Кам'яна сіль за призначенням і використанням поділяється на харчову (50 % загального виробництва), технічну (40 %) і кормову (10 %). Харчова кухонна сіль за способом виробництва та характером обробки поділяється на виварну, молоту (кам'яна, самосадова, садочна), немолоту йодовану. Серед немолотої солі виділяють: комову ("глиба"), дробинку й зернову ("ядро"). Солі дробинка й зернова випускаються з діаметром частинок не більше 40 мм, глиба – з масою кусків від 3 до 50 кг. За хімічним складом передбачені такі ґатунки солі: екстра, вищий, перший, другий (табл. 27).

**Таблиця 27**

**Вимоги до хімічного складу кухонної солі (у % на суху речовину)**

Ґатунок	NaCl (не менше)	Нерозчинний у воді залишок (не більше)	Граничний вміст			
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Екстра	99,7	0,03	0,02	0,01	0,16	0,005
Вищий	98,4	0,16	0,35	0,05	0,8	0,005
Перший	97,7	0,45	0,5	0,1	1,2	0,01
Другий	97,0	0,85	0,65	0,25	1,5	0,01

У йодованій солі добавка йодистого калію становить 25 г/т. У ґатунку екстра для стабілізації йодистого калію додають тіосульфат натрію (250 г/т). 5 %-й розчин солі повинен мати чисто солоний смак, не мати запаху, за винятком йодованої солі, для якої допустимий слабкий запах йоду. Сіль екстра повинна мати білий колір; для інших ґатунків допускаються відтінки: сіруватий, жовтий, рожевий. Для солі більшості родовищ не допускають наявності помітних на око сторонніх механічних домішок (невелика їх кількість може бути в солі Артемівського та Солотвинського родовищ).

Кормова кам'яна сіль буває трьох видів: розсипна, глиба, брикети. У розсипній солі масова частка має бути більше 93 %, відсотковий вміст нерозчинного залишку – не більше 5 %, колір солі має бути білим. Технічна кам'яна сіль за способом одержання поділяється на виварну, кам'яну, озерну та садочну, за способом переробки – молоту й зернову. Для запобігання злежуванню солі допускається її обробка залізо-синеродистим триводним калієм  $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 36H_2O$  (10–150 г/т).

Відходи калійного виробництва розглядаються як технічна кам'яна сіль при вмісті NaCl не меншим 90 %, KCl – до 3 %, MgCl<sub>2</sub> до 0,5 %, CaSO<sub>4</sub> до 2,6 %, нерозчинного залишку – до 2 %.

З морської води (вміст NaCl 27 г/л), природних (до 250 г/л) чи штучних розсолів (до 310 г/л), одержаних при підземному вилуговуванні солі (NaCl не менше 70–96,2 %) шляхом природного чи заводського випаровування виробляється штучна осадова та виварна кухонна сіль. Видобуток кам'яної солі проводиться підземним способом і підземним вилуговуванням. Озерна сіль добувається на озерах.

Серед соляних мінералів, що містять сульфат натрію, основне промислове значення мають мірабіліт (глауберова сіль) і тенардит. Перспективними для використання найближчим часом можуть стати також астраханіт і глауберит. Сучасне видобування сульфату натрію базується, головним чином, на поверхневих і похованих (міжкристальних) розсолах соляних озер, що збагачені сульфатом натрію до 60–100 г/л. Значна частина сульфату натрію, що одержують з природної сировини, характеризується високою якістю. Вимогами до товарного сульфату натрію передбачено вміст основного компонента для вищого ґатунку до 99,5 %, I – до 98 %, II – до 97 % при вмісті нерозчинного залишку відповідно не більше 0,4, 0,9 і 2 %. Основними споживачами сульфату натрію є целюлозно-паперова, хімічна та скляна промисловість, у менших кількостях він використовується для виробництва миючих, харчових і медичних продуктів, у холодильній справі.

Основну кількість карбонату натрію (кальцинованої соди) одержують штучно шляхом переробки кам'яної солі, її розчинів і карбонатних порід. Однак подальше розширення виробництва соди такими методами гальмується складною проблемою ліквідації величезної кількості промислових відходів, які завдають великої шкоди навколишньому середовищу. Тому в сучасних умовах важливого значення набувають видобування та переробка природної соди – трони, нахколіту, давсоніту та інших содових мінералів. Наприклад, у США 1978 р. із загального обсягу виробництва кальцинованої соди 8 млн т на частку природної содової сировини (трони) припадало 7 млн т.

У структурі використання кальцинованої соди основну роль відіграє скляна промисловість, виробництво хімікатів і миючих засобів, а також багато інших галузей народного господарства.

Загальноприйнятих вимог і кондицій до запасів і якості природної содової сировини немає. Мінімальний бортовий вміст карбонату натрію в рудах 5 % для гірничого методу видобування та 3 % для методу підземного вилуговування на Михайлівському родовищі (оз. Танатар). Вимоги для природних содових розсолів також відсутні. Вміст карбонату натрію 4,8–5,0 % характерний для розсолів оз. Тексако (Мексика). Технічно й економічно вигідно одержувати соду шляхом переробки підземних содових вод з підвищеною мінералізацією ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ ) 5–10 г / л при дебіті свердловин до 200 м<sup>3</sup>/добу.



## Економічні відомості

Світові континентальні ресурси натрієвої солі складають понад  $(3,5-4,0) \cdot 10^{15}$  т, а у світовому океані в кожному  $1\text{ м}^3$  води міститься близько 27,2 кг NaCl. Світові запаси натрієвої солі величезні. Світове виробництво натрієвої солі складає 210–295 млн т у рік: США – 43–45 млн т, Китай – 30–35, Німеччина й Індія – по 14–16, Канада – 12–13, Австралія – 9–10; інші країн (по 2–7 млн т у рік). Головні експортери (39–40 млн т) – Австралія, Мексика, Канада, Німеччина, Нідерланди, Чилі; імпортери (39–40 млн т) – США, Японія, Корея, Індонезія, Тайвань.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Переважним джерелом натрієвої солі є викопна кам'яна сіль, велике значення має осадова сіль, одержувана з ропи морських лагун або солоних озер, а також з природних розсолів. За способом утворення промисловими типами галогенної формації є відклади лагун, морських заток, крайових частин епіконтинентальних та внутрішньоконтинентальних морів.

## Родовища України

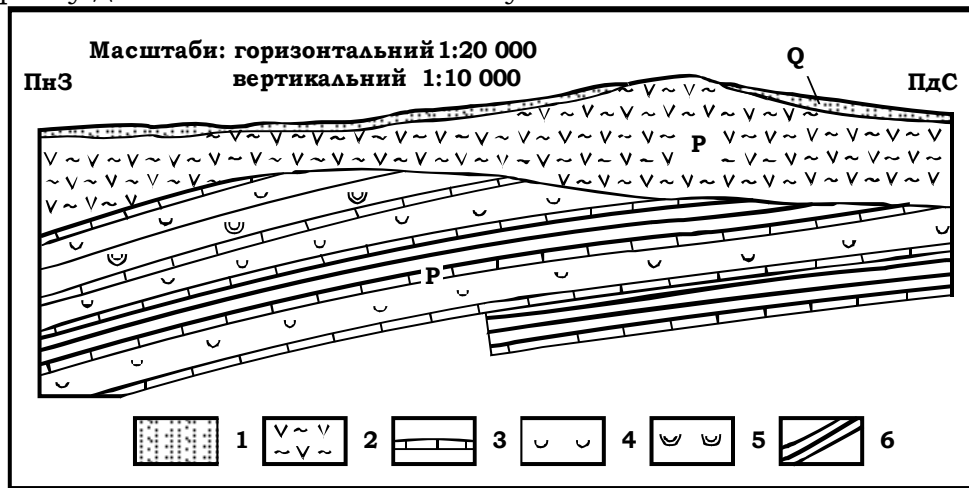
В Україні ресурси кам'яної солі зосереджені в Донецькому, Дніпровсько-Донецькому, Закарпатському, Передкарпатському, Переддобруджинському соленосних басейнах, а також в розсолах і самосадній солі озер Причорноморського регіону [6, 26, 48]. В Україні запаси кам'яної солі у твердій гірській породі сягають 26 млн т, осадової солі й ропи в озерах – 127 млн т, у природних розсолах –  $1911\text{ м}^3/\text{добу}$ . За розвіданими запасами кам'яної солі Україна посідає третє місце в СНД і є провідним експортером цієї сировини. Видобуток кам'яної солі в Україні у 1997 р. дорівнював 3 млн т, розроблялося 11 родовищ.

**Донецький соленосний басейн** у геолого-структурному відношенні є південно-східним закінченням ДДЗ. Родовища кам'яної солі зосереджені в Бахмутській котловині, приурочені до нижньопермської галогенної формації потужністю 800–1600 м (микитівська, слов'янська, краматорська світи). Кам'яна сіль становить 12–84 % їхнього розрізу, сумарна потужність соляних пластів досягає 100–360 м, глибина залягання – 170–1500 м. Максимальна кількість пластів солі приурочена до відкладів слов'янської світи, де виділено 10 пластів кам'яної солі потужністю 22–35 м (підбрянцевський, брянцевський, надбрянцевський та ін.), хоча достатньо потужні (20–65 м) пласти солі

виявлені і в микитівській світі (2 пласта), а крматорська світа на 80 % складена солевими відкладами.

Експлуатуються **Артемівське, Слов'янське і Новокарфагенське родовища** (рис. 25). Запаси солі на них за категоріями А+В+С<sub>1</sub> складають (млн т): на Артемівському – 13702 (до глибини 500–600 м), Слов'янському – 890, Новокарфагенському – 478, а категорії С<sub>2</sub>, відповідно, – 1946, 4578, 32. Вони відпрацьовуються шахтами (Артемівське) чи способом розсолотримання (Новокарфагенське і Слов'янське), з видобутком солі (тис. т): 2009 (Артемівське), 55 (Слов'янське) і 192 (Новокарфагенське).

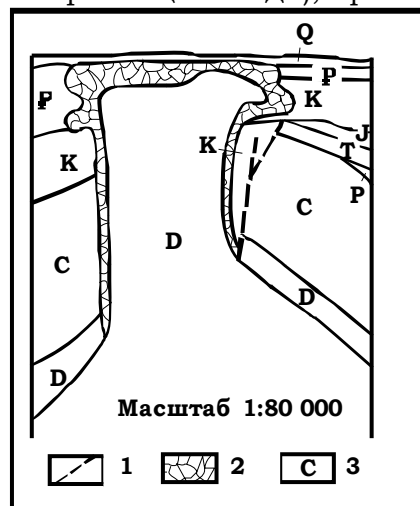
В **Дніпровсько-Донецькому басейні** соленосні відклади (уперше встановлені бурінням у Ромнах у 1932 р.) приурочені до девону, який поділяються на підсоленосну, соленосну, карбонатну, глинисто-ангідризову та глинисто-мергелисту світи. Підсоленосна світа представлена темно-сірими глинистими сланцями, доломітами, доломітизованими мергелями, різнокольоровими глинами з прошарками пісковиків і доломіту; соленосна – алевролітами, карбонатними пісковиками, сланцями, мергелями, глинами з прошарками гіпсу, ангідриту, кам'яної солі; карбонатна – мергелистими сланцями з прошарками вапняків; глинисто-ангідризова та глинисто-мергелиста – глинами та аргілітами, глинистими сланцями з включеннями вапняку та ангідриту. Девон перекривається теригенно-карбонатними відкладами від карбону до кайнозою загальною потужністю більше 5 км.



**Рис. 25. Артемівське та Новокарфагенське родовища кам'яної солі (за матеріалами Л.Іващенко, 1972)**

1 – суглинки, мули, піщано-галечникові відклади; 2 – кора вивітрювання соленосних відкладів; 3 – вапняки; 4 – сіль кам'яна; 5 – гіпси, ангідрити; 6 – сіль кам'яна серед гіпсів, ангідритів, аргілітів (позамасштабні верстви)

**Роменське родовище** знаходиться за 8–9 км на схід від м. Ромни, приурочене до куполоподібної структури, де мезозойські породи прорвані сіллю девонського віку. У площині соляний шток має форму еліпсу (2 x 6 км), у розрізі – гриба, ніжка якого розширюється з глибиною (рис. 26). Потужність соляного покладу перевищує 1675 м. Соляний шток перекритий кепроком, складеним у верхній частині глібами та уламками діабазів, глинистою тектонічною брекчією, а в нижній – ангідритом і гіпсами. Тільки частина соляних пластів (біля 30 %) задовольняє вимогам промисловості щодо якості кухонної солі, містить понад 97 % хлористого натрію й менше 1 % нерозчинного залишку. Сировина інших соляних пластів може бути використана для технічних цілей. Балансові запаси кам'яної солі (A+B+C<sub>1</sub>) 435,9 млн т. Родовище не освоєно промисловістю, хоч проектувалося будівництво содового заводу. Проте через значну віддаленість родовищ крейди (важливий компонент виробництва соди), проект не був здійснений.



**Рис. 26. Родовище Роменське (схематичний геологічний розріз за матеріалами І.Баранова)**

1 – тектонічні порушення; 2 – гіпсоносна брекчія; 3 – підрозділи загальної стратиграфічної шкали

**Єфремівське родовище** (Харківська обл.) приурочене до штоку девонської кам'яної солі. Запаси до глибини 1200 м за категоріями A+B+C<sub>1</sub> складають 390,7 млн т, C<sub>2</sub> – 149 млн т. Експлуатація родовища здійснюється розсолотримом Первомайського підприємства „Хімпром”, проектна продуктивність якого 270 тис. т гірської маси або 879 тис. м<sup>3</sup> розсолу на рік. Щорічно погашається близько 60 тис. т запасів кам'яної солі при виході продукції 39 тис. т (NaCl – 99,56 %).

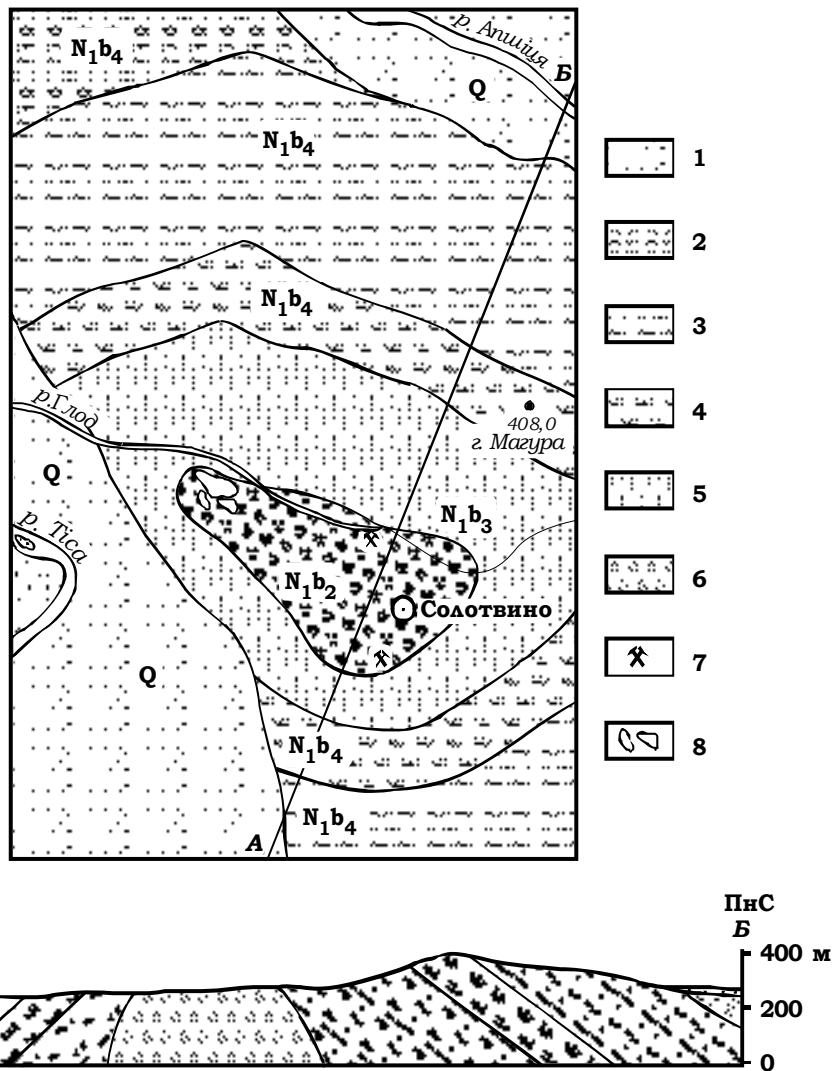
Крім того, в ДДЗ відомі перспективні Південноперещепинська ділянка із запасами ( $C_1$ ) 108 млн т; Дмитрівський, Ромоданівський, Медведівський соляні куполи; Каплицевська, Логовиковська, Олексіївська, Синявська, Валковська, Позняківська, Ісачківська, Ромоданівська, Солоницька структури.

У **Закарпатському басейні** соленосні відклади утворюють пластові поклади (до 500 м) на глибинах більше 1500 м, складаються з кам'яної солі з прошарками гіпсів, ангідритів, глин, пісковиків в межах Солотвинської западини. Вони пов'язані з верхньотереблянською світою тортону, де виділяється три горизонти. Нижній складається з великокристалічної кам'яної солі з незначною кількістю глинистого матеріалу й ангідриду, його потужність до 50 м на Тереблянському родовищі, на південний схід повільно виклинюється. Середній горизонт (соленосні глини) розвинений на Солотвинському родовищі. Верхній горизонт на Солотвинському родовищі складений чистою великокристалічною сіллю з прошарками в нижній частині глинистої кам'яної солі, а на Тереблянському – прошарками сірих солей, глинистої солі та соленосних глин потужністю 170 м.

Солотвинським солерудником експлуатується **Солотвинське** родовище кам'яної солі із запасами солі ( $A+B+C_1$ ) 348 млн т,  $C_2$  – 109 млн т, проектною потужністю 1190 тис. т, видобутком 163 тис. т солі (2001 р.). Розвідане **Тереблянське родовище**, запаси якого ( $A+B+C_1$ ) складають 1396 млн. т.

Солотвинська структура являє собою велику брахіантиклінальну складку, що простягається з північного заходу на південний схід. Ядро складки – це соленосна товща, що виходить на поверхню. На **Солотвинському родовищі** поклад солі штокоподібний, має діапірову структуру (рис. 27) складається із забруднених і чистих прошарків кам'яної солі. Виділяють такі різновидності солі: біла, чиста, розміром від 1 до 100 мм; сіра, димчасто-сіра, середньо- й дрібнозерниста; сіра, дуже щільна та міцна; землиста, зі значною кількістю глинистих домішок і ангідриду; кристали галіту кубічного габітусу (0,5–10 см); волокниста. Вміст галіту в соленосних відкладах коливається від 97 до 99,69 %.

На родовищі було пройдено вісім шахт, з них збереглося лише дві: одна діюча, друга – вентиляційна. Шахтне поле розкрито трьома стволами. Видобувають сіль вибуховим способом із застосуванням камерної системи розробки з ґрунтоуступним вийманням в очисному вибої. Висота камер становить 60–65 м при ширині 22 м і довжині 50 м. Між камерами залишаються цілики з розміром у перерізі 20 х 30 м. Товщина стеліни – 20 м. Головний видобувний ствол пройдено на глибину 205 м.



**Рис. 27. Геологічна карта і розріз родовища Солотвинського, кам'яна сіль (за О.Івановим)**

1 – четвертинні алювіальні галечники, піски і глини; 2–4 – тересвинська світа: 2 – пісковики, глини, туфи і конгломерати; 3 – глини, пісковики; 4 – туфи; 5 – солотвинська світа: глини, пісковики; 6 – тереблянська світа: аргіліти, алевроліти, пісковики, кам'яна сіль; 7 – шахти; 8 – солоні озера

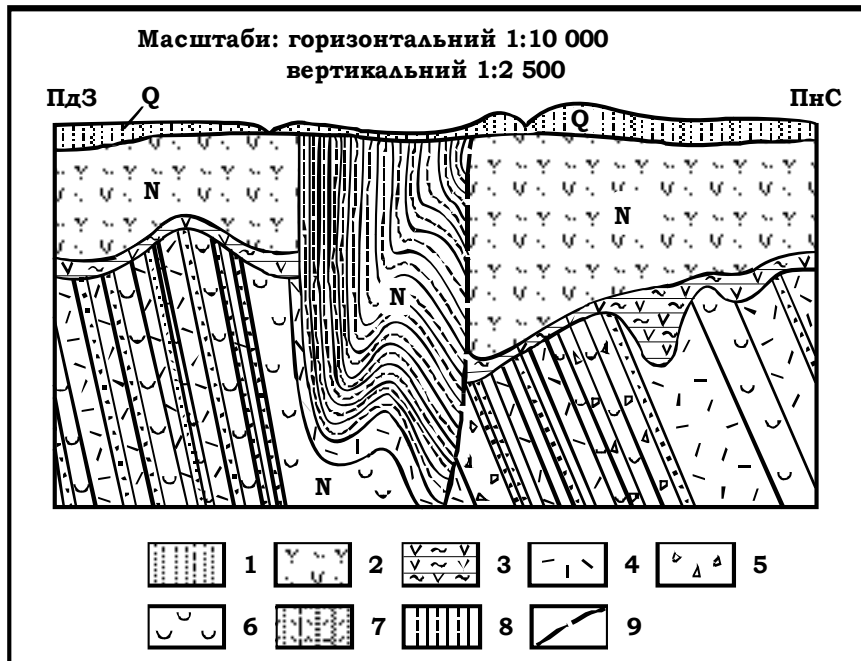
У **Передкарпатському прогині** солі приурочені до воротищенської серії, балецької і тираської світ. Воротищенська серія поділяється на три світи: нижньоворотищенську – сірі й темно-сірі піщані глини з прошарками алевролітів, пісковиків, лінзами конгломератів, пачками (до 300 м)

кам'яної солі; загорську – алевритові глини, алевроліти, пісковики, доломіти, піщано-глинисті брекчії, конгломерати; верхньоворотищенську – сірі глини, аргіліти, дрібнозернисті пісковики, пачки і лінзи (до 100–150 м) соляних брекчій ("зубер"), кам'яної й калійної солі. Верхньоворотищенська світа по простяганню повільно переходить на південному сході в добротівську, що складена пісковиками, алевролітами й аргілітами, які нагадують типові флішові відклади. Обидві світи поступовими переходами пов'язані зі стебницькою, яка їх перекриває. Остання складена рожевими, червоними, сірими, зеленими глинами.

Стебницьким ДГХП „Полімінерал” розробляється **Стебницьке родовище** калійно-магнієвих солей, де відомо більше десятка лінз калійних солей, виділяється чотири пачки солей, що розділені піщано-глинистими породами. Запаси солі родовища (A+B+C<sub>1</sub>) 250 млн т, видобуток 9 тис. т (2001 р.). Розвідані **Губицьке** і **Верхньострутинське родовища**, загальні запаси яких (B+C<sub>1</sub>) 89 млн т. Тут також відомі родовища природних розсолів, до яких приурочені родовища: **Болахівське**, **Долинське**, які служать сировинною базою Долинського солеварного комбінату з проектною потужністю 15 тис. т солі на рік; у 2000 р. з Болахівського родовища видобуто 1,5 тис. т солі; і **Дрогобицьке**, звідки ОП „Дрогобицький солеварний завод” (з проектною потужністю 11,0 тис. т солі) видобув 1,2 тис. т солі.

**Долинське родовище** (рис. 28) природних розсолів знаходиться на східній околиці м. Долина. Воно складено відкладами воротищенської серії, нижньостебницької світи нижнього міоцену. Нижньо- й верхньоворотищенська світи є соленосними, представлені пластами засолених глин, алевролітів, аргілітів, пісковиків, що чергуються з пластами й лінзами глинистої кам'яної солі. Падіння пластів північно-східне з кутом близько 60°. Породи розкриті свердловинами на глибину до 100 м. Запаси родовища становлять 269 м<sup>3</sup> на добу. Експлуатується (з 1904 р.) за допомогою двох шахт і чотирьох свердловин, сумарний дебіт яких становить 150 м<sup>3</sup> на добу при концентрації розсолів 250–310 г/л. Розсоли зі свердловини надходять до двох розсолотримачів місткістю 450 і 100 м<sup>3</sup>. Випарювання солі відбувається в чотирьох гренях – спеціальних посудинах з великою потужністю випарювання.

У **Переддобруджинському прогині** соленосною є конгазька світа кімериджу, складена сіллю з прошарками ангідриту, потужністю 30–70 м, глибиною залягання 300–500 м, площею – до 100 км<sup>2</sup>. Оцінено **Ізмайльське родовище** кам'яної солі з запасами категорії C<sub>1</sub> – 817 тис. т, C<sub>2</sub> – 2263 тис. т.



**Рис. 28. Родовище Долинське, підземні розсоли (схематичний геологічний розріз за матеріалами Ф.Кулібаби, 1964)**

1 – суглинки, мули, піщано-галечникові відклади; 2 – кора вивітрювання соленосних відкладів; 3 – підземні розсоли; 4 – соленосні глини; 5 – соленосні брекчії; 6 – сіль кам'яна; 7 – прошарки пісковиків; 8 – аргіліти; 9 – розсоли

До типу **озерних басейнів** належить самосадна поварена сіль і розчинений в ропі солоних озер і лиманів NaCl. ВАТ „Кримський содовий завод”, ВАТ „Бром” і кооперативом „Галіт” розроблюються родовища **Сиваське** і **Сасик-Сиваш** із загальними запасами солі за категоріями В+С<sub>1</sub> 80761, С<sub>2</sub> – 18 тис. т. У 2001 р. було видобуто 2669 тис. т NaCl (Сиваське) і 6 тис. т зернистої солі (Сасик-Сиваш).

**Сиваський солепромисел** приурочений до Західного та Східного Сивашей, що з'єднані між собою вузькою Чонгарською протокою, а з Азовським морем – досить глибокою Генічеською протокою. Найбільша глибина Західних Сивашів становить 1 м. Гідрологічний режим залежить від напрямку й сили вітрів. Східні вітри женуть воду з Азовського моря у Східні Сиваші, а звідси через Чонгарську протоку – у Західні Сиваші. Західні вітри женуть воду в Азовське море. Загальна площа Сивашів дорівнює 2542,8 м<sup>2</sup>. Сіль видобувається способом природного випаровування ропи в басейнах. Площа басейнів становить 30,2 га. Видобуток солі проводиться вручну. Середня потужність пласта за останні роки становила 55 м. Балансові запаси Сиваського солепромислу за категоріями А+В+С – 122,3 млн т.

## ДАВСОНІТ

Давсоніт – оксидна форма алюмогідрокарбонату натрію  $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{CO}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . У природі зустрічається переважно у вигляді голчастих і волокнистих кристалів і пластинок, глобул з шовковистим блиском. Під дією кислот кипить, розчиняється у воді й дає лужну реакцію. У цьому випадку виділяється гідроксид алюмінію.

Давсоніт є гостродефіцитним видом високотехнологічної гірничо-хімічної сировини. Інтерес до давсоніту виник, коли його почали синтезувати для потреб фармакології. Уперше природний давсоніт був знайдений у Канаді, але тільки з виявленням унікальних скупчень за падини Пайсінес-Крик (штат Колорадо, США) він став розглядатися як промисловий мінерал – потенційне джерело для виробництва алюмінію й кальцинованої соди. Промислова значимість давсоніту як комплексної сировини для одержання соди й глинозему визначається його складом. 1 т мінералу достатньо для одержання 350 кг глинозему та 500 кг кальцинованої соди. Давсоніт може утворювати стратиформні поклади з дуже великими ресурсами. За мінеральним складом родовища давсоніту відносять до нахколітового й давсонітового геолого-промислових типів (табл. 28). Головною умовою для утворення давсонітової мінералізації є дія високомінералізованих содових вод підвищеної температури, що містять карбонати й бікарбонати натрію, на алюмосилікатні та глиноземні породи.

**Таблиця 28**

**Геолого-промислові типи родовищ давсоніту**

Мінеральний тип	Промисловий тип	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ %	Форма і розмір рудних тіл	Родовища
Давсоніт-нахколітовий	Розсіяно-вкраплений	10–15	Стратиформні поклади, площа до 500 км <sup>2</sup> , потужність – метри	Пайсінес-Крик
Давсонітовий	Прожилковий Розсіяно-вкраплений	2–4,5	Стратиформні поклади, площа десятки км <sup>2</sup> , потужність десятки метрів	Солотвинська западина
Боксит-давсонітовий	Пластовий, розсіяно-вкраплений	15–25	Пласти, лінзи, площа – перші десятки км <sup>2</sup> , потужність – перші метри	Заозерне (Білорусь)
Тунісіт-давсонітовий	Прожилковий розсіяно-вкраплений	7–15	Шари, лінзи, розміри за простяганням 3,5–5 км, за падінням – 0,4–0,6 км	Солянокупольні структури Донбасу



За генетичними ознаками виділяються чотири типи проявів давсоніту: лімногенний, катагенний, гідротермальний, гіпергенний.

Лімногенні прояви, приурочені до відкладів соляних озер содового типу, утворюються в областях з аридним кліматом, поділяються на седиментогенні, ранньодіагенетичні, пізньодіагенетичні, епігенетичні. Типовим представником є содоносна формація Грін-Рівер в Америці.

Катагенні прояви утворюються під дією мінералізованих високосодових підземних вод, насичених вуглекислою. Серед них можуть зустрічатися як стратиформні, так і січні. Елементи, необхідні для утворення давсоніту, поступають з вміщуючих порід. Вуглекислота може мати будь-яке походження (біохімічне, метаморфічне, вулканічне), мігрувати з більш глибоких горизонтів. Тому прояви катагенного типу частіше приурочені до вугленосних і нафтогазоносних басейнів, а також до областей вулканічної діяльності. До цього типу відносять прояви давсоніту в Донбасі, в Солотвинській западині, в Закарпатті.

Гідротермальні прояви формуються під дією висхідних термальних мінералізованих високосодових вод на алюмосилікатні породи, приурочені до зон розломів і жил гідротермального походження (солянокупольні родовища ртуті, свинцю і цинку в ДДЗ, Закарпатті, Донбасі).

Гіпергенні прояви утворюються на поверхні землі в засушливій обстановці при вивітрюванні нефелінових туфів (родовище Заозерне в Білорусі).

В Україні давсоніт виявлений у відкладах Солотвинської западини, Складчастих Карпат, на ртутнорудних полях Донбасу [12, 30, 31, 34].

У Солотвинській западині давсоніт поширений у вулканогенно-осадових породах новоселицької і тересвинської світ міоцену на території 50 км<sup>2</sup>. Він виповняє тріщини й порожнечі в аргілітах, алевролітах, пісковиках і є накладеним. Вміст його в пісковиках – 1,5–7 %, він розвивається по глинистому цементу і польових шпатах. У туфах давсоніт знаходиться в пелітовій масі, заміщуючи уламки плагіоклазу й вулканічного скла. У пелітових туфах вміст давсоніту досягає 10–15 %, інколи 20–60 %, у мергелях – 1–4 %, у лужних бентонітах – до 10–15 %. Мінерал утворює білосніжні шовковисті скупчення у вигляді сферолітів, глобул, снопоподібних агрегатів, а також прожилки розміром до 2 мм. Утворення давсоніту пов'язується зі зміною цеолітизованих туфів під дією гарячих вуглекислих содових вод. Найбільші концентрації давсоніту зустрічаються у Вишківському рудному полі (ділянка Кишта), де він асоціює з цеолітами (кліноптилоліт, морденіт, анальцим).

На Буштинській площі давсоніт зустрічається на глибині 123,2–464,1 м, потужність покладу в середньому 21,7 м, середній вміст давсоніту 10,84 %, прогнозні ресурси давсонітової руди – 279 млн т, давсоніту – 30,2 млн т. Його видобуток можливий за допомогою підзем-

ного розсолопромислу. Найбільше родовище Руське поле в Закарпатті містить 125 млн т руди при обсязі давсоніту та природної соди 7 %.

В Донбасі давсоніт приурочений до подрібненої карбонатної надсоляної брекчії Адамівського підняття й до змінених польовошпатово-кварцових пісковиків ісаївської світи верхнього карбону в тектонічній зоні Дружківсько-Костянтинівської брахіантикліналі. Утворює гніздоподібні скупчення кристалів білого кольору розміром до 1 мм. Зустрічається із сидеритом, анкеритом, кальцитом, дикітом. Крім цього давсоніт фіксується в межах відомих сульфідних рудопроявів, що приурочені до соляно-купольних структур (Слов'янська, Корувська, Біляївська та ін.). Прояви давсоніту виявлені в межах Кіндратівської (Дружківсько-Костянтинівська антикліналь) і Слов'янської (Адамівсько-Бугаївська солянокупольна структура) ділянок.

На **Кіндратівській ділянці** давсоніт встановлений у стратиформних пластових тілах і зонах дроблення на 7 км за простяганням і до 600 м за падінням. Він заповнює пори в пісковиках, порожнечі від кореневої системи рослин, складає дрібні розетки в цементі, виповняє скоринки і нальоти на площинах тертя, тріщини. Вміст давсоніту 1–10 %, прогнозні ресурси ділянки за категорією  $P_2$  при бортовому вмісті давсоніту 5 % складають 5,1 млн т.

На **Слов'янській ділянці** содова мінералізація локалізована в надштоковій (діапіровій) брекчії на глибинах 420–940 м, у вигляді лінзи площею 0,9 км<sup>2</sup>. Давсоніт (рідко тунісит), зустрічається у вигляді мікроконкрецій (0,2–0,5 мм), виповняє тріщини, разом з анкеритом і кальцитом утворює радіально-променисті агрегати, зустрічається в складі цементу. Його розподіл нерівномірний, вміст коливається від 5 до 22 % (у середньому 11,6 %). Прогнозні ресурси давсоніту категорії  $P_1$  складають 3,96 млн т при бортовому вмісті 10 % і 5,5 млн т – 5 %.

Перспективними є брекчії солянокупольних структур ДДЗ (Новодмитрівська, Степківська, Берецька, Лозівська, Ніжинська, Тванська, Іваноградська, Парафіївська, Іваницька, Синівська тощо).

Крім цього в Закарпатті й Карпатах розповсюджені підземні содові води з мінералізацією 1–2 г/л інколи – до 30–50 г/л. Содові води переважно інфільтраційні гідрокарбонатно-натрієві, хлоридно-натрієві. Вміст карбонатів натрію в них досягає 9–27 г/л при загальній содовості 25–85 %. Води пов'язані з неогеновими, палеогеновими та верхньокрейдовими породами (свердловини в районі Ужгорода, Берегова, Сваляви, Шаят, джерела в селах Попитник, Петровець).

Таким чином, наявність проявів давсоніту, високосодових підземних вод, цеолітових порід дозволяє вважати Карпати й Донбас перспективними регіонами щодо знаходження й інших содових мінералів – трони, нахколіту.

# КАЛІЙНА СІЛЬ

## Загальні відомості

Головними породоутворюючими мінералами калійних солей є сильвін, карналіт, каїніт, лангбейніт, пікромерит, глазерит і полігаліт.

**Сильвін** за зовнішнім виглядом і формою знаходження дуже подібний до галіту, разом з яким він часто зустрічається. У чистому вигляді забарвлений сполуками заліза в червоний колір. Смак – гіркувато-солоний. Легкорозчинний у воді, з підвищенням температури розчинність збільшується, чим сильвін відрізняється від галіту. Порооди, що складаються із сильвіну та галіту, носять назву сильвінітів. Зазвичай вони містять 20–40 % KCl, 58–78 % NaCl, невелику кількість MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub> та ін. Розрізняють сильвініти первинно-осадові та вторинні, що утворилися з карналіту шляхом вилуговування MgCl<sub>2</sub>.

**Карналіт** утворює крупнозернисті агрегати червоного, бурого та оранжево-жовтого кольору, крихкий, смак пекучий гірко-солоний. Гігроскопічний, на повітрі легко розпадається на складові частини, при цьому MgCl<sub>2</sub> переходить у розчин, а більша частина KCl залишається у вигляді дрібного шлаку. В породах вміст карналіту 40–85 %, галіту 18–50 % з домішкою ангідриду, кізериту, глинистої речовини.

**Каїніт** часто зустрічається в щільних дрібнозернистих масах кристалів у тісному парагенезисі з галітом та іншими мінералами, переважно сульфатами. Колір – світло-жовтий, смак слабко солонувато-гіркий. Легко розчиняється у воді, не гігроскопічний. Каїнітові породи складаються з каїніту (10–50 %) і галіту (30–40 %), у ній завжди є полігаліт (до 10 %), карбонати й глинисті мінерали.

**Лангбейніт** зустрічається в щільних крупно- й грубозернистих масах кристалів розміром до декількох сантиметрів рожевого, рожево-фіолетового, світло-сірого, сірувато-білого кольору, іноді безбарвних. Смак слабкий солонуватий, у воді розчиняється гірше, ніж галіт, сильвін і карналіт. Під впливом атмосферної вологи швидко покривається тонким нальотом порошку білого кольору. Лангбейнітова порода складається з лангбейніту (30–60 %), галіту (15–45), нерозчинного залишку (10–12) з домішками сильвіну (7 %), полігаліту (3–6), кізериту (до 4). В Карпатах зустрічаються перехідні каїніт-лангбейнітові породи (лангбейніт – 10–25 %, каїніт – до 10, галіт – 30–40).

**Полігаліт** відноситься до числа дуже розповсюджених калійних мінералів. Як правило, утворює масивні тонкозернисті зростки кристалів. Колір мінералу червоний, червоно-бурий, фіолетово-рожевий, жовтий. Без смаку, у воді погано розчиняється.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Калійні солі використовуються, головним чином, у сільському господарстві та хімічній промисловості, причому на мінеральні добрива припадає 92–94 % їх світового видобутку. Справа в тому, що калій разом із фосфором служить джерелом живлення сільськогосподарських культур і підвищення їх врожайності. Особливо цінними є калійні добрива при вирощуванні цукрового буряка, різних коренеплодів, картоплі, ячменю, тютюну, коноплі, соняшнику, маку, причому для деяких з них (тютюн, бавовна) калійні добрива не тільки збільшують урожайність, але й підвищують якість продукції. У хімічній промисловості з калійних солей виробляють цілий ряд хімічних препаратів.

Їдкий калій (KOH) широко використовується в миловарній промисловості, а також для одержання різноманітних калійних препаратів, щавлевої кислоти, для сушіння газів і рідин. Поташ ( $K_2CO_3$ ) широко застосовується у скло-фарфоровій, текстильній, миловарній, шкіряній, фармацевтичній і хімічній промисловості, у фарбувальній справі, у фотографічній практиці (бромистий калій). Поташ використовується і для виробництва ціаністого калію (KCN), який йде для виділення золота при ціановому процесі видобутку його з бідних руд. З хлористого калію одержують також бертолетову сіль ( $KClO_3$ ), що використовується в сірниковому виробництві та при виготовленні бездимного пороху. Крім того, одержують перманганат калію ( $KMnO_4$ ) – енергійний окиснювач, що застосовується для вибілювання льону, вовни, ефірних і рослинних масел, у виробництві мінеральних вод, медицині, лабораторній техніці. Хлористий калій використовується у виробництві хромпіку ( $K_2CrO_3$ ), сульфату калію, який є сировиною для виробництва калієвих галунів. У сільському господарстві використовуються, головним чином, концентровані калійні добрива, які одержують шляхом хімічної та флотаційної переробки сильвінітів, каїнітів і каїніт-лангбейнітових порід.

Основним продуктом калійної промисловості є хлористий калій (KCl), який виготовляють переважно із сильвініту шляхом розчинення його в гарячій воді до повного насичення й охолодження розчину. При цьому випадає KCl, а NaCl залишається в розчині. Як мінеральне добриво використовується хлористий калій, що містить 50–60 %  $K_2O$ , а хімічно-чистий – 63,2 % KCl виробляють у вигляді кристалічного розсипчастого порошку та частково гранул. Хлористий калій марки К одержують кристалізацією з розчинів, марки Ф – флотаційним збагаченням калійних руд. Марка К поділяється на вищий, перший і другий сорти; марка Ф – на другий і третій сорти (табл. 29).

Таблиця 29

## Хімічний і гранулометричний склад хлористого калію, %

Показники	Марка К, сорт			Марка Ф, сорт	
	Вищий	I	II	II	III
KCl у перерахунку на суху речовину, не менше	99,0	98,0	95,0	95,0	92,0
Окис калію, не менше	*	*	60,0	60,0	58,1
NaCl у перерахунку на суху речовину, не більше	0,9	1,4	4,5	4,5	7,0
Нерозчинний у воді залишок у перерахунку на суху речовину, не більше	0,10	0,15	*	*	*
Волога, не більше	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0
Гранулометричний склад:					
2–4 мм, не менше	*	*	80,0	80,0	80,0
1–2 мм, не більше			20,0	20,0	20,0

\* не нормується

Для усунення злежування хлористого калію, що використовується як добриво, його обробляють амінами або іншими реагентами. Крім хлористого калію, калійна промисловість виробляє або освоює випуск калімагу, калімагнезії, сульфату калію, полігаліту.

**Калімаг** (калійно-магнієвий концентрат, збагачений каїніт, калімаг флотаційний) – зернистий незлежуваний порошок сірого кольору, який одержують флотаційним збагаченням каїніт-лангбейнітової руди. Випускається продукт двох сортів. У перерахунку на суху масу має бути (%):  $K_2O$  (не менше): I сорт – 19; II сорт – 17,5;  $MgO$  (не менше): I сорт – 9; II сорт – 8; вологи (не більше): I і II сорт – 4. Залишок на ситі з розміром отворів 3 мм має становити не більше 10 % для I і II сортів, розміром 5 мм – бути відсутнім.

**Калімагнезію** ( $K_2SO_4 - MgSO_4$ ) одержують при комплексній переробці полімінеральних руд (збездонений теніт, одержаний галургійною переробкою каїніту). Застосовується як безхлорне калійне добриво. Випускається продукт двох сортів. У перерахунку на суху масу має бути (%):  $K_2O$  (не менше): I сорт – 30; II сорт – 28;  $MgO$  (не менше): I сорт – 10; II сорт – 8; Cl (не більше): I сорт – 5; II сорт – не нормується; вологи (не більше): I і II сорт – 2; розмір зерен – 1–3 мм.

**Сульфат калію** ( $K_2SO_4$ ) – найцінніше безхлорне калійне добриво, яке одержують при хімічній переробці каїніту. Передбачено вміст 48 %  $K_2O$  на суху речовину.

**Полігаліт** – сірчаноокислий калій-магній-кальцій, що виділяється при переробці каїніту: вміст  $K_2O$  становить 10–11 %,  $MgO$  – 6–7 %. Не

гігроскопічний, не злежується при зберіганні. Технічні умови на цей продукт відсутні.

Змішані калійні добрива одержують при змішуванні KCl з природним сильвінітом і каїнітом, кількість KCl сягає 30–40 %. Ці добрива за своєю якістю посідають проміжне місце між хлористим калієм та сирими солями: сильвінітом чи каїнітом. Відходи виробництва калійних добрив (хлор і хлористий магній) можуть застосовуватися для одержання полівінілхлориду, синтетичного каучуку – натриту, хлорметану та інших хлорвмісних продуктів. Сполуки магнію використовуються в будівельній промисловості (цемент Сореля), у металургії (вогнетривкі матеріали), у хімічній (хлор-, вуглисто-, фосфористо-, оцтовокислий магній) і в медичній промисловості. Металевий магній, що одержують при переробці карналітової сировини, використовується у складі легких сплавів у авіаційній і автомобільній промисловості.

Промислові кондиції на калієві породи обумовлені геологічними, геолого-економічними і технологічними факторами, які для кожного регіону і родовища можуть бути різними.

Для сульфатних калійних родовищ Передкарпатського прогину у підрахунок запасів включаються пласти з мінімальним середнім вмістом  $K_2O$  за підрахунковим блоком 9 %, бортовим вмістом – 7 %. Середній вміст інших компонентів не повинен перевищувати (%) лангбейніту: в каїнітових породах – 3, в лангбейніт-каїнітових породах – 7, в каїніт-лангбейнітових породах – 6; карналіту: в породах двох перших типів – 5, у породах третього типу – 8, нерозчинного матеріалу у всіх трьох типах – 15. Вміст лангбейніту в лангбейнітових породах має бути не менше 38 %, а хлористого натрію у складі сильвіну, каїніту та карналіту – не більше 3 %. Мінімальна потужність каїнітових і лангбейніт-каїнітових пластів, які включають до підрахунку запасів, – 1 м і каїніт-лангбейнітових – 1,5 м.

Кондиційними пластами полігалітових порід вважаються пласти потужністю не менше 1,5 м із вмістом полігаліту вище 50 % (8 %  $K_2O$ ). Можливість шахтної експлуатації калійних і калійно-магнієвих порід обмежується глибинами їх залягання. Сильвініти доступні для підземного видобування на глибинах до 1200 м (у районах розвитку солянокупольної тектоніки до 1000 м), карналітові породи – 800 м. Гранична глибина шахтної експлуатації продуктивних пластів родовищ Передкарпаття і полігалітових порід – 1000 м. Згідно з тимчасовими кондиціями для підземного розчинення придатні пласти сильвінітів із вмістом KCl не менше 20 % і  $MgCl_2$  не більше 5 %, які залягають на глибинах до 2000 м. При цьому потужність продуктивного горизонту при глибині 1000–2000 м становить 10 м, а запаси кондиційної сировини – не менше 500 млн т.

## Родовища України

На території України калійні солі виявлені в Передкарпатті, ДДЗ та Донбасі (табл. 30). Їх загальні запаси дорівнюють 4,5 млрд т, ресурси – 6,8 млрд т. Розробляються 2 з 18 відкритих родовищ. У 1987 р. в Україні видобуто 803 тис. т калійних солей.

Таблиця 30

### Запаси калійних солей України [9]

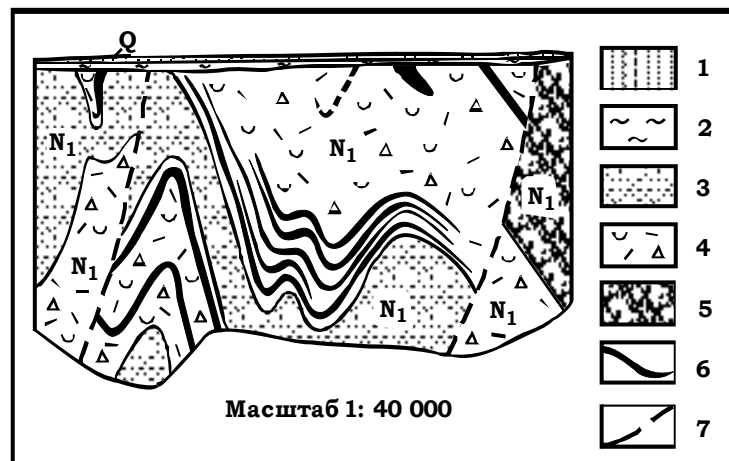
Родовища	Вміст солей	Запаси сирих солей, млн. т				Всього
		Розвідані			Прогнозні	
		Балансові		Позабалансові		
		A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>			
<b>Передкарпатський басейн</b>						
Стебницьке	7-11	1113,1	344,1		545,9	<b>2003,1</b>
Бориславське	10	454,9	59,2		300	<b>814,1</b>
Доброгостівське	8-10	107,5	28,1			<b>135,6</b>
Помярки	8-10	187,6	100,3			<b>287,9</b>
Улично	10,2	76,8			150	<b>226,8</b>
Нинів	8-10	167,5	232,8		100	<b>500,3</b>
Дрегодукське	11,3	45,9			60	<b>105,9</b>
Гірке	11,3	32,3				<b>32,3</b>
Росіяньнянське	12			403,5	30,5	<b>434</b>
Старуньське	10,9			55,4	407,1	<b>462,5</b>
Марківське	10,8			197,2	19,8	<b>217</b>
Молодківське	10,8				212	<b>212</b>
Калуш-Голинське	8-21,5	484,1				<b>484,1</b>
Кадобна	10-12		8,4		50	<b>58,4</b>
Тростянецьке	11,7	92,3	252,6			<b>344,9</b>
Тура Велика	10-12	25,2			100	<b>125,2</b>
Моршинське	11,5	18,1			60	<b>78,1</b>
<b>Краматорсько-Часов'ярська площа</b>						
Краматорське	23,2				841	<b>841</b>
<b>Всього</b>		<b>2805</b>	<b>1025,5</b>	<b>656,1</b>	<b>6758,3</b>	<b>11245,2</b>

На території Прикарпаття соленосними є відклади воротищенської та стебницької серій нижнього міоцену, які простягаються з північного заходу на південний схід на відстань понад 300 км.

**Стебницьке родовище** розташовано на південний схід від Дрогобича, приурочене до загорської та верхньоворотищенської світ, у тектонічному відношенні – до Модрицько-Уличнянської антиклиналі (рис. 29). Виявлено п'ять калійних горизонтів, які залягають серед со-

леносних піщано-глинистих брекчій і глинистої кам'яної солі [32]. Найбільш потужним є другий горизонт, що складається з шести головних пластів, які розробляються Стебницьким калійним комбінатом. Породоутворюючими мінералами калійних покладів є галіт, каїніт, лангбейніт, сильвін, домішками – полігаліт і кізєрит, другорядними мінералами – ангідрит, шеніт, гіпс, епсоміт і карналіт. Каїніт, лангбейніт і сильвін утворюють кристалічнозернисті суміші з галітом. Каїніт зустрічається у вигляді дрібнозернистих агрегатів, паралельно-волокнистих і радіально-волокнистих утворень. Сильвін, каїніт та інші калійні мінерали заміщуються полігалітом.

На базі Стебницького родовища функціонує Стебницький калійний комбінат потужністю 250 тис. т на рік калійно-магнієвого концентрату (в перерахунку на стандартні туки). Комбінат випускає зі стебницьких руд калімагнезій – добриво, до складу якого входять, головним чином, сульфатні калійно-магnezіальні солі (каїніт і лангбейніт). Каїніто-лангбейнітова порода може використовуватись як мінеральне добриво після простого механічного розмелювання без спеціального хімічного збагачування. Прийнято камерну систему розробки з залишенням міжкамерних та міжповерхових ціликів й розташуваннями камер на вхрест простягання. Запаси сирової солі на Стебницькому родовищі за категорією А+В+С<sub>1</sub> складають 1113 млн т.

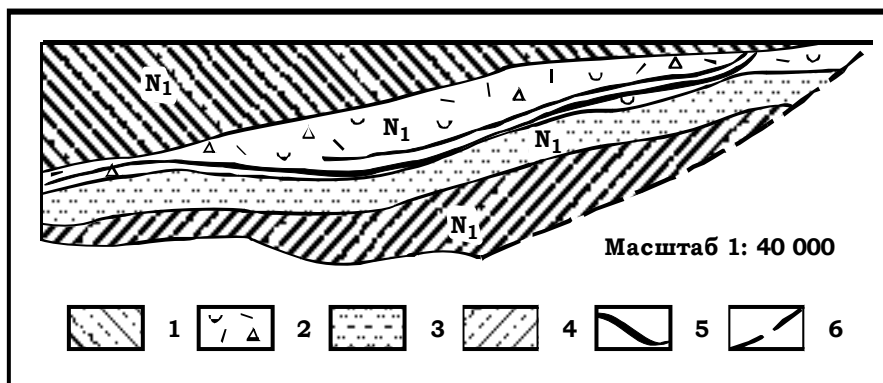


**Рис. 29. Стебницке родовище калійної солі (схематичний геологічний розріз за матеріалами М.Клімова, 1974)**

1 – глини, суглинки, галечники; 2 – гіпсо-глиниста кора вивітрювання; 3 – пісковики; 4 – соленосні брекчії та глини; 5 – піщано-глинисті слабо засолені породи; 6 – сіль калійна в соленосній товщі; 7 – тектонічні порушення



**Калуш-Голинське родовище** розташовано в 25–30 км на захід-північний захід від Івано-Франківська. Калійні поклади тут залягають серед голинської (верхньостебницької) світи міоцену та структурно пов'язані з калуською й голинською синкліналями (рис. 30). У межах калуської синклінали сильвінітові горизонти розташовані серед соленосних порід і складені шаруватим червоним, рожевим і білим сильвінітом з домішками ангідриту, полігаліту й карналіту. Каїнітові поклади складаються з тонких каїнітових, каїніто-галітових, галітових і полігаліто-глинистих прошарків. У межах голинської синклінали кількість калієносних горизонтів більша. За мінеральним складом вони поділяються на карналітові, каїнітові, сильвінітові та лангбейніто-каїнітові з домішками галіту, полігаліту, кізериту. На базі Калуш-Голинського родовища працює Калуський хіміко-металургійний комбінат, одне з найбільших підприємств хімічної промисловості України. Система видобутку родовища підземно-камерна, із залишенням між-камерних стрічкових ціликів. На Домбровській ділянці видобуток калійних солей здійснюється відкритим способом. У зв'язку з тим, що основна маса запасів природних калійних солей представлена не сильвінітом, а змішаними калієво-магнієвими сульфатними породами, комбінат випускає мінеральне добриво у вигляді хлористого калію ( $KCl$ ), сульфату калію ( $K_2SO_4$ ), калімагnezії ( $K_2SO_4 + MgSO_4$ ), полігалітового залишку, хлористого магнію ( $MgCl_2 \cdot 2H_2O$ ), сульфату натрію ( $Na_2SO_4$ ) і як побічний продукт – харчову й кормову сіль. Балансові запаси калійних руд Калуш-Голинського родовища за категоріями A+B+C<sub>1</sub> – 484,1 млн т



**Рис. 30. Родовище Калуш-Голинське (схематичний геологічний розріз за матеріалами М.Клімова, 1974)**

1 – глини аргілітоподібні; 2 – брекчії та глини соленосні; 3 – піщано-глинисті слабо засолені породи; 4 – строкатобарвні піщано-глинисті відклади; 5 – сіль калійна в соленосній товщі; 6 – тектонічні порушення

В ДДЗ родовища калійних солей відомі лише в Прип'ятському прогині (Старобінське в Білорусі). У межах Дніпровського грабену основний соленосний горизонт – верхній девон – залягає на глибині 3–6 км, а нижньопермський – 1–2 км. Перспективними для промислового освоєння можуть бути лише підняті ділянки – соляно-купольні структури. Прояви калійної солі виявлені на 16 куполах, проте лише на Роменському промислова калієносність (КСІ до 39 %) виявлена на відносно невеликій глибині (300–500 м), решта проявів знаходиться на глибині 1,5–2 км. Практично на кожному куполі можна очікувати промислову концентрацію калійних солей, що дозволяє розглядати ДДЗ як регіон, перспективний для пошуків родовищ калійних глиноземистих солей.

У межах Донецького басейну серед соленосних відкладів краматорської світи нижньої пермі Бахмутської та Кальміус-Торецької котловини виявлені дві калієносні зони: верхня – сильвініт-карналітова, потужністю до 60 м і нижня сильвінітова (70–100 м). Калійні солі представлені карналітом, сильвінітом, полігалітом і лангбейнітом, вони залягають у вигляді прошарків і окремих пластів, а також включень у суцільній масі кам'яної солі. Пласти мають невелику потужність 0,3–4,8 м, але характеризуються високим вмістом КСІ у сильвініті (21,3 %). Глибина залягання 600–1000 м. Прогнозні запаси оцінюються в 1 млрд т.

## БІШОФІТ

Магнієві солі в природі зустрічаються разом з калійними, представлені викопними басейнами (пермський Верхньокамський у Передураллі, девонський Прип'ятський у Білорусі, Калуський у Передкарпатті та ін.) і сучасними (озера Кара-Богаз-Гол, Ельтон, Баскунчак, Велике Солоне озеро в США) природними розсолами і соляними джерелами, а також морською водою. Магнієва сіль самостійних родовищ в Україні не утворює. Залягає в надрах і видобувається разом з калійною та кухонною сіллю в Передкарпатському басейні та з ропи озер у Криму. Державним балансом запасів враховано п'ять родовищ, загальні запаси яких – 1650,5 млн т, MgO – 115,5 млн т, три родовища ропи (загальні запаси – 1934,7 млн т, MgO – 6,6 млн т).

Магнієві солі **Передкарпатського калієносного басейну** представлені сильвінітом і карналітом, що постійно присутні в солях (у середньому 3,4 %), каїнітом (0,8–35 %). Запаси магнієвих солей враховані на Калуш-Голинському і Стебницькому родовищах, їх видобувають на Калуш-Голинському родовищі як супутній компонент калійних солей.

Важливим джерелом магнію є ропа Сиваша, озера Старе й ін. На трьох родовищах (Сиваське, Сасик-Сиваш, озеро Старе) затверджені статичні запаси Mg (у середньому 0,38–1,15 % Mg).

Крім цього відомі родовища **бішофіту**, які в останній час набувають особливо великого значення.

Бішофіт – цінна хімічна мінеральна речовина, що знаходить останніми роками все більше застосування в різних галузях промисловості й сільського господарства. Бішофіт – хлорид магнію ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ), найбільш розчинний з усіх відомих хлоридних, хлоридно-сульфатних і сульфатних солей калію та магнію, у зв'язку з чим випадає з розсолів солоних басейнів у кінцеву стадію згущення ропи. Мінерал без кольору або прозорий, рожевий і бурувато-червоний через численні мікровключення гематиту. Кристали короткопризматичні, голчасті, злом раковистий, спайність відсутня, блиск сильний, гіркий на смак. Мінерал дуже гігроскопічний і на повітрі скоро розпливається. Бішофіт утворює майже мономінеральні бішофітові, а також бішофіт-галітові, бішофіт-карналітові, бішофіт-кізеритові породи.

Галузей використання бішофіту багато, їх кількість постійно збільшується. Бішофітові розсоли використовуються для виготовлення спеціальних бурових розчинів, що застосовуються для промивки стволів свердловин, які проходять соляні породи для запобігання різкому збільшенню діаметра свердловин. Із розсолів бішофіту шляхом переробки методом термічного гідролізу одержують оксид магнію (магnezію) високого ступеня чистоти, який використовується для виготовлення вогнетривких матеріалів. Випалювання оксиду магнію при температурах 1500–1600°C переводить його в кристалічну форму – периклаз, який характеризується високим електричним опором і вогнетривкістю та використовується для виготовлення промислових і побутових електричних приладів. З бішофіту можна у великій кількості одержувати металічний магній, що широко застосовується в авіаційній, космічній і автомобільній промисловості.

Добавка 30 кг бішофіту на 1 кг клінкеру понижує температуру спікання останнього з 1600 до 1000°C, що дає економію палива при виробництві цементу до 35 %. Добавка розсолу бішофіту до сірчистих мазутів (до 1,5 л/т) також дозволяє економити паливо й знижує корозію металу котлів, що дає можливість у 3–4 рази подовжити міжремонтний термін їх роботи. Бішофітовий розсіл – засіб для боротьби з ожеледдю (при цьому він не викликає передчасного зносу шин і корозії металів, робить міцнішим асфальтове покриття доріг). Просочена розсолем бішофіту деревина не горить і не гниє. Хлористий магній застосовується для виробництва синтетичних миючих засобів, штучного волокна й синтетичного білка.

Бішофіт використовується як добавка до корму великої рогатої худоби та птиці. Магнієві добрива підвищують урожайність багатьох сільськогосподарських культур (картоплі, буряків, люцерни). Хлоромангнієвий дефоліант використовується для обробки плантацій бавовнику. Останнім десятиліттям бішофіт широко використовується в народній медицині (особливо розсоли, одержані при розчиненні бішофітових порід Волгоградського родовища). Цей розсіл з успіхом застосовується для лікування радикуліту, остеохондрозу, захворювань суглобів, вертеброгенних захворювань нервової системи тощо.

Усе це викликало великий інтерес до викопних ресурсів бішофітової сировини, тим більше, що виробництво сполук магнію за рахунок переробки калієво-магнієвих порід і видобування їх у невеликих кількостях з ропи кримських озер далеко не забезпечують нинішні потреби народного господарства. Світові ресурси бішофіту зосереджені головним чином у двох районах – Приволзькому в Росії і Дніпровсько-Донецькому в Україні [19, 33].

Основні світові ресурси бішофіту приурочені до нижньопермської (артинсько-кунгурської) галогенної формації Прикаспійської синеклізи (Городищенське родовище), хоча шари бішофіту (до 1–2 м) відомі на родовищах калійних солей у Німеччині, Нідерландах, Габоні, Бразилії, Конго, Марокко.

Ресурси бішофіту України перевищують 50 км<sup>3</sup>, вони приурочені до краматорській світи ДДЗ, де бішофітовий шар (4–30 м) залягає на глибинах 1800–2600 м. Виділяються дві області поширення бішофіту: одна на північному-заході западини (у районі Чернігова–Ічні), інша – на південному сході (район Полтави і на схід від неї), приурочені до внутрішніх частин великих соленосних депресій (Кошелівсько-Вертіївської, Срібнянської, Орчицької) [5, 29, 33, 52].

Державним балансом запасів враховані Затуринське і Новоподільське родовища бішофіту, його видобуток в режимі дослідно-промислової експлуатації здійснюється на Затуринському, Новоподільському, Східнополтавському і Ватажківському родовищах, Кикальській і Тишківській площах. Планується у найближчі роки довести видобуток бішофітового розсолу до 400 тис. т/рік. Балансові запаси сирової руди складають 94 млн т за категорією С<sub>2</sub>. На Ватажківській, Парафіївсько-Карпилівській, Монастирищансько-Ольшанській і Машевській площах проводяться пошуково-розвідувальні роботи з метою оцінки прогностичних ресурсів і промислових запасів бішофіту.

**Затуринське родовище** розташоване в межах Орчицької депресії, де установлений потужний (14,5–24 м) горизонт бішофіту на площі близько 200 га, на глибині 2856–2678 м. Мінеральний склад (%): бішофіт – 88,47; галіт – 8,53; кізерит – 1,87; гіпс – 0,82; інші солі – 0,31;

середній вміст брому – 0,48. Загальна мінералізація розсолу – 371,89 г/л. Балансові запаси сирової бішофітової руди за категорією С<sub>2</sub> дорівнюють 19 млн т, розсолу бішофіту за категорією С<sub>1</sub> – 720 м<sup>3</sup>/місяць, С<sub>2</sub> – 1450 м<sup>3</sup>/місяць. Дослідно-виробнича експлуатація почалася в 1993 р.; за 3 роки видобуто 8677 м<sup>3</sup> розсолу.

**Новоподільське родовище** бішофіту знаходиться в межах Івангородської западини, де горизонт бішофіту (10–30 м) соленої товщі нижньопермської краматорської світи залягає на глибині близько 2000 м. Він складається з бішофіту (37–96 %); кізериту (1–49); галіту (2–47), щільність розсолу 1,27–1,80 г/см<sup>3</sup>, склад (%): MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O – 91; NaCl – 4,26; MgSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O – 3,51. Поклади бішофіту знаходяться під гірським тиском 46–50 МПа за температури 47–48°С. Попередньо розвідані запаси і ресурси сирової руди родовища становлять за категорією С<sub>2</sub> – 7,5 млн т; Р<sub>1</sub> – 302,4 млн т.

Крім цього, бішофіт виявлений також на площах: Ярошівській, Бережівській, Серпневій, Монастирищенській, Тишківській, Кикальській Омбисько-Новоподільській та ін.

## БОРНА СИРОВИНА

### Загальні відомості

Бор – металоїд з властивостями, перехідними між металами і неметалами. В умовах верхньої частини земної кори він утворює скоріше кисневі кислоти, ніж катіони в солях, і тому, як правило, його відносять до групи неметалів. Середній вміст бору в земній корі 0,012 %. Відомі два стабільні ізотопи: <sup>11</sup>B і <sup>12</sup>B зі співвідношенням приблизно 4,2 : 1. Осадкові гірські породи збагачені бором, магматичні – збіднені.

У будові кисневих сполук бору, у вигляді яких він переважно зустрічається в породі, беруть участь як трикутні В(ОН)<sub>3</sub>, так і чотирикутні В(ОН)<sub>4</sub> структурні групи. Крім цього, бор разом з кремнієм може давати і гетерополікислоти. У поліборних кислотах та їх солях, у тому числі в природних боратах, трикутники й тетраедри, як правило, присутні разом. Бор більшою мірою ніж будь-який інший елемент здатний утворювати сполуки з координаційним числом 5 і 6. Це обумовлює практичне значення бору, сфера використання в народному господарстві якого неухильно розширюється. Сьогодні відомо понад 160 мінералів бору, 100 з них представлено боратами. Практичне значення мають близько двох десятків мінералів, до складу яких входять як боросилікати, так і барити (табл. 31).

Таблиця 31

## Основні мінерали бору

Мінерал	Формула	Вміст B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %
Бура (тінкал)	Na <sub>2</sub> [B <sub>4</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> ]·8H <sub>2</sub> O	36,6
Керніт	Na <sub>2</sub> [B <sub>4</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>2</sub> ]·3H <sub>2</sub> O	51,0
Ініюїт	Ca[B <sub>3</sub> O <sub>3</sub> (OH) <sub>5</sub> ]·4H <sub>2</sub> O	37,7
Колеманіт	Ca[B <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (OH) <sub>3</sub> ]·H <sub>2</sub> O	50,8
Пандерміт	Ca[B <sub>5</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>7</sub> ]	49,5
Улексит	NaCa[B <sub>5</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>6</sub> ]·5H <sub>2</sub> O	43,0
Каліборит	HKMg <sub>2</sub> [B <sub>6</sub> O <sub>8</sub> (OH) <sub>5</sub> ] <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	58,0
Гідроборацит	CMg[B <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (OH) <sub>3</sub> ] <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	49,5
Ашарит	Mg <sub>2</sub> (OH)[B <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (OH)]	41,4
Борацит	Mg <sub>3</sub> [B <sub>7</sub> O <sub>13</sub> ]Cl	62,1
Хільгардит	Ca <sub>2</sub> [B <sub>5</sub> O <sub>8</sub> (OH) <sub>2</sub> ]Cl	52,3
Котоїт	Mg[BO <sub>3</sub> ] <sub>2</sub>	36,0
Суаніт	Mg <sub>2</sub> [B <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ]	46,4
Преображенскіт	Mg <sub>3</sub> H[B <sub>11</sub> O <sub>16</sub> (OH) <sub>8</sub> ]	65,5
Сульфоборит	Mg <sub>3</sub> [B(OH) <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> ·[O <sub>4</sub> (OH)F]	19,3
Галургіт	Mg <sub>2</sub> [B <sub>4</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>2</sub> ] <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	62,2
Сахаїт	Ca <sub>3</sub> Mg[(BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ]·H <sub>2</sub> O	20,5
Курчатовіт	CaMg[B <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ]	41,7
Кальциборит	Ca <sub>2</sub> [B <sub>4</sub> O <sub>8</sub> ]	55,4
Сасолін	H <sub>3</sub> [BO <sub>3</sub> ]	56,4
Людвігіт	(Mg,Fe) <sub>2</sub> ·Fe <sup>3+</sup> ·[BO <sub>3</sub> ·O <sub>2</sub> ]	16,0
Датоліт	Ca[B <sub>5</sub> O <sub>4</sub> (OH)]	21,8
Данбурит	Ca[B <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ]	28,7
Джинорит	Ca <sub>2</sub> [B <sub>14</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>6</sub> ]·5H <sub>2</sub> O	65,5

## Галузі використання і вимоги до сировини

Скляна й керамічна промисловість є основними споживачами борної сировини (55 %). Від 15 до 30 % бору використовується для виробництва мила й миючих засобів. Усе ширше бор застосовується при виробництві особливо твердих і жаростійких сплавів, у нафтохімії, при виготовленні надтвердих і високоміцних абразивів (боразон, ельбор), емалей, глазурі та високоякісної целюлози. У хімічній промисловості хімічно чистий бор використовується в електрохімічному виробництві, у процесах органічного синтезу; боргідрид натрію – у тонкому органічному синтезі як селективний відновник і для хімічного нікелювання, борний ангідрид є вихідним матеріалом у виробництві електровакуумного скла, карбід бору виступає як абразивний матеріал. У невеликій кількості борні сполуки застосовуються у медицині як антисептик і в харчовій промисловості – як консервуючий засіб. Ши-

роко застосовується бор у сільському господарстві як міндобриво. Він вводиться в ґрунт у вигляді борату магнію, бормагнієвого та борнодатолітового добрива, боратового суперфосфату. Ефіри борної кислоти використовуються як фунгіциди.

Особливо підвищився інтерес до бору останніми роками у зв'язку з використанням його в таких галузях промисловості, як літако- й ракетобудування, атомна енергетика. Висока теплотворна здатність сполук бору з воднем дозволяє використовувати їх як реактивне паливо в авіації та ракетній техніці. Здатність ізотопу бору  $^{10}\text{B}$  інтенсивно поглинати нейтрони використовується в ядерній техніці. В атомних реакторах сполуки, що містять бор, застосовуються як регулятори ланцюгових реакцій і в загороджувальних щитах для захисту від потоків теплових електронів. Надміцні композити-боропластики мають велике майбутнє як новий перспективний матеріал. У цілому, бор використовується більше ніж у ста галузях народного господарства.

Розмаїття борної сировини ускладнює встановлення єдиних промислових вимог до бору. Руди із вмістом 10–15 % оксиду бору вважаються багатими, 5–10 % – середніми й 2–3 % – бідними. Залежно від технології переробки виділяють мінеральні типи руд: борати розчинні в воді (бура, керніт); борати, розчинні в кислотах (ініоїт, пандерміт, гідроборакит, людвігіт, сахаїт); боросилікати, нерозчинні в кислотах (данбурит); боросилікати, розчинні в кислотах (датоліт); боровмісні підземні води, ропа солоних озер, нафтові води, гарячі джерела. Турмалінові борні руди через нерозчинність турмаліну в сірчаній кислоті поки що не використовуються як борна сировина.

Борні руди зазвичай піддаються збагаченню із застосуванням флотації, часто в комплексі з гравітацією. Відомі також схеми збагачення з використанням флотації та наступної магнітної сепарації. Вміст  $\text{B}_2\text{O}_3$  в боратових рудах часто достатньо високий (20–30 %) і збагачення цих руд непотрібне. На гідроборакитових і пандермітових родовищах руди з вмістом  $\text{B}_2\text{O}_3$  13–25 % ідуть у переробку без збагачення, а бідні руди (2–13 %  $\text{B}_2\text{O}_3$ ) збагачуються. Усі боратові руди вулканогенного й осадового походження вирізняються високими технологічними властивостями. Шкідливі домішки в цих рудах – кальцит (збільшує витрати кислоти при переробці), магній, сульфати заліза й алюмінію. Супутніми корисними копалинами в них можуть бути сода, галіт, калійні й магнієві солі.

Вміст  $\text{B}_2\text{O}_3$  у котоїтових рудах – 6–8 %, у людвігітових – 4–10%, курчатовіт-сахаїтових – 12–17 %. Крім останніх, усі руди збагачуються. Датолітові й данбуритові руди поділяються на високосортні ( $\text{B}_2\text{O}_3$  10 % і більше), середньосортні (5–10 %) і низькосортні (3–5 %), мінімальний бортовий вміст для датолітових руд – 3%  $\text{B}_2\text{O}_3$ . Супутнім корис-

ним компонентом інколи є воластоніт. Вміст  $B_2O_3$  у ропі соляних озер змінюється від 0,5 до 2,2 %, у борних водах вміст ще нижчий, однак ця сировина легко добувається й переробляється.

### Економічні відомості

Світові запаси  $B_2O_3$  складають біля 1,7 млрд т, ресурси – 4,1 млрд т, основна частина запасів знаходиться в Туреччині (600 млн т), Росії (100 млн т) і США (80 млн т), а також в Латинській Америці та Азії. Світове виробництво руд бору оцінюється в 4750 тис. т – Туреччина (1850 тис. т), США (11560 тис. т), Чилі (460 тис. т), Росія (400 тис. т) (табл. 32). Середня світова ціна бору (\$/т) складала: 2001 р. – 376; 2002 р. – 376; 2003 р. – 400–425; 2004 р. – 400–425; 2005 р. – 400–425; 2006 – 400–425 [58, 59].

**Таблиця 32**

**Видобуток, запаси, ресурси бору, тис. т [58, 59]**

Країна	Видобуток			Запаси	Ресурси
	2004	2005	2006		
Аргентина	560	650	650	2000	9000
Болівія	110	60	60		
Іран	3	2	2	1000	1000
Казахстан	30	30	30		
Китай	135	140	140	25000	47000
Перу	9	10	10	4000	22000
Росія	500	400	400	40000	100000
США	1210	1150	1150	40000	80000
Туреччина	1450	1850	1850	60000	150000
Чилі	401	460	460		
<b>Всього</b>	<b>4410</b>	<b>4750</b>	<b>4750</b>	<b>170000</b>	<b>410000</b>

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Головні генетичні типи родовищ бору: контактово-метасоматичний, вулканогенно-ексгалаційний, вулканогенно-осадочний, природних водних розчинів, галогенний та інфільтраційно-залишковий.

**Контактово-метасоматичний (скарновий) тип** пов'язаний із зонами контактів гранітоїдів і карбонатних, інколи кременисто-карбонатних порід і з надходженням до них флюїдних потоків, збагачених бором, під дією яких породи перетворюються на бороносні та



рудоносні скарни. Виділяють магнезіально-скарнові та вапняково-скарнові підтипи родовищ бору.

**Магнезіально-скарнові родовища** розташовані на контактах доломітів, доломітових вапняків і магнезитів з гранітами, гранодіоритами й діоритами. Форма скарнових тіл визначається структурним положенням карбонатних порід і контакту інтрузиву. Переважають лінзові пластоподібні тіла. Довжина скарнових тіл по простяганню може досягати 1,5 км, потужність – десятки метрів. Скарни складено діопсидом, шпінеллю, форстеритом, флогопітом, кліно-гумітом, паргасітом, серпентином, бруситом. Скарнові тіла характеризуються метасоматичною зональністю: шпінель-форстеритові скарни – кальцифіри – доломіти (доломітові мармури). За мінеральним складом розрізняють людвігітові, суанітові й котоїтові скарни. Найчастіше в контакті з доломітами спостерігається сумісне знаходження магнезіальних і магнезіально-залізистих боратів групи людвігіту з магнетитом, які утворюють комплексні людвігіто-магнетитові родовища з проявами вторинного ашариту. Для них розроблено ефективну технологію збагачення руд з одержанням борного залізородного концентрату.

**Вапняково-скарнові родовища** з борною мінералізацією утворюються шляхом заміщення або чистих вапняків, або вапняково-силікатних товщ, де вапняки перешаровуються з пісковиками, мергелями, туфогенними й кременистими породами. Інтрузивні масиви складені гранодіоритами, кварцовими діоритами, граносінітами. Борне зруденіння представлено кальцієвими боросилікатами: датолітом і данбуритом. Переважають піроксен-гранатові скарни, причому скарнові мінерали представлені манган-геденбергітом і андрадитом. Нерідко одним із ранніх мінералів є воластоніт, який може мати промислове значення. Виділяють родовища з переважанням датоліту або данбуриту. Залежно від мінерального складу виділяють типи руд: датоліт-гранатові, датоліт-геденбергітові, датоліт-гранат-геденбергітові або данбурит-гранатові, данбурит-датоліт-гранатові та ін. Форма рудних тіл пласто- та лінзоподібна, розмір до 3 км по простяганню, рідше неправильна. До вапняково-скарнових відносять родовища в Приморському краї (Дальногірське), на Памірі (Ак-Архар), Уралі, в Японії, Чехії. Родовища вапняково-скарнового типу зустрічаються рідше, але вони відрізняються значними масштабами зруденіння.

Головну роль серед магнезіальних скарнових родовищ відіграють боратові із суанітовими, сайбелітовими, людвігітовими рудами, серед вапняково-скарнових – боросилікатні з датолітовими й данбуритовими рудами. Технологічні властивості руд різних мінеральних типів погіршуються в такому порядку: саунітовий, сайбелітовий, котоїтовий, курчатовіт-сахайтовий, датолітовий, данбуритовий, людвігітовий.

**Вулканогенно-ексгаляційний тип** пов'язаний із сучасною чи не-давньою вулканічною діяльністю, не має великого промислового значення. Родовища цього типу являють собою прояви вулканічних ексгаляцій на земній поверхні: фумароли, сольфатарі, парогідросульфотерми, які несуть з глибин борну кислоту. Найцікавішим прикладом є софіоні й фумароли Тоскані (Італія), які виходять на поверхню з температурою 90–200°C і тиском 30–60 МПа та містять вільну борну кислоту (до 0,5 %) і амонійні борати – лардереліт і амоніоборит. Парогідротерми використовуються в гідротермоелектростанціях з попутним видобуванням до 5 тис. т на рік борної кислоти, а також аміаку, вуглекислоти й сірки. Боровмісні гарячі джерела вулканічного походження відомі в Каліфорнії та Неваді (США), Туреччині, Росії (Камчатка). До цього ж типу відносять води грязьових вулканів Таманського й Керченського півостровів, що містять бор у вигляді бури.

**Вулканогенно-осадові родовища** пов'язані з альпійським вулканізмом, розташовані переважно в центральних частинах вулканічних дуг. Джерелом бору є вулканічні ексгаляції або вулканічні породи різного складу, з яких він легко вилуговується. Такі родовища містять великі запаси борних руд високої якості зі значним вмістом  $B_2O_3$ , які легко переробляються, доступні для розробки відкритим способом.

За складом вміщуючих порід і віком вулканогенно-осадові родовища поділяються на дві групи. Перша приурочена до евапоритових озерних відкладів четвертинного віку. Утворення більшості подібних родовищ відбувалося в результаті сольфатарної й фумарольної діяльності діючих вулканів. Родовища розташовані у високогірних безстічних котловинах, як правило, у підніжжя вулканів. Ці котловини заповнені сухими й напівсухими солоними озерами (саларами) з пластами улекситу, бури, колеманіту, що асоціюють з хлоридами та сульфатами Na, K, Ca. Площа саларів досягає 60 км<sup>2</sup>, потужність улекситового шару – 1 м, вміст  $B_2O_3$  – 40 %. Родовища широко розвинені в Чилі (Аскотон), Перу (Салінос), Аргентині (Каучорі). Частина родовищ цієї групи також утворюється в солоних озерах, але вони безпосередньо не пов'язані із сучасним вулканізмом. Джерелом бору були вулканогенні породи четвертинного віку, при вивітрюванні яких в умовах аридного клімату бор переносився та накопичувався у безстічних котловинах у поверхневих сольових корках і мулах. З боратів переважають бура й улексит, що асоціюють з галітом, сильвіном, содою, солями Li. Пластові рудні тіла мають площу десятки квадратних кілометрів і потужність до 15 м. Вміст  $B_2O_3$  – 0,5–2,5 %. При експлуатації використовується міжкристальна ропа (розсіл), бура з донного мулу й самосадова бура. Найбільше родовище – озеро Серлс (США) із запасами боратів 100 млн т.

Родовища другої групи локалізуються у відкладах прісних озер – глинистих і карбонатно-глинистих породах міоценового й пліоценового віку. Вміщуючими породами є монтморилонітові глини, мергелі, піски, вапняки з верствами туфів, лав, вулканічного попелу. Борати залягають у вигляді пластів, лінз, гнізд. Площа розвитку боровмісних осадів до 15 км<sup>2</sup>, сумарна потужність рудних тіл до 90 м. Борні руди полімінеральні, представлені натрієвими, кальцієвими, натрій-кальцієвими боратами. За переважаючим мінералом розрізняють колеманітові, пандермітові, улеситові, бура-кернаітові руди. Вміст В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> у рудах 10–50 %. До цієї групи відносяться родовища Туреччини (Кирка), США (Крмер), Аргентини (Тінкалау).

**Галогенні борні родовища** тісно пов'язані з покладами кам'яної та калійно-магнієвих солей (галогенна бороносна формація). У більшості випадків борати асоціюють з калієво-магнієвими солями, оскільки бор випадає з розчину в лагунах і пересихаючих морських басейнах тільки при дуже високій солоності води. Борати концентруються в основному на межі розділу хлоридних і сульфатних солей, у кам'яній солі відома лише розсіяна непромислова вкрапленість боратів (рис. 31).

Виділяють дві підгрупи галогенних родовищ бору: хлоридно-сульфатну (індерську) та хлоридну (челкарську). У першій товща солей складена сильвіном, карналітом і сульфатами К і Mg. Серед борних мінералів переважає калібарит, борацит, гідрборацит, індерит. У хлоридних родовищах основними мінералами є бішофіт і карналіт. Головним борним мінералом є борацит, нерідко зустрічаються борати кальцію – хільгардит і джінорит. Борні поклади, як правило, мають пластову форму розміром до сотень метрів по простяганню. Вміст В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> не більше 1–5 %, руди бідні (родовища Німеччини, Росії, США).

Розроблена порівняно нескладна технологія розділення боратів, калійної та кам'яної солі шляхом відмивки солей від боратів гарячою, потім холодною водою є найбільш ефективною при комплексному використанні боратів, калійних солей і галіту.

**Залишково-інфільтраційні родовища** зазвичай приурочені до гіпсових шляп соляних куполів, що містять бідне борне зруденіння осадового походження. У результаті гіпергенних процесів первинно-осадові борати заміщуються ашаритом, улеситом, ініютом. Вміст В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> у подібних залишкових рудах за рахунок розчинення й виносу легкорозчинних солей Na, K, Mg підвищується до 25–35 %. Форма покладів пласто- й лінзоподібна. Борати асоціюють з гіпсом і глинистими мінералами.

МІНЕРАЛИ	СТАДІЇ ГАЛОГЕНЕЗУ					
	доломіт-гіпсова (ангідритова)	галітова	сульфатно-магнієва	сильвінітова	карналітова	бішофітова
<b>БОРАТИ</b>						
Люнебургіт	■	—				
Кургантаїт	■	—	—			
Гідроборацит	■		—			
Каліборит		—	■			
Преображенськіт				■		—
Борацит	■	■	■	■		
Хальгардит	—	■	■	■		
Ашарит		■				
<b>СОЛІ МОРСЬКОЇ ВОДИ</b>						
Гіпс	■					
Полігаліт			■			
Галіт		■	■	■		
Сульфати магнію			■	■		
Сильвініт				■		
Карналіт					■	
Бішофіт						■
Борати						●

**Рис. 31. Послідовність відкладення боратів (за Я.Яржемським) і основних солей морських вод (за М.Валяшком)**

Борати можуть розчинятися в ґрунтових водах і перевідкладатися в межах гіпсової шляпи, утворюючи інфільтраційні лінзоподібні поклади, що складаються з вторинного гідроборациту, улеситу, інію та інших переважно кальцієвих боратів. Залишкові та інфільтраційні руди тісно пов'язані між собою, зустрічаються на одних і тих самих родовищах. Як правило, нижче рівня ґрунтових вод переважають улесит і гідроборацит (інфільтраційні), вище – ашарит (залишкові). При вивітрюванні борати заміщуються кальцитом і доломітом, які

утворюють своєрідну карбонатну шапку над рудними тілами. Площа рудних тіл досягає 0,2 x 0,2 км, потужність десятки метрів. Запаси родовищ невеликі. До супутніх корисних компонентів відносять Mg і Bг.

**Природні водні розчини** мають відносно високу концентрацію борних сполук і поділяються на: борні терми, що формуються в районах сучасного вулканізму з первинних перегрітих хлоридно-натрієвих вод; боровмісні мінеральні води, широко розповсюджені в областях недавньої вулканічної діяльності; боровмісні підземні розсоли та міжкристална ропа соляних озер, де борна мінералізація пов'язана з випаровуванням вод у різних озерах і басейнах.

Найбільший промисловий інтерес мають вулканогенно-осадові, скарнові та галогенні типи родовищ бору. Родовища борних розсолів ропи розглядаються, в основному, як комплексні родовища мінеральних вод або солей, в яких бор є попутним компонентом.

## Родовища України

В Україні прояви бору відомі в ДДЗ, Індоло-Кубанському прогині, Причорноморській западині, Закарпатському і Передкарпатському прогинах [7, 36].

В **ДДЗ** бороносною є соляна товща ранньої пермі (слов'янська світа) в Бахмутській улоговині, де борати (боронатрокальцит, пробертит, керніт, гідроборатит, ініоїт, індерит) зустрічаються в гіпсах зони вилюговування, а підземні води і розсоли містять бор у кількості до 1,05 г/кг.

В **Індоло-Кубанському прогині** на Керченському півострові найбільший вміст бору встановлений у сучасних і давніх сопкових утвореннях (0,26-30 %); виявлені перспективні для пошуків бору ділянки у водах озер і сопкових брекчіях: Булганацька, Тарханкутська, Приозерна, Михайлівська, Малобабчицька, Єнакіївська, Джорджівська, Солдатсько-Слобідська, Сент-Елійська; у сопкових відкладах виявлені бура, пробертит, ашаріт, піноїт, углексит, люнебургіт, які утворюють нальоти, скоринки, невеликі скупчення, збагачуючи приповерхневу зону на глибину декількох метрів. Розвідано два родовища – Булганацьке з запасами  $B_2O_3$  за категоріями В+С<sub>1</sub> – 53,7 тис. т і Тарханське з запасами  $B_2O_3$  за категорією В – 8,7 тис. т. Промислові концентрації бору (1000–1599 мг/кг) виявлені у хлоридно-гідрокарбонатних і гідрокарбонатно-натрієвих водах навколосопкових джерел, у рідкій фракції грязі вулканів, у підземних водах неогену і палеогену в районах грязьового вулканізму, в розсолах Чокрацького озера (335 мг/кг).

У **Причорноморській западині** прояви бору пов'язані з донними відкладами і ропою озер і Азовського моря. Вміст  $B_2O_3$  – від слідів до 0,02 %. Найбільша концентрація  $B_2O_3$  у підземних водах виявлена у

верхньокрейдовому водоносному комплексі (0,665 г/кг), в юрських відкладах, на глибинах 571–1779 м мінералізація складає 35–101 г/кг, а концентрація  $B_2O$  – від 0,018 до 0,069 г/кг.

У **Закарпатському прогині** в туфогенно-ефузивних утвореннях спостерігаються значні скупчення турмаліну і дюмортьериту, що містять бор і свідчать про бороносність розчинів, пов'язаних з вулканізмом, бор досягає значних концентрацій у хлоридно-гідрокарбонатних і субтермальних гідрокарбонатних натрієвих водах. Підземні води з підвищеним вмістом бору поширені у водоносному горизонті новоселицьких туфів. Субтермальні води з вмістом бору 0,01–0,209 г/кг, хлоридно-гідрокарбонатного і хлоридного складу з вмістом  $CO_2$  від 0,45 до 2,4 г/кг і мінералізацією 12,8–136,9 г/кг поширені в областях пізньоальпійського магматизму (Берегове, Ужгород, Вишкове). Бороносні субтермальні води виявлені в межах зони стрімчаків у Складчастих Карпатах біля м. Сваляви, с. Довгого, с. Пасіки. Водоносним є комплекс крейдового фліщу. Біля с. Пасіка на глибині 300 м розкриті вуглекислі хлоридно-гідрокарбонатні води з мінералізацією до 25 г/кг, вмістом бору до 180 мг/кг, бромом – 16, йоду – 5 мг/кг.

Бор зустрічається також у **Передкарпатському передовому прогині**. Найбільший вміст бору спостерігається в глинистих породах, глинах, аргілітах і соленосних брекчіях, що відносяться до галогенних відкладів верхньоворотинської та нижньобалицької світ. Вміст бору, вищий за 0,05 %, зустрінутий у гіпсоглинистих шляпах соленосних товщ. У вигляді самостійних мінералів (люнебургіт, улексит) бор зустрічається на родовищах калійних солей. Бор присутній у соленосних відкладах міоцену (0,0025–0,25 %), в природних розсолах і мінеральних джерелах, пов'язаних з цими відкладами (17–70 мг), водах нафтових родовищ. Вміст  $B_2O_3$  у солоних водах і розсолах на глибинах 260–2500 м складає (г/кг): 0,004–0,158 (нижній тортон), 0–0,120 (верхній тортон), 0,006–0,175 (сармат).

## ПЛАВИКОВИЙ ШПАТ (ФЛЮОРИТ)

### Загальні відомості

Кларк фтору в земній корі – 0,006 %. Його підвищений вміст притаманний гранітоїдам (0,08–0,1 %, інколи до 0,8 % у найкисліших літій-фтористих різновидах). Серед осадових порід підвищений вміст фтору відмічається в деяких різновидах глин (до 0,13 %). У середньому в живих організмах вміст фтору в 200 разів менша за кларк. У зу-

бах утримується у середньому 0,01 % фтору, в основному в емалі. Багато фтору в цибулі та часнику. Фтор нерідко асоціює з хлором, іноді з Br, Ba, Ca, Be, Nb, TR, лужними металами. У природних умовах фтор представлений одним стабільним ізотопом  $^{19}\text{F}$ . Відомі чотири штучні радіоактивні ізотопи фтору. Фтор – найактивніший з відомих металоїдів. Він входить до складу багатьох мінералів у невеликих кількостях, заміщуючи хлор і групу  $\text{OH}^-$ . Основний промисловий мінерал фтору – флюорит. Додатковими джерелами фтору служать кріоліт  $\text{Na}_3[\text{Al F}_6]$ , фторапатит, бастнезит  $(\text{Ce,Le})[\text{CO}_3]\text{F}$ , віліоміт  $\text{NF}$ . Фтор міститься також у флогопіті, топазі, турмаліні, вулканічному склі.

Флюорит чи плавиковий шпат (у перекладі з латині – "той, що плавить") – індустріальна сировина багатоцільового призначення. За хімічним складом – це фторид кальцію  $\text{CaF}_2$  (Ca – 51,2 %, F – 48,8 %). Назву "плавиковий шпат" мінерал одержав від його властивості знижувати температуру плавлення залізних та інших руд. Сингонія мінералу кубічна. Колір досить різноманітний. Звичайно він забарвлений у фіолетовий, зелений, блакитний, рожево-жовтий кольори різних відтінків та інтенсивності. У мінералогії розрізняють такі різновиди: звичайний флюорит, хлорофан або піросмарагд (при нагріванні флуоресціює зеленим кольором) і ратовкіт – щільний, приховано-кристалічний або землистий. Плавиковий шпат, в якому частина кальцію заміщується ітрієм, називається ітрофлюорит ( $\text{YF}_3$ ). При заміщенні кальцію церієм мінерал має назву церофлюорит ( $\text{CeF}_2$ ). Твердість його – 4, ітрофлюориту – 4,5. Густина – 3,18, ітрофлюориту – 3,55. Плавиться при температурі  $1360^\circ\text{C}$ , забарвлює полум'я в червоний колір. У воді практично нерозчинний, повністю розкладається в сірчаній кислоті з виділенням плавикової кислоти ( $\text{HF}$ ).

У природі флюорит зустрічається в асоціації з кварцом, халцедоном, адуляром, кальцитом, баритом, стибнітом і кіновар'ю. Залежно від кількісного співвідношення флюориту з цими мінералами руди поділяються на дві основні групи: власне плавиковошпатові та комплексні. До перших відносяться руди із вмістом  $\text{CaF}_2$  не меншим 30 %. За мінеральним складом вони поділяються на кварц-флюоритові, карбонатно-флюоритові, силікатно-флюоритові (слюдисто- та польовошпат-флюоритові), барит-флюоритові та топаз-флюоритові. Комплексні руди містять  $\text{CaF}_2$  до 30 %, видобувати з них флюорит доцільно лише попутно при розробці родовищ на інші корисні копалини. За речовинним складом комплексні руди поділяються на флюорит-берилієві, флюорит-олов'яні, ртутно-сурм'яно-флюоритові, флюорит-залізородні, флюорит-олов'яно-вольфрамові.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Головним споживачем флюориту (60 %) є хімічна промисловість. Елементарний фтор має важливе значення для органічного синтезу та ядерної фізики. Він необхідний для виробництва ядерного палива, для розділення урану на ізотопи  $^{238}\text{U}$  і  $^{235}\text{U}$ . Сполуки фтору з киснем або з галогенами – сильні оксидатори, використовуються при спалюванні палива ракет та реактивних двигунів. У чорній металургії плавиковий шпат використовують як флюс при виплавці сталі мартенівським способом, а також деяких феросплавів в електропечах та при ливарному виробництві. У невеликій кількості флюорит застосовують у цементному виробництві, при виробництві непрозорого матового скла й емалі. Чисті прозорі кристали плавикового шпату (оптичний флюорит) застосовують як оптичну сировину.

Цінність оптичного флюориту полягає в його здатності заломлювати світло з малим розсіюванням (показник заломлювання флюориту для світлових хвиль різної довжини порівняно мало змінюється). Оптичний флюорит вільно пропускає інфрачервоні та ультрафіолетові хвилі, має низький показник заломлення і в ньому, як у мінералі кубічної сингонії, відсутнє явище двозаломлення. Ці властивості й використовуються промисловістю, яка виготовляє з флюориту лінзи для об'єктивів мікроскопів, призми для спектрографів, пластини для короткохвильових приладів.

Плавиковий шпат поділяється на вісім сортів (марок): Ф-0, Ф-95, Ф-92, Ф-85, Ф-75, Ф-55, Ф-40, Ф-30. Числа показують мінімально допустимий вміст домішок. До вищого сорту Ф-0 відносять прозорі кристали флюориту, призначені для виготовлення оптичних приладів. Залежно від виробництва, фізико-механічних властивостей, вмісту  $\text{CaF}_2$  і наявності домішок плавиковий шпат поділяють на такі види та марки (табл. 33).

**Таблиця 33**

**Види та марки плавикового шпату**

Види	Марки
Флюорит рядовий (руда) – ФР	ФР-55, ФР-40, ФР-30, ФР-20
Флюорит кусковий сортований – ФК	ФК-95А, ФК-95Б, ФК-92, ФК-85, ФК-75, ФК-65
Флюорит-концентрат флотаційний – ФГ	ФГ-95А, ФГ-95Б, ФГ-92, ФГ-85, ФГ-75, ФГН-75, ФГ-65
Флюорит-концентрат флотаційний – ФФ	ФФ-97А, ФФ-97Б, ФФ-95А, ФФ-95Б, ФФ-92
Флюорит окатиш і обпалені – ФО	ФО-95А, ФО-95Б, ФО-92, ФО-85



Плави́ковий шпат, що застосовується в хімічній промисловості, має містити не менше 95 %  $\text{CaF}_2$  і не більше 1 %  $\text{SiO}_2$  та  $\text{CaO}$ ; домішок барію, свинцю та сірки не повинно бути. У чорній металургії застосовують плави́ковий шпат із вмістом  $\text{CaF}_2$  від 75 до 92 % (залежно від якості сталі та феросплавів) і сірки не більше 0,2–1,5 %. Флюорит має бути у шматках величиною більше 3 мм (10–15 мм).

При виробництві скла та емалі використовується марка Ф-85. Вміст оксиду заліза – 0,06–0,12 %,  $\text{CaCO}_3$  – не більше 2,5 %. Цементну промисловість задовольняють руди із вмістом  $\text{CaF}_2$  55–45 %.

Оптичний флюорит є найціннішим різновидом плави́кового шпату. Промисловість висуває високі вимоги до оптичного флюориту. Розміри кристалів або їх уламків мають бути не менше 10 мм у поперечнику і в них відсутні тріщини та включення мінералів-супутників. Оптичний флюорит у пластинці товщиною 1 мм повинен пропускати не менше 80 % потоку ультрафіолетових променів з довжиною хвилі до 1 250 Å. Залежно від розмірів кристалів та їх якості оптичний флюорит поділяють на чотири сорти (табл. 34).

**Таблиця 34**

**Технічні вимоги до оптичного флюориту**

Сорт	Мінімальний розмір, мм	Обсяг дефектної частини кристала	Допустимі дефекти
Унікальний	20 x 20 x 10	-	Не допускаються
Перший	10 x 10 x 5	Не більше 10 %	Рідкісні тріщини і тверді включення
Другий	6 x 6 x 6	Не більше 20 %	Рідкісні тріщини і тверді включення
Третій	6 x 6 x 6	Від 20 до 95 %	Рідкісні тріщини і тверді включення

Оскільки оптичний флюорит у вигляді однорідних монокристалів у природі зустрічається дуже рідко, то останнім часом потреби промисловості задовольняються за допомогою синтетичних кристалів прозорого  $\text{CaF}_2$ , які за якістю не поступаються кращим кристалам природного флюориту.

Останнім часом значного розвитку набуло виробництво аналогів органічних сполук на основі заміни іонів  $\text{H}^+$  на іони  $\text{F}^+$  – фторованих полімерів (тефлон та ін.). Тефлон, стійкий у концентрованих кислотах і гарячих лугах, використовується в техніці й медицині; фторопласти – для виробництва насосів для перекачування агресивних рідин. Фторкаучуки дуже термостійкі. Високою стійкістю вирізняються й мастильні сполуки, у складі яких замість іонів  $\text{H}^+$  знаходяться іони  $\text{F}^+$ . Фтортрансформаторні рідини, протиракові препарати (фторуцил, фторофур

та ін.), засоби для лікування алкоголізму (трифтазін), шизофренії та багато інших виробляють із застосуванням фтору.

Суттєве значення має фторування води й зубних паст для попередження карієсу зубів. Фтори використовуються як окисник у деяких видах ракетного палива. Хімія інертних газів базується на застосуванні фтору (фтористий криптон, радон та ін.). Хімічні лазери працюють з використанням фтору.

Холодильна техніка широко застосовує фторвмісні сполуки – фреони. Фтористий водень – каталізатор для багатьох хімічних реакцій, у тому числі етерифікації та алкування для отримання високоякісного бензину. Фтор використовується для проведення реакцій у неводневих середовищах. Фтористий натрій використовують для обробки деревини, кремнефтористий магній – для підвищення міцності та кислотостійкості бетонів, кремнефтористий натрій – для виготовлення кислотостійких замазок, емалей; газоподібний чотирифтористий кремній – при перекритті водоносних горизонтів при бурінні свердловин.

## Економічні відомості

Світові ресурси плавикового шпату оцінюються в 400–570 млн. т, середньорічне світове виробництво флюориту становить 5350 тис. т (табл. 35). Вартість флюориту на світовому ринку змінюється від 85 дол. США (кускові сорти) до 170 дол. (концентрати кислотних сортів) за 1 т.

**Таблиця 35**

### **Видобуток, запаси, ресурси флюориту, тис. т [59]**

Країна	Видобуток		Запаси	Ресурси
	2005	2006		
Іспанія	140	150	6000	8000
Кенія	97	100	2000	3000
Китай	2700	2750	21000	110000
Мексика	873	950	32000	40000
Монголія	368	370	12000	16000
Марокко	95	115	н/зв	н/зв
Намібія	116	127	3000	5000
ПАР	265	240	41000	80000
Росія	210	210	Середні	18000
США	-	-	н/зв	6000
Франція	90	40	10000	14000
Інші країни	306	300	110000	180000
<b>Всього</b>	<b>5260</b>	<b>5350</b>	<b>240000</b>	<b>480000</b>

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Головні типи родовищ флюориту: власне плавикошпатові ( $\text{CaF}_2 > 30\%$ ) і комплексні ( $\text{CaF}_2 < 30\%$ ), родовища першої групи поділяються на кварц-флюоритові, карбонат-флюоритові, польовошпат-флюоритові, барит-флюоритові, топаз-флюоритові; другої – на флюорит-берилієві, флюорит-олов'яні, ртутно-сурм'яно-флюоритові, флюорит-залізородні, флюорит-олов'яно-вольфрамові [28, 38, 43, 44]. За походженням виділяють родовища гідротермальні, грейзенові, карбонатитові, пегматитові, залишкові. За запасами вони поділяються на (млн т): дрібні – 0,5–2, середні – 2–5, великі – 5–10, унікальні – більше 10. За вмістом  $\text{CaF}_2$  розрізняють руди (%): багаті – більше 50, середні – 35–50, рядові – до 35.

Найважливіші генетичні типи родовищ: карбонатитові (флюорит-рідкісноземельні родовища); пегматитові (оптичний флюорит); гідротермальні (високо-, середньо- та низькотемпературні).

**Карбонатитові родовища** (формація флюорит-рідкісноземельних карбонатитів) складені комплексними флюорит-рідкісноземельними рудами, в яких основними компонентами є фторкарбонати рідкісних земель (синхізит, бастнезит, паризит), флюорит є супутнім мінералом.

**Пегматитові родовища** (формація флюоритонесних камерних пегматитів) розповсюджені обмежено. Пегматитові тіла в порожнинах виповнені кристалами оптичного флюориту, моріону, раухтопазу, гірського кришталю, вмісні породи – граніти (родовища Казахстану).

**Високотемпературні гідротермальні родовища** флюориту (грейзенова та грейзеново-скарнова рідкісноземельно-флюоритова формація), як правило, розташовані в зоні контакту гранітів з вмісними породами. Практичний інтерес являють родовища, що виникають за наявності карбонатних товщ. Граніти перетворені на грейзени, вапняки – на скарни. Для скарнових родовищ характерна тісна асоціація флюориту зі світлими слюдами, турмаліном, каситеритом, топазом, кріолітом, іншими високотемпературними мінералами та бідність кварцом і кальцитом. Процес рудоутворення починається з розвитку магнезіальних форстерит-шпінелевих скарнів, які пізніше заміщуються вапняковими піроксен-гранатовими скарнами. Потім проявляються процеси фельдшпатизації та грейзенізації. У грейзенах локалізується в основному каситеритова мінералізація, у скарнах концентруються флюоритові та берилієві мінерали (родовище: Пост-Рівер на Алясці, флюоритові руди Суцано-Пержанської зони УЩ).

Родовища кріолітових польовошпатових апогранітів (формація кріолітоносних гранітів) розвинені порівняно обмежено. Як джерело фтору мають, скоріше, потенційне значення, хоч запаси фтору в деяких родовищах досить значні. Відомі родовища в Нігерії, Гренландії.

**Середньотемпературні гідротермальні родовища** (формації флюорит-барит-поліметалічна, флюорит-бертрандитова, флюорит-рідкісноземельна) розташовані близько материнських гранітних масивів, як правило, в осадових породах. Утворюють як жили, так і метасоматичні тіла різних розмірів. За мінералогічним складом руди поліметалічні, крім флюориту зустрічаються кварц, барит, кальцит, галеніт, сфалерит, халькопірит та ін. У родовищах, що залягають у карбонатних породах, проявлений гідротермальний метасоматоз. Прикладом можуть бути родовища Абаготуйське в Забайкаллі, Аурахматське в Казахстані, Покрово-Кириївське в Донецькій області.

**Низькотемпературні гідротермальні родовища** (поліметалічно-барит-флюоритова і сурм'яно-ртутно-флюоритова формації) зазвичай залягають в основних, часто в карбонатних породах при відсутності або слабкому прояві магматизму (телетермальні, амагматичні родовища). Рудні тіла залягають у карбонатних породах, інколи в пісковиках з карбонатним цементом. Відомі як пластові метасоматичні тіла, так і жильні утворення. Основні мінерали – флюорит, кальцит, галеніт, сфалерит, халькопірит, марказит, барит, кіновар, антимоніт, бітуми. Приклади родовищ: Хайдарканське в Середній Азії, Калангутське в Забайкаллі, Бахтинське в Україні.

Крім розглянутих типів родовищ, у природі зустрічаються концентрації флюориту вулканогенно-осадового типу (родовище П'янчино в Італії), а також підвищений вміст плавикового шпату в основних породах, де він представлений землистим різновидом – ратовкітом (мергелі карбону Московської області).

## Родовища України

Балансові запаси плавикового шпату в Україні складають 3,9 млн т  $\text{CaF}_2$ , але власний видобуток флюориту поки що не ведеться. Використання плавикового шпату в Україні не перевищує 60 тис. т на рік, з них 25 тис. т використовує металургійна промисловість, потреби Україна у флюориті задовольняються за рахунок імпорту із Таджикистану, Росії, країн Південно-Східної Азії.

В Україні поклади плавикового шпату відомі в зоні зчленування УЩ з ДДЗ (Покрово-Кириївське родовище, Докучаєвський, Каракубський, Новотроїцький прояви), на Поділлі (Бахтинське родовище, Новоселківський, Сказинецький, Посухівський, Перекоринський, Ізраїльський, Могилів-Подільський, Мільківський прояви), в Сущано-Пержанській зоні (прояв Центральний), в Кіровоградській зоні (Бобринецький, Компанієвський, Первозванівський прояви), в Приазов'ї (Константинопольський прояв) (рис. 32) [16–18, 20–23].



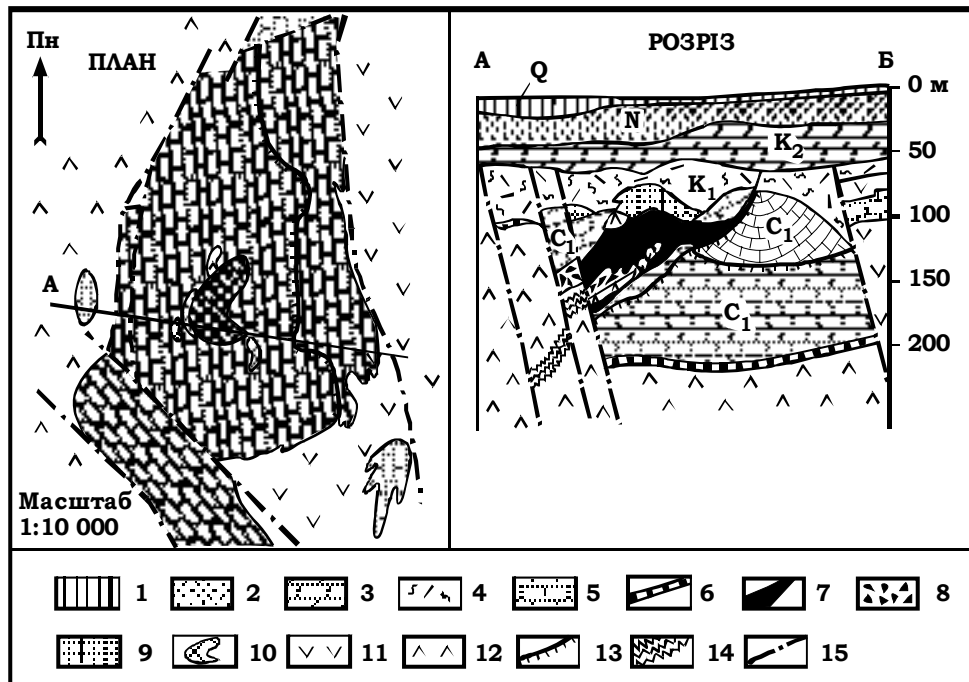
**Рис. 32. Схема розташування родовищ та проявів флюориту та ставроліту [36]**

- 1 – флюорит (1 – Покрово-Кириївське, 2 – Бахтинське родовища, 3 – Суццано-Пержанська зона, Бобринецький прояв, 5 Малотерсянська група проявів, 6 – Кам'яномогильсько-Катеринівська група проявів),  
 2 – ставроліт (7 – Малишівське родовище, 8 – Сорокинський прояв, 9 – Гуляйпільська структура, 10 – Ганівський прояв)

На обліку Державного балансу запасів стоять Покрово-Кириївське і Бахтинське родовища з сумарними балансовими запасами (тис. т) за категоріями:  $C_1$  – 6085 руди, в тому числі  $CaF_2$  – 1821;  $C_2$  – руди 14010,  $CaF_2$  2088; позабалансові – 161 руди, в тому числі 35  $CaF_2$ .

**Покрово-Кириївське** родовище знаходиться в зоні зчленування Донбасу і Приазовського мегаблоку, у Волноваській зоні, представлене трьома рудними тілами: Головним, Північним і Південним (рис. 33). Головне тіло лінзовидної форми, довжиною 250 м, шириною 70–180 м, потужністю 4,4–70,0 (середня 40) м. Видяється два типи руд: корінні, пов'язані з вапняками турнейського ярусу і делювіально-пролювіальні дезинтегровані руди потужністю 1,0–30,6 м в нижній частині верхньоюрських – нижньокрейдових туфогенних глин. Корінні руди представлені двома підтипами: карбонат-флюоритовим (вміст  $CaF_2$  в середньому 65 %) і карбонат-польовошпат-флюоритовим

(середній вміст  $\text{CaF}_2$  – 45 %). Текстури руд масивні, смугасті, брекчиєвидні, прожилкові. Плавииковий шпат дрібнокристалічний з індивідами до 1 мм, фіолетовий, рідше – блідо-зелений. Характерна тісна асоціація з кальцитом. Руди вміщують також карбонати, польові шпати (альбіт, калішпат), кварц, серицит, хлорит, каолінит, кіновар, пірит, галеніт та ін. За сортом виділяють руди: багаті карбонатно-флюоритові, що не потребують збагачення ( $\text{CaF}_2$  – 73–83 %); рядові карбонатно-флюоритові ( $\text{CaF}_2$  – 38–71 %) і карбонат-польовошпат-флюоритові ( $\text{CaF}_2$  – 54,3 %). Родовище відноситься до середньотемпературного гідротермально-метасоматичного типу. Температурний режим мінералоутворення – 300–100°C. Запаси родовища за категорією  $C_1$  складають 1927 тис. т руди ( $\text{CaF}_2$  – 1231 тис. т),  $C_2$  – 300 тис. т ( $\text{CaF}_2$  – 167 тис. т). Родовище не розробляється.



**Рис. 33. План (а) і розріз (б) Покрово-Кириївського родовища флюориту (за А.Зарицьким і А.Стремовським)**

1 – суглинки і глини червоно-бурі; 2 – неогенові піски з прошарками глин; 3 – верхньокрейдіві мергелисті пісковики; 4 – нижньокрейдіві глини з прошарками бокситів; 5 – нижньокам'яновугільні вапняки; 6 – кварцитоподібні пісковики; 7 – руда флюорит-карбонатна; 8 – руда карбонат-польовошпат-флюоритова; 9 – кора вивітрювання рудного тіла; 10 – вихід головного рудного тіла на домезозойську поверхню; 11 – андезити; 12 – кератофіри; 13 – насуви; 14 – зони прожилкової мінералізації; 15 – скиди

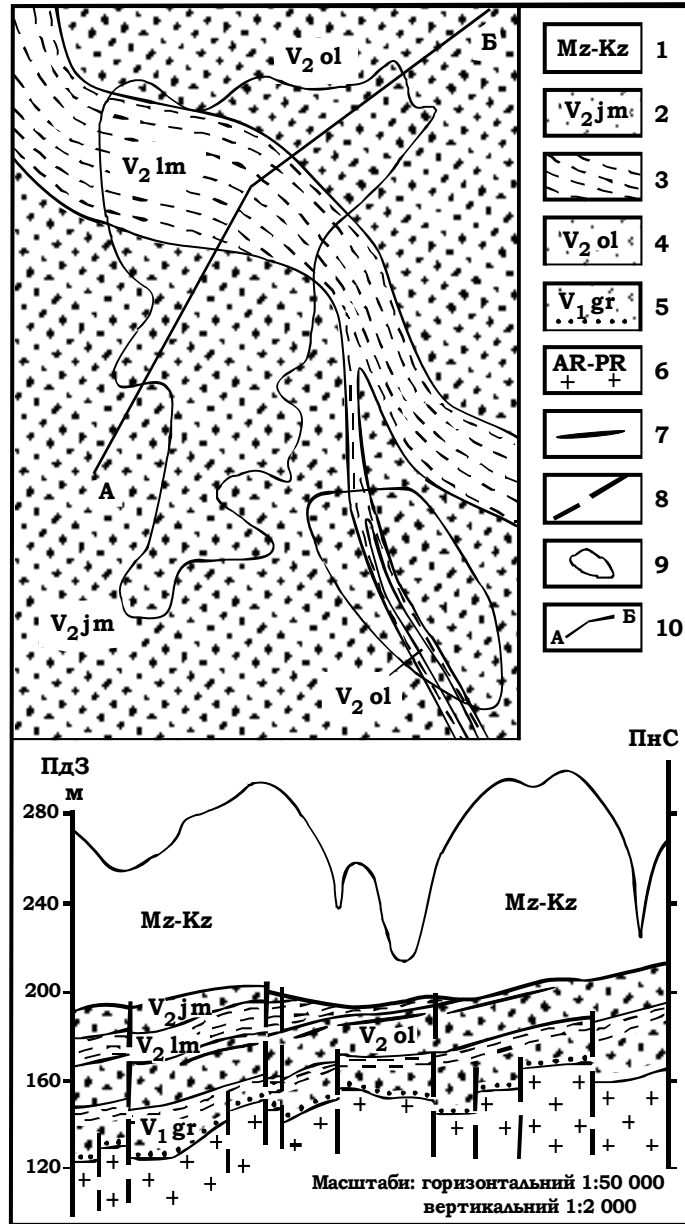
**Бахтинське родовище** розміщене у межах Бахтинської депресії (рис. 34). Флюоритове зруденіння пов'язане з товщею ольчедаївських пісковиків, представлене субгоризонтальними покладами серповидної та ізометричної форми довжиною 4–9,4 км, шириною 1–3,5 км, глибина залягання – від 21,3 до 118,5 м. Поклади складаються з 20 рудних тіл середньою потужністю 0,75–1,45 м, розташованих одне над другим або кулісоподібно. Руди відносяться до флюорит-карбонатного типу, виділяють пластово-вкраплені і прожилкові різновиди. Флюорит заміщує гідрослюдистий і кальцитовий цемент пісковиків і частково кластичний матеріал – польові шпати та кварц. Прожилковий тип має підпорядковане значення. Основні мінерали – флюорит і кальцит, рідше зустрічаються кварц, дикіт, пірит. Колір флюориту фіолетовий, різної насиченості, трапляються скупчення безбарвних, зеленкуватих та медово-жовтих зерен. Текстури руд переважно рівномірно вкраплені. У випадку інтенсивного оплавикування пісковиків (> 25 % CaF<sub>2</sub>) у них з'являється кокардова або плямиста текстура: утворюється флюоритовий цемент проростання у вигляді округлих зерен (0,7–1,5 см). Руди бідні, комплексні, без шкідливих домішок, вміст флюориту 11–41 % (в середньому 17,1–20,6 %). Промислове значення мають флюорит, польовий шпат і кварц, з яких можна отримувати високоякісний флюоритовий, керамічний польовошпатовий, кварц-польовошпатовий і кварцовий концентрати. Запаси руди за категорією С<sub>1</sub> складають 4257,5 тис. т (CaF<sub>2</sub> – 589,7), С<sub>2</sub> – 13710,3 (CaF<sub>2</sub> – 1920,8), ресурси категорії Р<sub>1</sub> – 10,8 млн т.

Технологічний тип руд – польовошпат-кварц-флюоритовий, середній мінералогічний склад (%): кварц – 51,9, польовий шпат – 16,4, плагіоклаз – 3,5, флюорит – 20,6, кальцит – 2,7, глинисті та гідрослюдисті мінерали – 3,3. Промислове значення мають флюорит, польовий шпат та кварц, з яких можна одержувати високоякісний флюоритовий концентрат марки ФФ-95-А (табл. 36), керамічний польовошпатовий концентрат, кварц-польовошпатовий і кварцовий концентрат. Бахтинське родовище передбачається розробляти підземним способом (шахтою). Продуктивність рудника становить 500 тис. т руди на рік. Рудник існуватиме 29 років. Продуктивність гірничозбагачувального комбінату за концентратом становитиме близько 90 тис. т.

**Таблиця 36**

**Хімічний склад Бахтинського флюоритового концентрату**

Назва	Вміст, %				
	CaF <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P	S
Флюорит бахтинський	99,3	0,01	0,35	0,003	0,007
Вимоги до концентрату ФФС-97-А	97,0	1,0	2,0	0,015	0,050



**Рис. 34. Схематична геологічна карта та розріз Бахтинського родовища [36]**

1 – мезо-кайнозойські відклади; 2 – ямпільські пісковики; 3 – ломозівські аргіліти; 4 – ольчадаївські пісковики; 5 – грушкинська світа, алевроліти, пісковики, гравеліти; 6 – кристалічний фундамент; 7 – рудні тіла; 8 – розломи; 9 – контур родовища; 10 – лінія розрізу



**Центральний прояв** локалізований в метасоматитах Суццано-Пержанської зони. Вміщуючі породи – біотит-польовошпатові та польовошпатові метасоматити, мікроклініти, до яких приурочена фтор-цирконій-рідкісноземельна акцесорна мінералізація. Найбільш широко вона розвинута у кварц-біотит-мусковітових грейзенах і мікроклінізованих сієнітах. Основними мінералами є флюорит, циркон, циртоліт, бастнезит, паризит, монацит, ксенотим. Флюоритова мінералізація утворилася в процесі грейзенізації пержанських гранітів – заміщення кварцом і серицитом польових шпатів і плагіоклазитів та на завершальній стадії – флюоритизацією. Рудні тіла пласто- та лінзоподібної форми, потужністю від перших сантиметрів до 25 м. Вміст флюориту змінюється від перших відсотків до 53,8 %, переважають значення 25–32 %, середній вміст – 28 %. Флюорит утворює гнізда та прожилки у кварц-польовошпатовій масі, порівняно чистий від включень первинних мінералів. Вміст польових шпатів у руді: мікроклін – 17–40 %, альбіт – 11–25 %. Флюоритові руди містять рідкісноземельні елементи, переважно ітрієвої групи (табл. 37). Ітрій концентрується у флюориті (входить до структурної комірки флюориту у вигляді твердого розчину, ізоморфно заміщуючи кальцій) – 0,55 % елементарного складу та цирконій – 3,23 % елементарного складу. Ресурси ітрій-флюоритових руд за категорією Р<sub>2</sub> складають 4 млн т, ресурси польовошпатового концентрату – 1,8 млн т.

**Таблиця 37**

**Вміст флюоритової руди**

Проби	Вміст, %			Y/TR
	CaF <sub>2</sub>	Σ TR	Y	
ГТ-1	25,41	0,16	0,054	0,34
ГТ-2	26,75	0,16	0,052	0,33
ГТ-3	31,13	0,18	0,055	0,31
ГТ-4	32,18	0,17	0,061	0,36
ГТ-5	16,17	0,125	0,035	0,28

- За даними НДІ хімічних технологій (Москва, 1991 р.).

## ЙОДОБРОМНА СИРОВИНА

### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

Йод і бром дуже поширені в природі та в розсіяному стані зустрічаються скрізь. Майже всі сполуки йоду та броду розчиняються у воді й тому легко вилуговуються з гірських порід.

При звичайній температурі **йод** – сірувато-чорні пластинчасті кристали. Найголовнішими сполуками йоду є йодистий калій, йодистий натрій, йодистий амоній, йодистий метил, йодистий етил, йоднுவатокислий калій. Йод широко використовується як сильний антисептичний засіб у фармацевтичній промисловості для виготовлення лікарських препаратів. У сільському господарстві солі йоду застосовують як додаток до кормів при відгодівлі тварин і птиці, для прискорення їх росту та підвищення продуктивності, в хімічній промисловості – при виробництві барвників. Йод та його сполуки використовують для підготовки реактивів в аналітичній хімії, як каталізатор у виробництві каучуку та синтетичних смол, в реактивній техніці, у виробництві титану, цирконію, торію та інших металів високої чистоти шляхом термічного розкладання їх йодистих сполук. Як вихідну сировину для одержання йоду у світовій практиці використовують відходи виробництва селітри, морські водорості та підземні води. Показники та кондиції для йодових підземних вод такі (табл. 38).

Таблиця 38

Показники та кондиції йодових вод

Показник	Одиниці виміру	Кондиції	Північно-Сиваське родовище
Вміст йоду у воді	мг/л	29,2	29,8–30,1
Лужність води	мг-екв./л	4,1	3,95–4,35
Нафтені кислоти у водах	мг/л	0,15	0,11–0,07
Нафти у водах	мг/л	0,5	0,2
Глибина свердловин	м	1700	1620
Дебіт свердловин	м <sup>3</sup> /добу	800	500–1795 (фактичний); 800 (розрахунковий)

Крім цього, технічний йод I–II сортів має містити йоду не менше 87–95 %, органічних речовин – не більше 0,2 %, хлору – не більше 0,1 %, золи – не більше 0,25–0,3 %.

У звичайних умовах **бром** – це червонувато-бура рідина, при застиганні з неї утворюються червонувато-коричневі кристали. Найва-

жливішими неорганічними й органічними сполуками брому є: бромистий калій, бромистий натрій, бромистий амоній, бромисте залізо, бромнуватокислий натрій, бромистий метил, бромистий метилен.

Бром та його сполуки застосовуються, головним чином, у виробництві антидетонаторів для моторного палива, входять до складу так званої етилової рідини, що додається до автомобільного та авіаційного бензину для підвищення їх детонаційної стійкості. Сполуки брому широко застосовуються в медицині, при лабораторних дослідженнях і тонкому органічному синтезі, бромисте срібло – у фотопромисловості для приготування світлочутливих емульсій, бромнуватокислий калій – у хлібопекарському виробництві (добавка до борошна збільшують пишність і пористість тіста). Сполуки брому (брометил, дибромметан, бромхлоретан та ін.) використовуються в сільському господарстві для боротьби зі шкідниками, при гасінні пожеж у тих випадках, коли не можна застосовувати воду.

Сировиною для виробництва брому є морська вода, розсоли солоних озер, луки калійних виробництв, підземні води нафтових і газових родовищ. В Україні бром видобувають тільки з розсолів соляних озер, де, з огляду на придатність для промислового одержання брому, вирішальне значення мають його концентрація, запаси, хімічний склад розсолів та їх температура. Підвищення температури вод має позитивне значення, оскільки при переробці вони потребуватимуть меншого підігріву. Висока лужність є негативним фактором, бо на її нейтралізацію потрібно витратити багато сірчаної кислоти. Нормативні вимоги до мінеральних вод, що містять бром і йод, такі (табл. 39).

**Таблиця 39**

**Вимоги до мінеральних вод**

Що видобувається	Йоду, мг/л не менше	Брому, мг/л не менше	Лужність, мг/л не більше	Нафтових кислот, мг/л не більше	Галоїдопоглинання, мг/л не більше	Нафти, мг/л не більше
Бром і йод	10	200	10	600	80	40
Бром	–	250	10	600	80	40
Йод	18	–	30–90	600	80	40

**Економічні відомості**

Світові ресурси йоду складають біля 27 млн т, крім того у морській воді утримується близько 34 млн т йоду; запаси складають 15 млн т, у тому числі в Чилі – 9,0 млн т, Японії – 4,9, Туркменістані й Азербай-

джані – по 0,17. Щорічно у світі виробляється 20–25 тис. т йоду, основні виробники – Чилі, Японія, США, Китай, Азербайджан, Туркменістан (табл. 40). Найбільші експортери – Чилі – 9,8 тис. т на рік, Японія – 5, США – 3; імпортери – США – 5–6 тис. т на рік, Нідерланди і Франція – понад 2, Бельгія і Люксембург – 1,7, Велика Британія і Німеччина – більше 1,3. Середня світова ціна йоду (\$/т) складала: 2001 р. – 13,94; 2002 р. – 12,70; 2003 р. – 11,81; 2004 р. – 13,38; 2005 р. – 16,10; 2006 р. – 18,69 [57].

**Таблиця 40**

**Видобуток, запаси, ресурси йоду [59]**

Країна	Видобуток, т		Запаси, тис. т	Ресурси, тис. т
	2005	2006		
Азербайджан	300	300	170	340
Індонезія	75	75	100	200
Китай	550	550	4	120
Росія	300	300	120	240
США	1570	1220	250	550
Туркменістан	270	270	170	350
Узбекистан	2	2	н/зв	н/зв
Чилі	15000	16000	9000	18000
Японія	7300	7300	4900	7000
<b>Всього</b>	<b>25400</b>	<b>25300</b>	<b>15 000</b>	<b>27 000</b>

Мінеральні ресурси брому практично безмежні. Його ресурси в морській воді оцінюються в 100 трильйонів тонн. Світове виробництво брому складає 540–570 тис. т на рік, головні виробники: США, Ізраїль, Велика Британія, Китай, Японія, Йорданія (табл. 41), експортери – Бельгія і Люксембург – 25 тис. т, Велика Британія і Нідерланди – 11,5, США – 6,5, Україна – 1,0; імпортери – Бельгія і Люксембург – 27,5 тис. т, Нідерланди – 11, Франція – 12,4, Китай – 2,5 Велика Британія – 6, США – 5,5, Німеччина – 4. Середня світова ціна брому (\$/т) складала: 2001 р. – 67,0; 2002 р. – 99,2; 2003 р. – 72,0; 2004 р. – 75,5; 2005 р. – 81,0 [57].

**Таблиця 41**

**Видобуток, запаси, ресурси брому, тис. т [58, 59]**

Країна	Видобуток			Запаси	Ресурси
	2004	2005	2006		
Азербайджан	2	2	2	300	300
Велика Британія	35	35	н/зв	н/зв	н/зв
Ізраїль	206	210	210	н/зв	н/зв
Індія	1,5	1,5	1,5	н/зв	н/зв

Йорданія	20	46	46	н/зв	н/зв
Іспанія	0,1	0,1	0,1	1400	1400
Італія	0,3	0,3	0,3	н/зв	н/зв
Китай	42	43	44	130	3500
Німеччина	0,5	0,5	0,5	н/зв	н/зв
США	222	226	226	11000	11000
Туркменістан	0,15	0,15	0,15	700	700
Україна	3	3	3	400	400
Франція	2	2	2	1600	1600
Японія	20	20	20	н/зв	н/зв
<b>Всього</b>	<b>560</b>	<b>555</b>	<b>556</b>	<b>Великі</b>	<b>Великі</b>

### Генетичні та геолого-економічні типи родовищ

Головними промисловими джерелами бромової солі служать морська вода і продукти її переробки (ропа), що накопичуються в морських затоках, відшнурованих озерах морського походження; ропи соляних озер континентального походження; калійні солі і бішофіт; підземні води глибоких горизонтів в осадових басейнах; підземні води промислового походження, гідромінеральна сировина.

### Родовища України

В Україні прояви йоду та бромової солі приурочені до підземних вод карстових і газових родовищ Передкарпаття, ДДЗ і Криму, до солоних озер Криму і мілководних заток Азовського моря, де утворюються значні концентрації різноманітних солей.

Найперспективнішим джерелом йоду і бромової солі є пластові води нафтових і газових родовищ. В Україні відомі три нафтогазоносні області, де в пластових водах виявлено промисловий вміст йоду та бромової солі, з яких Передкарпатський передовий прогин посідає провідне місце. Порооди, що містять воду, є тріщинуватими та кавернозними вапняками, пачками пісків і пісковиків, мергелями й алевролітами. За хімічним складом ці води – хлоридно-натрієво-кальцієві, хлоридно-натрієві. Мінералізація їх коливається в межах від 7 до 200 г/л, у середньому – 40–50 г/л. Середній вміст йоду змінюється від 7 до 78 мг/л, найбільша його кількість зустрічається у водах неогенових відкладів, що супроводжують газові родовища. Вміст бромової солі коливається від 67 до 400 мг/л, найбільше його у водах верхньоюрських відкладів. У Волино-Подільському артезіанському басейні вміст бромової солі в розсолах коливається від слідів до 1,33 г/кг (в розсолах рифей-вендського комплексу і нижнього девону). В ДДЗ найбільш перспективні на йод і бром водоносні комплекси девонсь-

ких соленосних відкладів, які характеризуються високою концентрацією йоду – 170 мг/л і бромю – 4545 мг/л (Загенилівські структури). Йодобромні води нафтових і газових родовищ Криму відносяться до крейдових і палеогенових відкладів і мають, як правило, хлоркальцієвий склад. Середній вміст йоду – 20–35 мг/л, бромю – 20–117 мг/л.

У ДДЗ високі вмісти бромю і йоду встановлені в підземних водах водоносного комплексу девону в межах Зачепилівської структури (йод – 170 мг/л, бром – 4545 мг/л); карбону – в субширотній зоні антиклінальних структур Машівська-Медведівська-Шебелинська в Полтавській і Харківській областях (до 150 г/м<sup>3</sup> йоду і до 2000 г/м<sup>3</sup> бромю).

В Україні родовища **бромю** відомі в АР Крим із запасами (А+В+С<sub>1</sub>) 194,5 тис. т – Сиваське, із статичними запасами бромю 209,84 тис. т, динамічними – 15,8 тис. т (мінімальний вміст бромю в ропі 0,6 кг/м<sup>3</sup>) яке розроблюється Перекопським бромним заводом (видобуток 9,47 тис. т) і Сасик-Сиваш, яке розроблюється Сацьким хімічним заводом. Важливим джерелом видобутку бромю служать підземні води Передкарпатського прогину, ДДЗ, Причорноморської западин, перспективним – пластові води нафтових і газових родовищ [1, 37, 51].

Прикладом солоних озер і мілководних заток є Сиваш – мілководна затока Азовського моря, яка характеризується майже повною відсутністю постійних прісноводних стоків (спостерігаються тільки навесні, у період танення снігів, і влітку, після злив). За таких умов морська вода Азовського моря постійно перетворюється на ропу – концентрований розчин солей: Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, CaCl, MgSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, KCl і NaCl. Середні концентрації елементарного бромю в ропі складають: вода Азовського моря – 12 г/м<sup>3</sup>, ропи Східного Сиваша – 70 г/м<sup>3</sup>, Середнього і Західного Сиваша – 170–230 г/м<sup>3</sup>. Сиваш Західний (площа 217 км<sup>2</sup>) і Середній (415 км<sup>2</sup>) є основною сировинною базою Перекопського бромного заводу. Бром одержують із солей бромистого магнію шляхом взаємодії його з хлором. Озеро Сасик-Сиваш є основною сировинною базою Сакського хімічного заводу. Для підтримання постійного рівня води в Сасик-Сиваському озері прокладено морський канал, через який має проходити 300 млн м<sup>3</sup> морської води на рік; споруджено дамбу протяжністю 10 км.

В Україні виробництво бромю та його сполук здійснюється Сакським хімічним і Перекопським бромним заводами. Бромиста продукція Сакського заводу випускається в такому асортименті: бром у залізі, власне калій бромистий, натрій бромистий. Основними видами продукції Перекопського заводу є бром рідкий технічний і реактивний, натрій бромистий, метилен бромистий, бромистий літій, бромисте залізо та бромформ. Продукція випускається таких сортів: "ч" – чистий, "чда" – чистий для аналізів, "хч" – хімічно чистий, "фк" – фар-

макологічний. Технічний бром випускається I сорту, в якому вміст броду не менше 98,5 %, хлору – не більше 0,3 %, нелетких речовин – не більше 0,2 %. Основними споживачами технічного броду в Україні є спеціалізовані підприємства та підприємства міністерства охорони здоров'я. Найголовнішим споживачем бромистого калію є хімічна промисловість (84 % усієї продукції), кінематографічна промисловість (8 %), органи охорони здоров'я (3 %), поліграфічне виробництво (1 %). Споживачами бромистого натрію є органи охорони здоров'я (93 %) і хімічна промисловість (7 %).

**Йод** в Україні не добувається, хоча його прояви відомі в Причорноморській і Дніпровсько-Донецькій западинах, Передкарпатському і Індоло-Кубанському прогинах. Загальна потреба України щодо йоду становить 420–430 т на рік. Власних потужностей виробництва йоду в Україні немає, потреби задовольняються за рахунок закупок йоду в основному в Туркменії й частково в Росії. Основні споживачі йоду в Україні: Київське об'єднання "Дарниця", Київський хімфармзавод ім. Ломоносова, Рубіжанське ВО "Барвник", Північно-Донецьке ВО "Азот", Шосткінське ВО "Свема".

В Україні є лише одне розвідане родовище підземних промислових йодових вод – **Північно-Сиваське**. Воно знаходиться в Генічеському районі Херсонської області в межах лагуни Азовського моря – Сиваша. Промислові йодові води залягають у товщі алевролітів і пісковиків верхнього палеоцену – середнього еоцену, які знаходяться на глибині 1300–1600 м. Усі свердловини, що виявили продуктивну товщу, самовиливні. Статичні рівні на 39–58 м вищі від поверхні землі. Води продуктивного комплексу хлоридні натрієві з мінералізацією 26–34 г/л. Температура води в пластових умовах 58–59,3°C. Середньо зволожений вміст йоду на ділянці водозабору становить 29,8 мг/л, а в межах усього родовища – 30,1 мг/л. Вміст шкідливих домішок у припустимих межах. Промислові води родовища, крім йоду, містять інші корисні компоненти, мг/л: бром – 85–86, бор – 58–64, калій – 133–154, літій – 0,9–1,1, стронцій – 52–62. Затверджені балансові експлуатаційні запаси йодових вод за категоріями А+В+С<sub>1</sub> становлять 33,6 тис. м<sup>3</sup>/добу при середньому вмісті йоду у воді 29,8 мг/л і кількості йоду у воді на один рік 365 т, на 25 років – 9125 т.

Крім цього у Північному Криму і на півдні Херсонської області відомі підземні термальні води з вмістом йоду 28–32 г/м<sup>3</sup>. Підвищений вміст йоду у розсолах виявлений у Львівському прогині (до 0,015–0,030 г/кг), в зовнішній зоні Передкарпатського прогину, зокрема, в Угорсько-Крукеницькій западині (0,020–0,100 г/кг), у відкладах крейда-палеогенового флішу внутрішньої зони прогину (0,016 – 0,036 г/кг). Прояви цих вод не оцінені і запаси J і Br не визначені.

# КАРБОНАТНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБЛЕННЯ СОДИ ТА СПЛУК МАГНІЮ

## Загальні відомості

До цієї групи мінеральної сировини, яка застосовується в хімічній промисловості, відносять вапняки, крейду й доломіти, які застосовуються у виробництві кальцинованої й каустичної соди та карбіду кальцію [4]. Крім того, карбонатні породи використовуються як наповнювач у гумовій, лакофарбовій промисловості, у виробництві мінеральних добрив, окису магнію та у фармацевтичній промисловості.

Кальциновану соду одержують шляхом карбонізації аміачно-соляного розчину вуглекислою, у результаті чого утворюється малорозчинний бікарбонат натрію, що відфільтровується на вакуум-фільтрах і потім кальцинується в содових печах-кальцинаторах. Вуглекислий газ, що витрачається у великих кількостях, одержують шляхом виповнення вапняку чи крейди. Але в основному карбонатна сировина використовується у вигляді вапнякового молока із вмістом 85 % CaO. На 1 т кальцинованої соди витрачається близько 1,55 т вапняку чи крейди.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Високоякісною карбонатною сировиною, що використовується в Україні для содового виробництва, є писальна крейда, що розробляється на Райгородському родовищі для Слов'янського содового комбінату, на Білогорівському та Секменівському родовищах для Донецького содового заводу. Витрати крейди на виробництво 1 т паленого вапняку із вмістом 85 % CaO становлять 1574–1628 кг, паленого вапняку на виробництво 1 т кальцинованої соди – 668–720 кг.

Основними показниками придатності крейди для содового виробництва є чистота її хімічного складу (вміст CaCO<sub>3</sub> 95–98 %). Істотне значення має також її кускуватість (розмір шматків 40–120 мм), оскільки випалювання проводиться у високих шахтних печах.

Для виробництва карбіду кальцію, що широко застосовується в промисловості з метою одержання ацетилену, ціанаміду кальцію, використовуються хімічно чисті (95–98 % CaCO<sub>3</sub>) висококальцієві великокускуваті вапняки (опір стисканню 150 кг/км<sup>2</sup> і вище, кускуватість 60–700 мм). Останнім часом позитивні результати дали досліди щодо одержання карбіду кальцію безпосередньо з вапняку, без попередньо-



го його випалювання. На 1 т карбїду кальцію витрачається 2 т вапняку або 1 т вапна.

У гумовій промисловості застосовується крейда як наповнювач. За дією на технічні властивості гуми наповнювачі поділяються на інертні та активні. Якщо наповнювач поліпшує механічні властивості гуми (наприклад, збільшує міцність на розрив, відносно подовження), він відноситься до активних, якщо ж наповнювач не дає помітного поліпшення, його називають неактивним або інертним. У гумовій промисловості як каталізатор застосовують продукти хімічної переробки доломіту – білу магнезію ( $5\text{MgO} \cdot 4\text{CO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), палену магнезію.

Тонкорозмелений доломіт застосовується як наповнювач для надання твердості каучуковим виробам, прискорювач процесу вулканізації каучуку. Шкідливими домішками є сполуки марганцю, що викликають раннє старіння гуми, виготовленої з натурального каучуку.

У лакофарбовій промисловості й малярських роботах крейда застосовується як наповнювач, білий пігмент або для розбілювання інших кольорових пігментів, а також у вигляді компонента для виготовлення мастик, апретур. Застосування крейди для виготовлення фарб без водних в'язучих ґрунтується на її високій дисперсності, хімічній інертності до більшості фарбових сполук, стійкості до лугів і вапна, високому вкриванні й незмінності кольору після нанесення фарби на поверхню. У фарбовій і малярській техніці застосовуються як природна, так і технічна крейда, одержувана з природної шляхом її збагачення. Штучна хімічна крейда має незначне вкривання й для виробництва фарб непридатна. Мелену крейду рекомендується використовувати для виготовлення фарбових сполук, застосовуваних для ручного фарбування, а також для шпаклювальних паст, а технічну крейду – для виготовлення фарбових сполук, що наносяться на поверхню методом розпилювання, де потрібна велика тонкість молоття, при якій забезпечується нормальна робота фарбопультів.

Для виробництва мінеральних добрив карбонатна сировина використовується в технологічному процесі як наповнювач, що надає продуктові властивостей незлежуваності. Вапняк і вапно застосовуються у виробництві преципітату, кальцієвої та вапняко-аміачної селітри й різних тукових сумішей.

## Родовища України

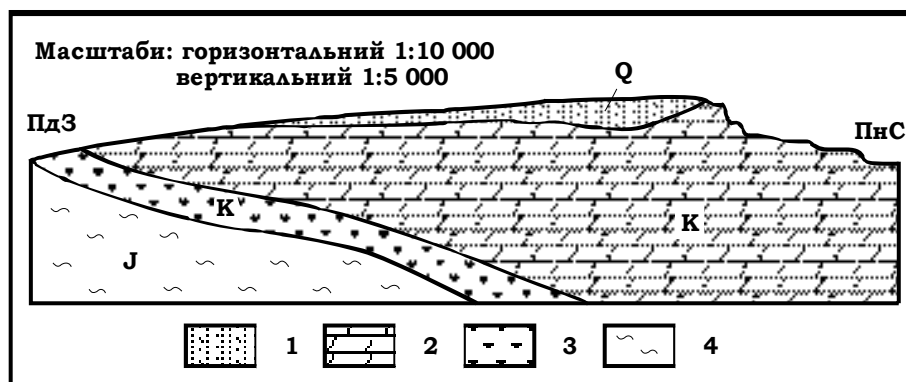
Ресурси карбонатної сировини для хімічної промисловості, металургії, промисловості будівельних матеріалів, цукрової та інших галузей промисловості, зосереджені в Україні у відкладах майже всіх геологічних систем – від архею до неогену. Майже в усіх карбонатних тов-

щах є промислові поклади чистих вапняків, писальної крейди чи доломітів, придатних за своїм складом для використання в хімічній промисловості. Як правило, це комплексна сировина, її запаси здебільшого перебувають на балансі інших галузей промисловості.

Для інших хімічних виробництв (карбїду кальцію, гуми, лакофарбового, мінеральних добрив, ропоного окису магнію) родовища карбонатної сировини балансом запасів не враховуються. Для них сировиною можуть бути запаси ряду родовищ крейди, вапняків, доломітів, враховані балансом запасів для інших галузей промисловості.

Балансом запасів України для хімічної промисловості враховано сім родовищ карбонатної сировини для содової промисловості, з них п'ять крейди та два вапняків: Райгородське і Голосняківське писальної крейди (сировинна база Слов'янського содового комбінату); Білогорівське, Секменівське, Шипилівське писальної крейди (база Донецького содового заводу); Дубовецьке родовище вапняків в Івано-Франківській області. Їх сумарні балансові запаси за категоріями А+В+С<sub>1</sub> їх становлять (млн т): крейди 90,9, вапняку – 16,6.

**Райгородське родовище** знаходиться в Слов'янському районі, експлуатується з 1847 р. Приурочене до туронського та коньякського ярусів верхньої крейди (рис. 35), представлене пластоподібним покладом, що протягується в північно-східному напрямку й падає на північний захід під кутом 10–12°.



**Рис. 35. Райгородське родовище крейди (схематичний геологічний розріз за матеріалами В.Боброва, 1970)**

1 – суглинки, мули, піщано-галечникові відклади; 2 – крейда;  
3 – піски; 4 – глини

Розкрита потужність покладу крейди – 61 м. У верхній частині розрізу крейда тріщинувата й зруйнована до стану щебеню ("рухляк").

Розкриті породи представлені четвертинними суглинками, пісками, глинами й крейдианим елювієм потужністю до 17 м. Гідрогеологічні умови сприятливі. Розробляється Слов'янським содовим комбінатом. Видобуток проводиться кар'єрним способом з первинною переробкою крейди на дробильно-сортувальній фабриці. Можливий приріст запасів – близько 25 млн т. Крейда писальна, містить (%):  $\text{CaCO}_3$  – 78–94; нерозчинного залишку – 2;  $\text{MgCO}_3$  – 0,4–0,7;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,1–0,3. Гігроскопічна вода – 4–20 %. Фізико-механічні властивості: питома вага – 2,66–2,73; об'ємна вага – 1,57–1,58; пористість – 57–58 %.

**Білогорівське родовище** розташовано за 10 км на північний захід від Лисичанська. Корисна товща відноситься до туронського й коньякського ярусів верхньої крейди та поділена на межі ярусів прошарком фосфористої крейди потужністю 20 см. Пластоподібний поклад крейди, потужністю до 47,8 м, похило (5–7°) падає на північний схід. Розкритими породами є четвертинні суглинки і піски, а також крейда верхньої частини коньякського ярусу загальною потужністю 23–45 м. Гідрогеологічні умови родовища сприятливі. Розробляється Донецьким содовим заводом кар'єрним способом з первинною переробкою крейди на дробильно-сортувальній фабриці. Крейда писальна, містить (%):  $\text{CaCO}_3$  – 96,11–98,12; нерозчинного залишку – 0,51–1,88;  $\text{MgCO}_3$  – 0,30–0,91;  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,2–0,35. Природна вологість – 13,0 %. Фізико-механічні властивості: межа міцності при стисканні в сухому стані 23,7–58,8 кг/см<sup>2</sup>; зношеність у барабані Деваля 13,3–14,2 %.

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що відноситься до гірничохімічної сировини?
2. Де і чому використовується сірка?
3. Які країни видобувають сірку?
4. Які основні типи родовищ сірки?
5. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу сірки України.
6. Надайте загальну характеристику фосфатної сировини.
7. Де використовується апатит?
8. Які країни мають найбільші запаси фосфатів?
9. Які генетичні типи родовищ апатиту ви знаєте?
10. Де виникають фосфорити?
11. Чи є перспективи створення мінерально-сировинної бази фосфатів в Україні?
12. Наведіть порівняльну характеристику Стремигородського, Федорівського і Новополтавського родовищ.
13. Чим Жванське родовище фосфоритів відрізняється від Осиківського?
14. Які особливості бариту обумовлюють його використання в промисловості?

15. Назвіть основні генетичні типи родовищ бариту.
16. Де в Україні відомі прояви бариту?
17. Що таке мінеральні солі?
18. Де і в яких умовах утворюються мінеральні солі?
19. Надайте загальну характеристику кам'яній солі і галузям її використання.
20. Охарактеризуйте мінерально-сировину базу кам'яної солі України.
21. Наведіть порівняльну характеристику Донецького і Закарпатського соленосних басейнів.
22. Що ви знаєте про давсоніт?
23. Назвіть основні мінерали калійної солі.
24. Де використовується калійна сіль?
25. Чи є родовища калійної солі в Україні?
26. Наведіть порівняльну характеристику Стебницького і Калуш-Голинського родовищ калійних солей.
27. Чим цікавий бішофіт?
28. Чи є в Україні прояви бішофіту?
29. На чому засновано застосування бору в промисловості?
30. Які країни видобувають борну сировину?
31. Які типи родовищ бору ви знаєте?
32. Які типи родовищ бору є в Україні?
33. Наведіть загальну характеристику плавикового шпату.
34. Де і чому використовується плавиковий шпат?
35. Де видобувають флюорит?
36. Які типи родовищ флюориту ви знаєте?
37. Як забезпечена промисловість України плавиковошпатовою сировиною?
38. Наведіть порівняльну характеристику Бахтинського і Покрово-Кириївського родовищ флюориту.
39. Де використовується йодобромна сировина.
40. Чи є родовища йоду і броду в Україні?
41. Надайте характеристику карбонатної сировини для хімічної промисловості.
42. Які родовища України слугують джерелом карбонатної сировини для хімічної промисловості?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Антипов М.А., Бондаренко С.С., Стрепетов В.П., Каспаров С.М. Минеральное сырье. Бром и йод: справочник. – М.: ЗАО „Геоинформмарк”, 1998. – 30 с.
2. Артеменко В.М., Артеменко О.В., Пономарьов В.С., Черніцина О.М. Крандаліт – новий тип фосфатної мінеральної сировини в Україні // Мін. ресурси України, 2000. – № 2. – С. 31–34.
3. Бартошинский В.З. Барит минеральных комплексов Украины // Барит. – М.: Наука, 1986. – С. 5–14.
4. Баталин Ю.В., Станкевич Е.Ф., Касимов В.С. Основы прогнозирования и поисков месторождений природной соды. – М.: Недра, 1977.

5. Бішофіт: Державний баланс запасів корисних копалин України. Вип. 109. – К.: Геоінформ, 2003.
6. Бобров В.П., Кореневский С.М., Хрущов Д.П. Донбасс. Галогенные формации нижней перми // Прогноз месторождений полезных ископаемых в осадочных формациях Украины. – К.: Наук. думка, 1974. – С. 101–115.
7. Бор. Відомості про геологорозвідувальні роботи в Україні на 1.01.2003 р. Вип. 9. – К.: Геоінформ, 2003.
8. Бордюгов В.П. Калийные соли (геолого-экономический обзор). – К.: Геоинформ, 2001.
9. Бордюгов В.П. Сера самородная (геолого-экономический обзор). – К.: Геоинформ, 1998.
10. Борзунов В.М., Гроховский Л.М. Поиски и разведка месторождений минерального сырья для химической промышленности. – М.: Недра, 1978.
11. Брагин Ю.Н., Блажук С.В., Поддубная Т.Д. Открытие фосфоритов нового геолого-генетического типа в нижнем карбоне Южного Донбасса // Мін. ресурсі України, 2000. – № 1. – С. 40–41.
12. Габинет М.П., Лозыняк П.Ю. Давсонит в карпатском флише // Минер. сб. Львов. ун-та., 1975. – 2. № 29. – С. 33–35.
13. Геология месторождений апатита, методика их прогнозирования и поисков / Ред. А.С.Зверев, Р.М.Файзуллин. – М.: Недра, 1980.
14. Геология месторождений фосфоритов, методика их прогнозирования и поисков / Ред. А.С.Зверев, А.С.Михайлов. – М.: Недра, 1980.
15. Геолого-экономические карты УССР. IV. Горно-химическая промышленность / К.А.Суходольский, Э.С.Дехтулинский, С.А.Червинский и др. – М.: ГУГК, 1982–1987.
16. Гурський Д.С., Новосельцев Ю.А., Білошанський М.В. Бахтинське родовище – потенціальна база плавикошпатових руд // Мін. ресурсі України, 1995. – № 3–4. – С. 14–15.
17. Гурський Д.С., Шепель І.В., Металіді В.С. До перспективи створення мінерально-сировинної бази плавикового шпату України // Мін. ресурсі України, 1999. – № 62. – С. 3–7.
18. Добровольский Е.В. К проблеме генезиса Бахтынского месторождения // Флюорит Украины. – К.: Наук. думка, 1981.
19. Жарков М.А., Жаркова Т.М., Мерзляков Г.М. и др. Бишофитовые отложения Приволжской моноклинали // Особенности строения залежей бишофита и калийных солей. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 3–32.
20. Жовинский Э.Я. Геохимия фтора в осадочных формациях юго-запада Восточно-Европейской платформы. – К.: Наук. думка, 1979.
21. Жовинский Э.Я. Геохимические-фторометрические методы поисков плавикового шпата // Флюорит Украины (критерии поисков). – К., 1981. – С. 55–65.
22. Зарицкий А.И., Гурова Е.П., Стрёмовский А.И. Флюоритовые месторождения Украины // Разведка и охрана недр, 1973. – № 9. – С. 5–10.

23. Зарицкий А.И., Соловьев А.Т. О структурных условиях формирования Покрово-Киреевского флюоритового месторождения. – Л.: ВСЕГЕИ, 1973. – Т. 166. – С. 72–185.
24. Иванов А.А., Воронова М.Л. Галогенные формации (минеральный состав, типы и условия образования; методы поисков и разведки месторождений минеральных солей). – М.: Недра, 1972.
25. Кадастр мінеральних ресурсів УРСР. Сировина для хімічної промисловості. – К.: Наук. думка, 1973.
26. Калінін В.І., Хрущов Д.П., Чумак Д.М. Соляні ресурси України // Мін. ресурси України, 2003. – № 3. – С. 11–15.
27. Китык В.И. Условия образования соляных структур. – К.: Наук. думка, 1969.
28. Комарова Г.Н. Основные эндогенные формации флюоритовых месторождений и их промышленное значение // Тез. докл. I Всесоюз. совещ. по флюориту. – М.: ОЭП ВИМС, 1974. – С. 9–12.
29. Кореневский С.М., Бобров В.П., Хрущов Д.П. и др. Галогенные формации Северо-Западного Донбасса и Днепро-Донецкой впадины. – М.: Недра, 1968.
30. Курило М.В., Курило М.М. Промислово-генетичні і мінеральні типи давсонітової мінералізації в Україні // Наук. праці Ін-ту фундамент. досліджень. – К.: Знання України, 2001. – С. 90–95.
31. Лазаренко Е.К., Мельников В.С. О давсоните из Закарпатья // Минер. сб. Львов. ун-та, 1969. – 3. № 23. – С. 337–340.
32. Ловінюков В.І., Піжук І.П., Чумак Д.М. Стебницьке родовище – головний об'єкт видобутку калійних солей в Україні // Мін. ресурси України, 2003. – № 3. – С. 15–16.
33. Лукин А.Е., Гожик П.Ф., Загороднюк П.А. и др. Днепро-Донецкий бишофит: генезис, основные аспекты практического использования, геоэкологическое значение // Геол. журн., 2000. – № 3. – С. 7–22.
34. Маслякевич Я.В., Левитский Б.П., Зайцева В.Н. Новые данные по давсонитонности Закарпатья // Геол. журн., 1976. – 36. № 4. – С. 141–144.
35. Металіді В.С., Шепель І.В. Сировинна база фосфатів України // Мін. ресурси України, 1998. – № 4. – С. 14–19.
36. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Київ-Львів: „Центр Європи”, 2005.
37. Мышкин А.П. Йодо-бромные воды Предкарпатья. Автореф. канд. дисс. – К.: ИГН, 1965.
38. Нечаев С.В. Флюорито-барито-сульфидная формация запада Русской платформы. – К.: Препринт ИГФМ АН УССР, 1974.
39. Отрешко А.И., Андреев А.И., Клитченко М.А., Лейе Ю.А. Закономерности локализации и перспективы промышленного использования баритов Украины // Барит. – М.: Наука, 1986. – С. 74–80.
40. Прогнозирование и поиски месторождений горно-химического сырья. – М.: Недра, 1990.

41. Проскурин В.П. Геологическая структура и вещественный состав руд апатит-ильменитовых месторождений Чеповичского массива Коростенского плутона. Автореф. канд. дис., 1984.
42. Проскурин Г.П. Объемная зональность апатит-ильменитового оруденения в габброидах Коростенского плутона // Вертикальная зональность магматогенных рудных месторождений. – М.: Наука, 1984. – С. 44–67.
43. Пузаков Л.С., Коплус А.В. Промышленно-генетические типы плавиковошпатовых руд, закономерности их размещения и использование в промышленности // Новые виды неметаллических полезных ископаемых. – М.: Наука, 1975. – С. 159–171.
44. Рязанцева М.Д., Шкурко Э.И. Флюорит Приморья. – М.: Недра, 1992.
45. Сальников В.Д., Бордюгов В.П. Фосфатное сырье (геолого-экономический обзор). – К.: Геоинформ, 1999.
46. Самородная сера // Труды ГИГХСа. – М.: Изд-во литературы по горному делу, 1960.
47. Сасюк В.Т. Біганське алуніт-барит-золотополіметалічне родовище // Наук. праці Ін-ту фундаментальних досліджень. – К.: Знання України, 2001. – С. 136–140.
48. Соляные ресурсы СССР Ч. I. Соляные ресурсы УССР / Ред. А.Н.Дзенс-Литовского. – М.: Госгортехиздат, 1962.
49. Сребродольский Б.И., Ветров Ю.И., Строев В.М. Проявления самородной серы в Днепровско-Донецкой впадине // Разведка и охрана недр, 1971. – № 10. – С. 13–15.
50. Ткачук Л.Г., Алексеенко И.И., Золотухин В.В. Основные закономерности размещения и образования промышленных месторождений самородной серы в Предкарпатской провинции // Закономерности размещения месторождений в платформенных чехлах. – К.: АН УССР, 1960. – С. 35–60.
51. Хмара О.Я., Сиденко О.Г., Матюшов О.М. Україна може мати свій йод // Мін. ресурси України, 1995. – № 3–4. – С. 18–19.
52. Хрущов Д.П., Вакарчук Г.І., Данишурка Н.А., Шехунова С.Б. Родовища бішофіту в Україні і перспективи їх використання // Аспекти геології металічних і неметалічних корисних копалин. Зб. наук. праць ІГН НАН України. – К.: ІГН НАНУ, 2002. – Т. 52. 2. – С. 370–376.
53. Чухров Ф.В. К минералогии и геохимии бария в осадочных породах в связи с изучением Керченского полуострова // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1937. – № 3. – С. 531–563.
54. Шумлянський В.А. Барит в рудних формаціях Придністров'я // Барит. – М.: Наука, 1986. – С. 93–98.
55. Юшкин Н.П. Минералогия и парагенезис самородной серы в экзогенных месторождениях. – Л.: Наука, 1968.
56. Ясинская А.А., Сеньковский Ю.М. Барит из верхнемеловых отложений Среднего Приднестровья // Минерал. сб. Львов. геол. об-ва, 1961. – № 15. – С. 207–215.
57. Canadian Minerals Yearbook, 2005
58. USGS Mineral Yearbook, 2005
59. USGS Mineral Yearbook, 2007

## РОЗДІЛ 3

# ГІРНИЧОРУДНА СИРОВИНА

Існує значна термінологічна невизначеність як щодо меж нерудних корисних копалин у цілому, так і щодо їх поділу на групи. Це пов'язано з подвійним положенням нерудної сировини, яка є, з одного боку, є геологічними тілами з їх певними особливостями, а з іншого – об'єктом промислової розробки та використання, для якого найважливішими є технологічні характеристики сировини та галузі її використання. Вже відзначалося, що одна й та ж сировина може використовуватися в різних галузях і, навпаки, для виробництва багатьох матеріалів необхідно використання різноманітної сировини. Зважаючи на це та враховуючи досвід української гірничорудної промисловості до власне гірничорудної сировини (гірничотехнічної) ми відносимо графіт, гранат, корунд, мусковіт, азбест, вермикуліт та пірофіліт, родовища яких є в Україні (рис. 36). В інших регіонах світу чи в інших класифікаціях до цього типу сировини часто відносять також каолін, бентоніт, мінеральні фарби, цеоліт, флюорит, агат, гірський кришталі, кварцит тощо [1, 6].



**Рис. 36. Схема розміщення родовищ гірничорудної сировини в Україні**  
 1 – графіт; 2 – гранат; 3 – мусковіт; 4 – вермикуліт; 5 – пірофіліт



# ГРАФІТ

## Загальні відомості

Графіт є одним з кристалічних різновидів вуглецю алотропної форми. Він кристалізується в гексагональній сингонії, зустрічається у формі лускатих, листуватих, пластинчастих, волокнистих, зернистих та щільних агрегатів. Кристалічна структура графіту є верстуватою, чим він у першу чергу й відрізняється від другого різновиду вуглецю – алмазу. Графіт має сріблясто-сірий, свинцевий чи чорний колір, металічний чи металопоподібний блиск, великі електро- та теплопровідність, вогне- та хімічну стійкість, плавиться при температурі 3850–4000°C, з кислотами реагує лише в присутності окисників, має анізотропну твердість (уздовж спайності – 1–2, а вхрест – до 5,5). Для нього також є характерними: низький модуль пружності, висока питома теплоємність, корозійна стійкість, добра опірність термічному удару, здатність захвату нейтронів. Ці особливості широко варіюють у різновидах графіту, серед котрих виділяються лускаті, щільно-кристалічні та прихованокристалічні.

Лускаті графіти складені агрегатом пластинчастих кристалів розміром від декількох сантиметрів до 0,01 см у крупнолускатих різновидах і від 0,01 до 0,0001 см у дрібнолускатих. Верстувато-кристалічні графіти мають щільну будову з паралельною орієнтацією пластинок, чим відрізняються від щільно-кристалічних. Родовища лускатого графіту приурочені до гнейсів, кварцитів, мармурів, що утворилися внаслідок метаморфізму стародавніх осадових товщ. Вони складають пласто- й лінзоподібні поклади з витриманими потужністю та простяганням. Графітові луски тонко перешаровуються з лусками слюди й кальциту, утворюють розсіяну вкрапленість у породі. Вміст вуглецю в руді становить від 3 до 18 %. Прикладами родовищ цього типу можуть бути Завалівське в Україні, Тайгинське на Уралі, Факандрана на Мадагаскарі та ін. Серед штучних графітів до цього різновиду належать доменний та карбідний графіт.

Щільно-кристалічні графіти складені агрегатом кристалів графіту, що щільно прилягають один до одного, зрощені під різними кутами, часто з променистою орієнтацією. Це заважає їх розщепленню та зсуву при деформаціях, завдяки чому їхні порошки менш жирні й менш пластичні, ніж порошки лускатого графіту. Відрізняються також крупно- й дрібнокристалічні (менше 50 мкм) різновиди. Часто вони складають жили та лінзи в гідротермально-пневматолітових родовищах;

гнізда, лінзи та вкрапленість – у контактово-реакційних. Родовища першого типу зазвичай пов'язані з пегматитовими, кварцовими, польовошпатовими та кальцитовими жилами, другого – з контактними зонами карбонатних порід і сланців (що збагачені вуглецем) з інтрузіями лужного й основного, подекуди кислого складу. Графіт розвинений у вигляді лускатих та волокнистих агрегатів у польовошпат-кварцовій масі зі слюдою та карбонатом, у скарнових покладах – з гранатом, воластонітом, піроксеном та скаполітом, а поблизу інтрузивних масивів – нефеліном, канкринітом, содалітом, сфеном, апатитом. Вміст графіту в рудах сягає 15–40 %, інколи до 60–90 %. Приклади родовищ: Ботогольське в Саянах, Богала на Шрі-Ланці та ін.

Прихованокристалічні графіти складені кристалами, меншими ніж 1 мкм, які в щільній масі не розрізняються навіть під мікроскопом. Вони відрізняються недосконалою текстурою, часто мають домішок вуглецевої речовини. Зустрічаються у вигляді потужних витриманих покладів, що інколи переходять у вугілля (Тунгуський басейн). Відрізняються щільні та напівпухкі різновиди. Вміст вуглецю сягає 80–90 %. Утворюються внаслідок метаморфізму вугілля, вуглистих і бітумінозних сланців поблизу контактів інтрузій. Прикладами родовищ можуть бути Ногинське в Росії, Кайзерсберг в Австрії.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Використання графіту в промисловості обумовлено його унікальними властивостями: через високу тугоплавкість він використовується в металургії для виготовлення вогнетривких тиглів та фарб, ливарних форм і присипок для них; через високу електропровідність і хімічну стійкість – в електротехніці для виробництва гальванічних елементів, лужних акумуляторів, електродів, ковзних контактів; унаслідок малого коефіцієнта тертя – як мастило, для виготовлення антифрикційних виробів (втулок, вкладишів до підшипників, ущільнювачів, набивок і кілець для поршнів); тонкорозмолоті жирні графіти застосовуються для виготовлення стержнів олівців, фарб, копіювального паперу; широко використовується в ядерній техніці як сповільнювач ядерних реакцій, у реактивній техніці для покриття сопел ракетних двигунів, камер згорання, носових конусів [27].

Затверджених вимог до графітових руд немає, зазвичай відкритим способом розробляються руди з вмістом 2,3–2,4 % явнокристалічного графіту, хоч збагачуватися можуть і більш пісні руди, що призводить до збільшення собівартості продукції. У той же час щільнокристалічні графіти, які використовуються в першу чергу в ливарному виробництві, погано збагачуються, тому їх вміст у рудах має перевищувати 60–

70 %, рідко розроблюються менш багаті руди (Боевське родовище на Уралі – 25 % графіту).

Найефективнішим засобом збагачування є флотація, при цьому шкідливими домішками вважаються гумусові речовини, глини та окиси заліза. Щоб отримати високоякісний рафінований графіт, сировина піддається термічному рафінуванню: випарюванню золотворюючих домішок в електричній печі Ачесона при температурі більше 2200°, а також хімічній обробці кислотами. Для різних виробництв треба мати різний гранулометричний склад графіту (від фракції більше 0,2 мм до фракції менше 0,06 мм). Це забезпечується просіюванням матеріалу через сита та розмелюванням (для дрібних фракцій – з повітряною сепарацією продукту). Розмелювання зазвичай проводиться на вібраційних млинах.

Споживчі вимоги до товарного графіту дуже різноманітні й можуть змінюватися як для різних видів сировини, так і для різних родовищ.

Для цілей ливарного виробництва (грубе лиття) вимоги до графітів Заваллівського родовища регулюються ДСТ 5279-50 "Графіт кристалічний (сріблястий) для ливарних цілей". Вони враховують зольність, яка для 1-го сорту не може бути більшою 18 %, а для 2-го – 25 %, вологість (1,5 %) та міру фракціонування для сит з вічками 0,25; 0,15; 0,10 та 0,053 мм. Для спеціального сталевих лиття потрібна високоякісна графітова сировина із зольністю до 15 %, з тонкістю розмелювання 0,15 мм. Для виробництва графіто-колоїдних фарб графіт треба розмолоти до часток 10–20 мкм, зольність не може перевищувати 8–10 %. Для литва рідкісних та благородних металів використовують ізложниці з монолітних блоків чистого штучного графіту.

Для виробництва графіто-керамічних плавильних тиглів потрібні високоякісні явнокристалічні графіти, що утримують не менше 45 % графіту без золи. Вимоги до сировини регулюються ДСТ 4596-49 "Графіт тигельний". Їм відповідає флотаційний концентрат лускатого чи крупнокристалічного різновиду природного графіту Заваллівського чи Тайгинського родовищ. Вміст золи допускається для 1-го сорту не більше 8,5 %, для 2-го – не більше 11 %; вміст летких при 300° не може перевищувати 2 %, заліза – 1,7 %, вологість – 1 % за відповідним ступенем фракціонування.

При виробництві гальванічних елементів і лужних акумуляторів передбачаються такі допуски, залежно від марки (ДСТ 7478-57): зольність 10–14 %; вологість до 1 %; вихід летких речовин до 1 %; вміст міді до 0,05 %; домішок кобальту, нікелю, свинцю й миш'яку – сліди. Передбачається відповідний ступінь фракціонування, присутність забруднюючих домішок неможлива, у тому числі графітів інших родовищ. Інколи є потреба в сировині із зольністю графіту не більше

0,3 %, що може бути досягнуто термічним рафінуванням природних лускатих графітів. Кристалічний графіт Заваллівського родовища відповідає цим вимогам. Залежно від помелу він поділяється на дві марки: дрібний і великий. При виробництві активних мас лужних акумуляторів застосовується великолускатий графіт (сріблястий), який отримують при флотації руд Заваллівського та Тайгинського родовищ. Вимоги до нього регламентуються ТУ 18-53: вміст золи не може бути більше 2 %, вологість – 1 %, залишок на ситі 0,15 мм – не більше 15 %, на ситі менше 0,063 мм – 30–50 %, не допускаються забруднюючі домішки.

Для виробництва електродів використовують розмелений явнокристалічний графіт, зольність якого 6–10 % для електродів, що виготовляють з нафтового чи пекового коксу, та до 20 % – з антрациту, вологість не більше 1 % та залишки на ситі 0,06 мм не більше 20 %; для електровугільної промисловості – дрібно- й прихованокристалічний та штучний графіт, що відповідає вимогам ТУ 38-54 на графітовий концентрат Ботогольського родовища та ТУ 12-53 на флотаційний концентрат Тайгинського й розмелений графіт Ногинського родовищ.

Для виробництва олівців використовують дрібнолускаті графіти Заваллівського та Тайгинського родовищ, що відповідають вимогам ДСТ 4404-58 "Графіт для олівців". Передбачають дві марки графіту для олівців: "А" із зольністю до 3 %, вологістю до 1 %, вмістом часток більше 0,063 мм до 0,5 % і "Б" із зольністю до 5 %, вологістю до 1 %, вмістом часток більше 0,063 мм до 1 %. Головною вимогою до графіту для мастил є його висока дисперсність. Розмір часток не може перевищувати 2 мкм, зольність – 7–9 % (залежно від марки), вологість 1 %, вміст легких компонентів 1 %, сірки – 0,2 %, залишок на ситі 0,16 мм – 1,5 %, вміст вуглецю не менше 90–92 %. Цим вимогам відповідають збагачені графітові руди Заваллівського, Ботогольського та Тайгинського родовищ.

Сьогодні зростає застосування штучного графіту й такого, що кристалізується з чавуну після його розливу чи його отримують при нагріванні вугілля до 2200–2500° способом Ачесова. Він використовується для виготовлення електродів, вогнетривких виробів, зокрема в ракетній техніці, для ядерних реакторів.

## Економічні відомості

Найбільші запаси і ресурси графіту мають Китай, Мексика, Чехія, Індія, Мадагаскар, Бразилія; найбільшими світовими виробниками є Китай, Індія, Мексика, Бразилія; (табл. 42). Найбільші експортери графіту (тис. т на рік): Китай (160–330), США (26–40), Канада (більше

20), Мексика (15–17), Бразилія (11–18), Мадагаскар (10–14); імпортери – Японія (85–140), США (55–60), Південна Корея (30–65), Німеччина (38–45), Велика Британія (21–26), Італія (9–12), Тайвань (9–11). Середня світова ціна графіту (\$/т) складала: 2001 р. – 520; 2002 р. – 529; 2003 р. – 619; 2004 р. – 485; 2005 р. – 578; 2006 р. – 528 [35, 36].

**Таблиця 42**

**Видобуток, запаси, ресурси графіту, тис. т [36]**

Країна	Видобуток		Запаси	Ресурси
	2005	2006		
Бразилія	77	76	360	1000
Зімбабве	6	6	*	*
Індія	130	120	800	3800
Канада	30	30	*	*
Китай	720	720	64000	220000
Мадагаскар	15	15	940	960
Мексика	11	13	3100	3100*
Німеччина	3	3	*	*
Норвегія	2	2	*	*
Північна Корея	32	32	*	*
США	-	-	-	1000
Туреччина	6	30	*	*
Україна	8	8	*	*
Чехія	10	5	1300	14000
Шрі-Ланка	3	3	*	*
Інші країни	2	2	5100	44000
<b>Всього</b>	<b>1060</b>	<b>1070</b>	<b>76000</b>	<b>290000</b>

\* запаси і ресурси цих країн включені до графи „інші країни”

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

До найважливіших генетичних типів родовищ графіту відносяться:

- **магматичні**, пов'язані з інтрузивними та ефузивними породами різного складу, де графіт є продуктом магматичної кристалізації, складений переважно лускатими різновидами, які нерівномірно розсіяні в породі, інколи скупченнями верстувато-кристалічного графіту (Ботогоське родовище в Саянах);
- **пегматитові** та пов'язані з ними кварцові жили, де великі луски чи радіально-променисті агрегати графіту приурочені до зальбандів жил, іноді зустрічаються в їх центральній частині (невеликі родовища в США, Італії, Канаді, на Уралі);
- **контактово-метасоматичні** в зонах контакту вивержених і карбонатних порід, де разом з типовими скарновими мінералами може бути

- присутнім також великолускатий графіт, що утворює неправильні штоко- й жилоподібні поклади серед скарнів (Канада);
- **пневматоліто-гідротермальні**, що утворюються при кристалізації графіту з високотемпературних постмагматичних розчинів, збагачених леткими компонентами; представлені пластовими й січними жилами та лінзами агрегату крупно- та щільнокристалічного графіту, біотиту, ортоклазу, авгіту, апатиту, титаномagnetиту, рутилу, кварцу та інших мінералів (невеликі родовища на Шрі-Ланці);
  - **метаморфічні**, що утворюються при перетворенні розсіяної органічної речовини в стародавніх метаморфічних товщах (кристалічні сланці, гнейси, мармуризовані вапняки й доломіти, кварцити та ін.); представлені пласто- й лінзоподібними покладами лускатих графітів (від 2 до 20–30 %, інколи до 60 %); мають основну промислову цінність (численні родовища в Україні, на Уралі, у Китаї, на Мадагаскарі та ін.);
  - **метаморфічні**, що утворюються при перетворенні (пірометаморфізмі) вугілля, представлені пластами й лінзами приховано-кристалічного графіту поблизу контактів вугленосних покладів з інтрузіями (родовища Тунгуської групи, Мексики, Кореї);
  - **вивітрювання**, що не мають самостійного практичного значення.

Головні промислові типи родовищ графіту:

- **вкраплені** в гнейсах і кристалосланцях (Тайгінське, Мурзинське, Росія);
- **суцільні жильні** (Богала, Рагедора в Шрі-Ланці);
- **прожилково-вкраплені** (Завалівське в Україні);
- **суцільні гніздові** в контактах дужних (Союзне, Ботогольське в Росії, Блек-Доналд в Канаді) і основних інтрузій (Тас-Казганське в Узбекистані, Домініон у Канаді);
- **суцільні пластові** в екзоконтактах гранітних (Ла-Колорадо у Мексиці, Бородинське, Полтавське в Росії) і основних (Ногінське, Курейське в Росії) інтрузій.

## Родовища України

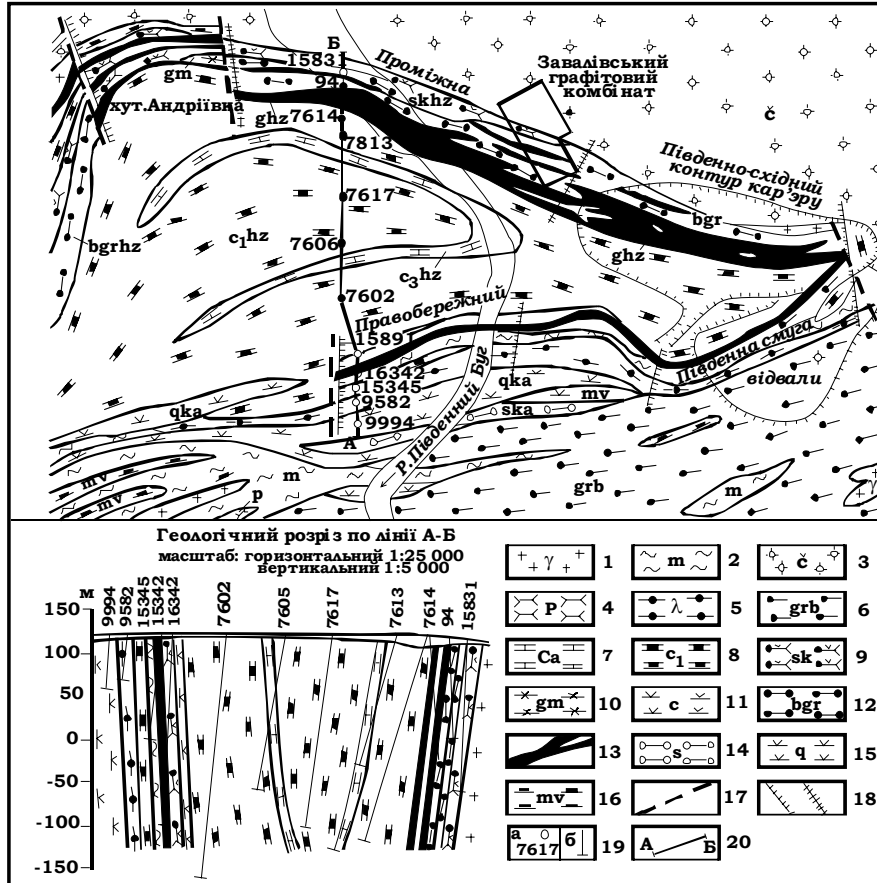
За запасами графіту (7,8 млн т) Україна займає друге місце в світі після Росії, в колишньому СРСР основний видобуток і збагачення графітових руд були сконцентровані в Україні (Завалівське родовище), на Уралі (Тайгінське родовище) і в Красноярському краї (Ногінське родовище). Графітова мінералізація України пов'язана зі структурою УЩ, локалізується переважно в чотирьох рудних районах: Побузькому (Завалівське родовище), Криворізькому (Балахівське, Петрівське), Приазовському (Троїцьке, Маріупольське) і Волинському (Буртинське) [3, 4, 7, 11, 14, 19, 21, 32, 33]. Крім того відомо багато проявів графіту (Кошаро-Олександрівське, Південно-Хашуватське, Дубинівське в Побузькому районі; Бабенківське, Лозоватське, Овнянське –

в Криворізькому; Темрюцьке, Каратюхське, Сачкинське – в Приазовському; Буртинське, Махаринецьке, Дубовецьке – у Волинському).

Прояви графіту України пов'язані, у першу чергу, з амфіболовими, піроксеновими, плагіоклазовими, силіманітовими та гранатовими гнейсами, кварцитами та кристалічними вапняками бузької серії, що переважно розвинена по річках Тетереву (Волинський район), Південному Бугу (Побузький), Інгульцю (Криворізький) та вздовж північно-західного узбережжя Азовського моря (Приазовський). Найбільш молоді поклади графіту відомі в палеопротерозої (гуляйпільська світа, інгуло-інгулецька, криворізька серії).

Ці товщі є продуктом метаморфізму осадових порід від переважно глинистих (біотитові та гранат-біотитові гнейси) до мергелевих та вапнякових (піроксен-плагіоклазові гнейси та кристалічні вапняки). Вміст графіту залежить від ступеня метаморфізму. Стратиграфічні утворення прорвані інтрузіями вивержених порід, переважно гранітів, дайками та жилами аплітів та пегматитів. Графітоносні відклади залягають у вигляді складчастих шарів, смуг та пачок, переважно пов'язаних з зонами пересічення ортогональних і діагональних розломів.

**Завалівське** родовище (рис. 37) приурочене до метаморфічних порід хащувато-завалівської світи бузької серії, які утворюють великі синклінальні складки та присутні у вигляді ксенолітів серед рожево-червоних гранітів, чарнокітів та мігматитів, що їх проривають. Родовище приурочено до великої синклінальної складки північно-західного напрямку з нахилом осі на північний захід. У ядерній частині залягають кристалічні вапняки, на крилах – кварцити та графітоносні гнейси у вигляді прошарків та смуг з численними відгалужуваннями мінливої потужності (від 15 до 250 м), довжиною до 3 км. Підстеляючи породи представлені безрудним амфіболовим гнейсом. Виділяється близько 40 пластоподібних рудних тіл потужністю від 3,5 до 80 м протяжністю 200–1200 м. За мінеральним складом серед рудоносних гнейсів розрізняються біотитові, амфібол-біотитові, біотит-хлоритові, хлорит-серицитові, хлорит-талькові, хлоритові. Розробляються руди переважно вивітрені, каолінізовані. Графіт в руді крупнолускуватий (2–4 мм), розподілений досить рівномірно при вмісті 6–14 % (середнє 6,5 %). Загальні запаси графітової руди на родовищі 112 млн т, підтверджені – 96,6 млн т, графіту відповідно 6,9 і 6,1 млн т. Річна проектна потужність Завалівського комбінату складала 800 тис. т графітової руди або 35 тис. т графітового концентрату. На початку 90-х років вона перевищувала 40 тис. т, потім почала різко знижуватися (до 3,7 тис. т у 1994 р.), в останні роки сягає 5–8 тис. т в рік. Поряд із Завалівським розвідане подібне Зарічне родовище графіту, відомі Південно-Хащуватський і Демов'ярський прояви.



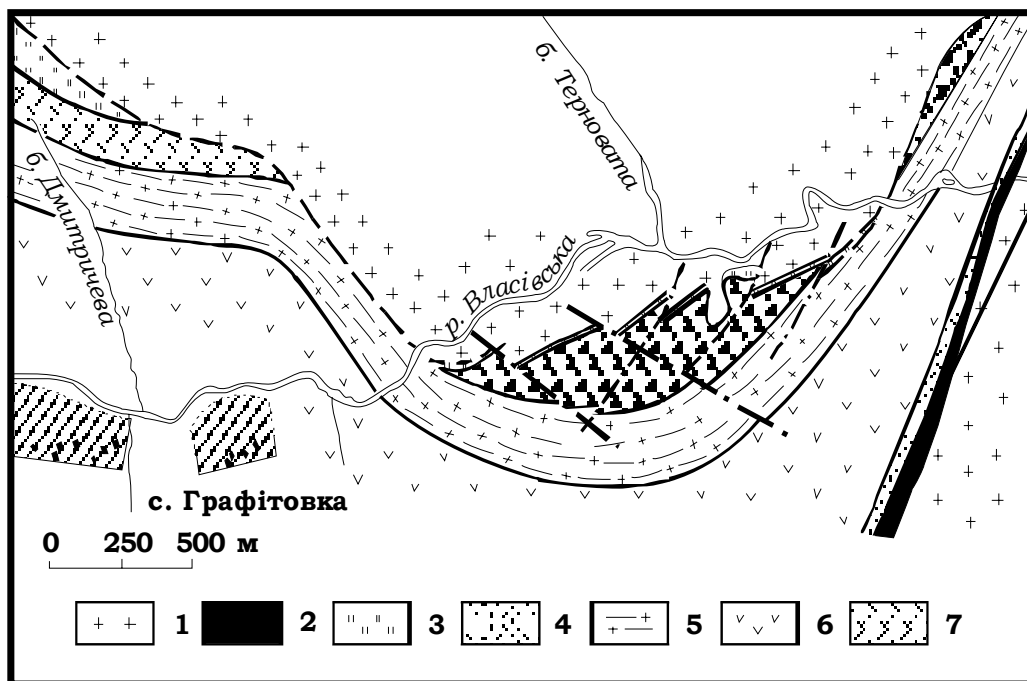
**Рис. 37. Схематична карта і розріз Завалівського родовища графіту [19]**

1 – граніти бузького комплексу; 2 – мігматити; 3 – чарнокіти; 4 – гнейси піроксенові; 5 – гнейси амфіболові; 6 – гнейси гранат-біотитові дністровсько-бузької серії (?); 7–13 – хащувато-завалівська світа (hz): 7 – сланці карбонатні; 8 – кальцифіри, мармури; 9 – скарноїди; 10 – кварцити залізисті; 11 – кварцити безрудні; 12 – гнейси біотит-гранатові; 13 – гнейси біотит-графітові (руда); 14–15 – кошаро-олександрівська світа (ка): 14 – гнейси силіманітові; 15 – кварцити безрудні; 16 – амфіболіти та габро-амфіболіти; 17 – розломи; 18 – границі ділянок; 19 – свердловини: а – на карті; б – на розрізі; 20 – лінія розрізу

**Петрівське** родовище представлено графітоносним покладом шириною 200–250 м, протяжністю 1,2–1,3 км, приуроченим до контакту кристалічних вапняків і гнейсів родіонівської світи, прорваних жилами гранітів інгулецького комплексу (рис. 38). Вони складають смугу



завдовжки 1,2–1,3 км, потужністю 45–50 м, витягнута в північно-східному напрямку. Рудні тіла потужністю від 7 до 50 м складають витягнуті по простяганню цієї смуги лінзи та пластоподібні поклади, що виклинюються за падінням, складені графітовміщуючими біотитовими гнейсами із вмістом переважно дрібнолускуватого графіту (від 0,001 до 2–5мм) 2–15 % (середнє – 7,18 %). У верхній частині розрізу руди перетворені в пухкі каолінізовані глини з лінзами і прожилками графіту, середній вміст якого 1,3–6 %. Прогнозні ресурси родовища 21 млн т руди з вмістом графіту 8,7–9,0 %, запаси графіту: загальні – 655 тис. т; підтверджені – 540 тис. т.



**Рис. 38. Геологічна карта району Петрівського родовища**

1 – граніти інгулецькі сірі; 2 – вуглисті сланці; 3 – вапняки кристалічні окременілі; 4 – кварцити; 5 – гнейси біотит-плагіоклазові; 6 – гнейси кварц-біотит-залістисті; 7 – гнейси графіт-біотитові з прошарками графітових кварцитів в основі

**Балахівське родовище** приурочено до гнейсів родіонівської світи інгуло-інгулецької серії. Пластоподібний рудний поклад потужністю до 600 м складається з 5 рудних тіл потужністю від 10 до 300 м, дов-

жиною від 400 до 2890 м, простежених до глибини 300 м. Руди переважно сильно вивітрені, пухкі і напівпухкі. Середній вміст графіту в них 5,36 %. Прогнозні ресурси руд оцінюються в 1 млрд т, запаси графіту за категоріями А+В+С<sub>1</sub> складають 850 тис. т, С<sub>2</sub> – 960 тис. т, середній вміст графіту близько 5 %.

**Троїцьке родовище** приурочене до смуги графітових гнейсів темрюцької світи, яка простежується на протязі 25 км уздовж західного крила Берестівської синклінали. Пласти графітоносних гнейсів утворюють дві рудні зони потужністю від 10 до 300 м, яка простягається на 3,5 км. В рудних шарах, неоднорідних за складом потужністю 5–140 м вміст графіту коливається від 2 до 17 %. Запаси графітових руд до глибини 100 м при середньому вмісті графіту 4,5 %, складають 40,8 млн т за категоріями С<sub>2</sub> і 6,1 млн т – Р<sub>1</sub>, запаси графіту: загальні – 224 тис. т, підтверджені – 163 тис. т.

**Маріупольське родовище** складено графітоносними гнейсами, що перемежуються з амфіболітами, кварцитами і карбонатними породами, прорвані сублужними гранітоїдами і сієнітами південнокальчицького комплексу. Встановлено 6 рудних тіл, три з яких можуть мати промислове значення. Рудоносна зона простежена на 950 м при ширині до 250 м; середній вміст графіту – 3,92 %. Запаси його складають: загальні – 189 тис. т, підтверджені – 135 тис. т.

**Буртинське родовище** знаходиться в смузі розвитку графітоносних гнейсів довжиною до 18 км; попередньо розвідане до глибини 90 м. Його запаси на площі 1,7 км<sup>2</sup> при потужності рудного покладу 49 м оцінені в 100 млн т, а прогнозні ресурси до глибини 150 м – 340 млн т руди, середній вміст графіту 6,7 %. Руда легко збагачувана, вихід концентрату з явнокристалічним лускуватим графітом 90–95 %. Родовище може розроблятися відкритим способом, але розташоване на орних землях.

Крім Буртинського родовища у Волинському районі відомі перспективні Махаринецький і Денишівський рудопрояви, ресурси графіту останнього оцінюються в 740 тис. т. (вміст графіту 4,6 %).

## АБРАЗИВНА СИРОВИНА

Як сировину для абразивів (речовин та інструментів для шліфування, стирання, розмелювання, поліровки) використовують гранат, корунд, наждак, високоглиноземисту сировину (андалузит, кіаніт, силіманіт, дюмортъерит). В Україні відомі родовища та прояви гранату й корунду.

Абразивна сировина користується достатньо широким попитом у світі, виробляється багатьма країнами (табл. 43), ціна на неї постійно зростає (табл. 44).

**Таблиця 43**

**Продукція абразивів, тис. т [36]**

Країна	Сплав с $Al_2O_3$		Силіконовий карбід	
	2005	2006	2005	2006
Австралія	50	50	-	-
Австрія	60	60	-	-
Аргентина	-	-	5	5
Бразилія	50	50	43	43
Венесуела	-	-	30	30
Індія	40	40	5	5
Китай	700	700	455	455
Мексика	-	-	45	45
Німеччина	80	80	36	36
Норвегія	-	-	80	80
США і Канада	60,4	60,4	42,6	42,6
Франція	40	40	16	16
Японія	25	25	60	60
Інші країни	80	80	190	190
<b>Всього</b>	<b>1190</b>	<b>1190</b>	<b>1010</b>	<b>1010</b>

**Таблиця 44**

**Ціни на абразиви у США, (\$/т) [36]**

	2002	2003	2004	2005	2006
Сплав с $Al_2O_3$ звичайний	271	279	323	144	240
Сплав с $Al_2O_3$ високої чистоти	494	514	544	656	624
Силіконовий карбід	532	529	614	603	643

## ГРАНАТ

## Загальні відомості

Гранати – це група ортосилікатів мінливого складу, що утворюють ізоморфні ряди: 1) піроп-альмандин  $(\text{Mg,Fe})_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ ; 2) альмандин-спесартин  $(\text{Fe,Mn})_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ ; 3) grosуляр-андрадит  $\text{Ca}_3(\text{Al,Fe})_2[\text{SiO}_4]_3$ ; 4) grosуляр-спесартин  $(\text{Ca,Mn})_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ . З мінеральних видів постійного складу головними є уваровіт  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$  та плазоліт  $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_4$ . Свою назву група отримала від лат. *granatus* за схожість із зернами граната. Стара слов'янська назва граната – "вениса". "Альмандин", напевне, викривлена назва місцевості Алабанда в Малій Азії; "піроп" – від гр. *pyropos* чи полум'яподібний; "спесартин" – від місцевості Шпесарт у Баварії; "уваровіт" – на честь графа С.С.Уварова; "гросуляр" – за схожість з кольором агрусу (*R. Grossularia*); "андрадит" – на честь португальського мінералога Дж. Б. д'Андрада, що його описав.

Гранати кристалізуються в кубічній сингонії, характерною формою є ромбододекаедр і тетрагон-триоктаедр. Вони добре кристалізуються й часто дають правильні кристали, іноді дуже великого розміру (у Норвегії було знайдено валун гранату вагою 700 кг), а також суцільні зернисті агрегати. Колір є дуже мінливим: безбарвні grosуляр і піроп з низьким вмістом Fe і Cr; трав'яно-зелені кімцеїт – залізистий grosуляр; смарагдово-зелені уваровіт і голдманіт (ванадієвий гранат); синьо-зелені кнорингіт (хромвмісний піроп); брунатні до чорних андрадит, меланіт і шорломіт (Fe-Ti андрадити); жовті спесартин і деякі піроп-гросулярові гранати; рожеві та буро-червоні альмандини; оранжево-червоні, темно-червоні, бузкові піропи.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Завдяки значній твердості (6–7 за шкалою Мооса, мікротвердість 920–1560 кг/мм<sup>2</sup>) гранати альмандин-піропового й альмандин-спесартинового ряду використовуються як абразивний матеріал: з них виготовляють різноманітні точильні й шліфувальні інструменти й матеріали, наждачний папір, порошок та ін. Крім того, гранат використовують у будівництві як додаток до цементних та будівельних мас [26]. Прозорі й напівпрозорі гранати є коштовним камінням: червоні піропи, рожеві й малинові альмандини, яскраво-зелений тсаворит (хромовий grosуляр), смарагдово-зелений демантоїд.

Для гранатової сировини немає встановлених технічних вимог, хоч для виробництва перевагу мають гранати з високою твердістю (альмандин). Зерна повинні бути достатньо великими, не мати включень інших мінералів. Тріщинуватість може бути густою, але тріщини не по-

винні проникати в мінерал. При роздробленні гранат має давати гострі ріжучі грані. Гранатова крупка повинна добре приклеюватися до полотна. Вміст гранату в породі має бути не нижче 10–12 %.. Технічною перевагою є невелика механічна міцність породи, відсутність мінералів з близькою питомою вагою, що дає можливість понизити витрати та спростити видобуток корисного мінералу. Для виробництва гранатової шкурки потрібен вміст гранату в концентраті не менше 85–90 %, що досягається попереднім збагаченням.

### Економічні відомості

Родовища гранатів відомі в США (Адірондацькі гори), Канаді, Іспанії, Німеччині, Швеції, Чехії, Словаччині, Індії, Японії, ПАР, на Цейлоні, Мадагаскарі, в Росії (Ісильське, Тербестрів). Світові запаси абразивного гранату складають близько 50 млн т, виробництво гранатового концентрату – біля 300 тис. т/рік (табл. 45). Найбільші виробники абразивних гранатів (2006 р., тис. т) – Австралія, Індія, США, Китай, а також Узбекистан, Росія, Україна. Провідними експортерами є Австралія, Китай, США, Шрі-Ланка, імпортерами – Франція, Німеччина, Південна Корея, Нідерланди, Великобританія, Тайвань. Середня світова ціна гранату (\$/т) складала від 50 до 2000 [35].

**Таблиця 45**

**Видобуток, запаси, ресурси гранату тис. т [36]**

Країна	Видобуток		Запаси	Ресурси
	2005	2006		
Австралія	155	160	1000	7000
Індія	65	65	90	5400
Китай	29	30	Великі	Великі
США	40,1	35,3	5000	25000
Інші країни	34,9	35,2	6500	20000
<b>Всього</b>	<b>302</b>	<b>312</b>	<b>Середні</b>	<b>Великі</b>

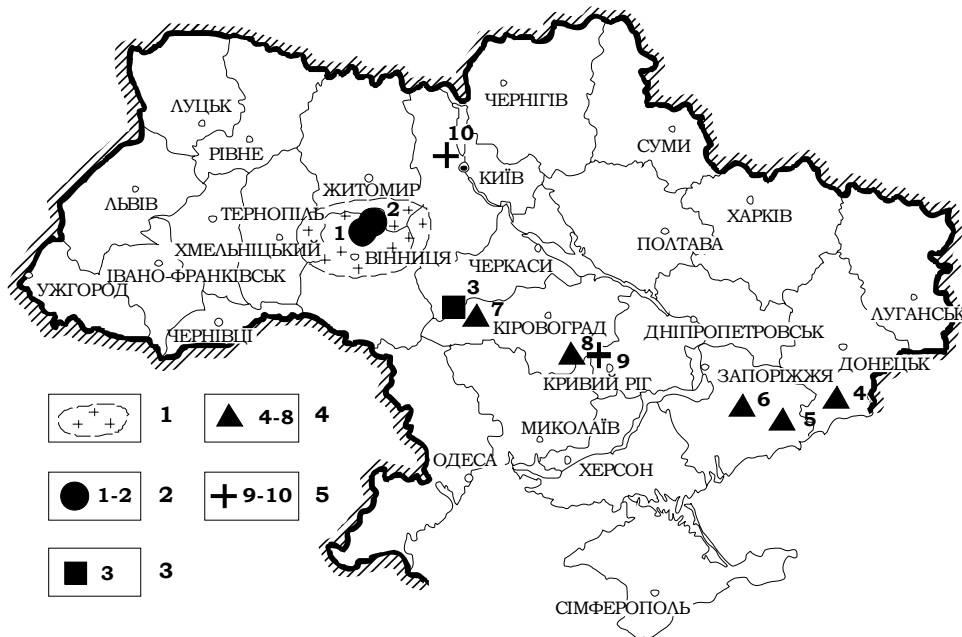
### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Головні типи родовищ гранату: магматичні, контактово-метасоматичні, метаморфічні, розсіпні. З гранатів магматичного походження піроп, як найбільш стійкий до високих температур і тиску мінерал, зустрічається в кімберлітах, перидотитах, піроксенітах; спесартин та альмандин – у гранітах і пегматитах, а останній також у ріолітах і дацитах (Закарпаття, Далекий Схід). У скарнах розвинені кальцієві гранати – grosular та andradit, уваровіт зустрічається рід-

ко, здебільшого на контакті з хромоносними ультрабазами. У кристалічних сланцях і гнейсах, що утворені внаслідок регіонального метаморфізму глинистих порід, часто зустрічається альмандин (який є мінералом-індикатором ступеня метаморфізму), рідше – гросуляр.

## Родовища України

Народне господарство нашої країни відчуває постійну потребу в абразивних матеріалах. Значна частина їх припадає на електрокорунд, що виготовляється на основі імпортних бокситів. Україна має потужну мінерально-сировинну базу абразивного гранату, представлену Слобідським, Іванівським, Завалівським, Лозненським родовищами та деякими проявами (рис. 39) [13, 31].



**Рис. 39. Схема розташування родовищ та проявів абразивної сировини [19]**

1 – бердичівські граніти; 2 – родовища гранатів палеопротерозою (1 – Слобідське; 2 – Іванівське); 3 – те ж, неоархею (3 – Завалівське); 4 – корунд (4 – Східнопридніпровська ділянка; 5 – Центральноприазовська ділянка; 6 – Драгунське родовище; 7 – Середньобузський район; 8 – Коколовський прояв); 9 – маршаліт (родовища: Криворізьке 9, Гаврилівське 10)

В Україні відомі родовища та прояви гранату двох типів: магматичні й метаморфічні. Перші пов'язані з гранітами архей-

протерозойського віку, представлені Слобідським і Лозненським родовищами, Жигалівським, Миколаївським, Гуліївським та іншими проявами Волинської площі; другі локалізовані в сланцево-гнейсових товщах докембрію Побузької (Заваллівське родовище, Шамраївське, Богданівське, Лозоватське прояви тощо); Приазовської (Драгунське, Білоцерківське, Верхньотокмацьке та інші прояви) та Криворізької (Жовтянське та інші прояви) площ. Крім цього, відомі непромислові прояви гранатів магматичного походження в міоценових дацитах Вигорлат-Гутинської гряди Закарпаття (Новоселицьке, Ворочаївське, Кіолярське) та розсіпні прояви в прибережній частині Азовського моря (Білосарайське, Урзуфське, Осипенківське та Ногайське).

**Слобідське родовище** розташовано на правому березі р. Південний Буг, у 1,5 км на південь від с. Слобідка Калинівського району Вінницької області. Воно складене біотит-гранатовими гранітами бердичівського комплексу, витягнутими у широтному напрямку на 1 км завширшки 600–700 м, які оточені мігматитами. Це сірі та світло-сірі середньозернисті породи, складені польовими шпатами (45–55 %), кварцом (20–30) біотитом (5–10), гранатом (10–20) і кордієритом (7–10 %), присутні ільменіт, магнетит, пірит. Мігматизовані різновиди мають смугасту будову, де чергуються темні смуги (1–2 см), збагачені біотитом і гранатом, і світлі, де переважають кварц і польові шпати. Потужність кори вивітрювання кристалічних порід – каолінізованої жорстви (0–2,7 м) і четвертинних суглинків (0–9,5 м) – складає в середньому 3,1 м. Руди представлені двома різновидами: щільними біотит-гранатовими гранітами та продуктами їх вивітрювання. Родовище розвідано на глибину від 13,7 до 29,1 м, середня потужність вивітрених руд 3,5 м, щільних – 18,2 м. Вміст гранату змінюється від 14,5 до 16,0 %, в середньому 15,2 %. Його склад достатньо однорідний (%): альмандин (61), піроп(31), grosular (7), spessartine (1), мікротвердість 1400–1560 кг/мм<sup>2</sup>. Повна абразивна здатність щодо монокорунду складає 45–52 %, початкова 81–87 %. За мікротвердістю, абразивною здатністю, механічною міцністю, термостійкістю гранати родовища можуть застосовуватися для шліфовки виробів з дерева, шкіри, гуми, тонкої шліфовки скла і доведення деталей з м'яких металів. Супутньою корисною копалиною є кварц-польовошпатовою сировина для скляної промисловості, придатна для виготовлення листового скла (1 і 2-й сорт). Запаси абразивного гранату – 673 тис. т; кварц-польовошпатовою сировини – 2053 тис. т.

**Іванівське родовище** складено аналогічними біотит-гранатовими гранітами. Гірничотехнічні умови його експлуатації подібні Слобідсь-

кому родовищу – обидва вони знаходяться в межах одного і того ж гранітного масиву. Гранат обох родовищ за фізико-механічними властивостями ідентичний. Іванівське родовище експлуатується ВАТ „Іванівський спецкар’єр”, яке випускає щебінь для дорожнього будівництва. В процесі переробки гранітів на щебінь утворюється збагачений гранатом до 19–26 % (при вмісті його в початковій руді 15–20 %) кам’яний відсів фракції менше 5 мм. З кожних 100 тис. м<sup>3</sup> гірської маси в процесі збагачення виходить 25–30 тис. м<sup>3</sup> відсіву, в якому міститься 7–8 тис. т гранату. З цього відсіву можливе також отримання кварцево-польовошпатових концентратів для скляної промисловості в кількості не менше 16–18 тис. тонн. Гранат Іванівського родовища може бути використаний для абразивної промисловості.

**Завалівське родовище** складено біотит-графітовими і біотит-гранатовими гнейсами і кварцитами. Виділяють дві рудні зони графіт- і гранатвміщуючих гнейсів (північну і південну) протяжністю до 3,7 км, потужністю 150–390 м. Вони складаються з ритмічно перешарованих кварцитів, біотит-графітових і біотит-гранатових гнейсів, гранат-кварцевих скарноїдів, силіманітових гнейсів і кальцифірів, які залягають у вигляді пласто- або лінзоподібних тіл з роздувами, пережимами і відгалуженнями. Загальне простягання товщі 290–300°, падіння субвертикальне (80–90°). Гранат-біотитові гнейси розвинуті у вигляді смуг, лінз, протяжністю до 1 км, потужністю від 1–2 до 100 м, часто складної конфігурації. Вміст гранату в продуктивній товщі змінюється від 6 до 31 %, в середньому – 15 %. В первинних каолінах кори вивітрювання гранат повністю зруйнований і заміщений гідроксидами заліза. В зоні жорст’яно-глинистих порід гранат сильно тріщинуватий, часто легко розтирається пальцями. В слабо вивітрянних гранат-біотитових гнейсах гранат (альмандин) практично не змінений, представлений зернами розміром 0,1–1,0 мм, нерідко їх скупченнями. Гранати за фізико-механічними властивостями не поступаються гранатам Слобідського родовища, гранатовий концентрат задовольняє вимогам до концентратів для виробництва шліфувальної шкіри і порошоків для шліфування скла. Запаси гранат-біотитових гнейсів складають 20,3 млн т, гранату – 3,4 млн т. Родовище відпрацьовується ВАТ „Завалівський графітовий комбінат”. За станом на початок 2003 р. в спецховищі зберігалось 1,7 млн т гранатової руди, в якій містилося біля 300 тис. т гранату.

**Лозненське родовище** розташовано поблизу с. Лозна Вінницької області. У плані воно представлено валоподібним тілом біотит-гранатових гранітів, витягнутим у північно-східному напрямку на 700 м при ширині 550 м. Це сірі середньо-крупнозернисті щільні породи з точковими та плямоподібними включеннями гранатів, розмір



яких не перевищує 5–7 мм, частіше 2–4 мм. Граніти складено кварцом (25–35 %), плагіоклазом (30–50), калішпатом (5–20), біотитом (5–10) і гранатом (10–15), з акцесорних мінералів зустрічаються циркон, сфен, монацит і рудні мінерали (піротин, магнетит, рідко ільменіт). Гранат має рожевий колір, інколи з червоним забарвленням, скляний блиск, нерівний злом, округлу форму зернин, інколи ромбододекаедричну, тріщинувату шорстку поверхню. Він складений сумішшю альмандину (66–68 %), піропу (28–30), спесартину (1), андрадиту (2–3) і grosularу (до 1). Вміст гранату в породі коливається від 9,2 до 17,4 %, у середньому – 12,1 %, ресурси сировини оцінюються в 7,6 млн т.

У Криворізькому районі гранат є породоутворюючим мінералом сланців саксаганської світи, яка метаморфізована в умовах епідотамфіболітової фації [15]. Сланці, що вміщують гранат, є перспективною сировиною для виробництва абразивного гранату. Так, на Аннівському родовищі залізистих кварцитів гранатовими сланцями складені третій-п'ятий сланцеві горизонти саксаганської світи, що підставляють продуктивну товщу родовища. Головними мінеральними різновидами гранатових порід є сланці: біотит-магнетит-кумінгтонітові з гранатом; гранат-кварц-біотит-кумінгтонітові; кумінгтоніт-гранат-кварц-біотитові; гранат-кварц-біотитові; гранат-мусковіт-кварц-біотитові; ставроліт-біотит-кварц-мусковітові з гранатом. Вміст гранату змінюється від 1–2 до 20–25 %, у середньому – 8 %. Його супутниками є біотит, кумінгтоніт, мусковіт, ставроліт, кіаніт, андалузит та ін. Головним фактором, що контролює виникнення гранату, є хімічний склад вихідної породи, а саме, співвідношення  $Al_2O_3/Fe_2O_3$  від 1 до 2. Середній розмір кристалів у продуктивних горизонтах змінюється від 0,87 до 3,82 мм, переважаючими формами є ромбододекаедри і тетрагон-триоктаедри. Гранати представлені переважно альмандинами з домішками піропової, андрадитової, спесартинової та grosularової складових частин. Твердість змінюється від 12 до 13 000 МПа. За своїми властивостями (хімічний склад, механічні властивості, вміст у породі, розмір кристалів, абразивна здатність порошку) гранати відповідають вимогам до абразивних матеріалів цього типу.

## КОРУНД

## Загальні відомості

Корунд – оксид алюмінію  $Al_2O_3$ , що має найбільшу твердість після алмазу (9 за шкалою Мооса). Крім того, він характеризується значною хімічною стійкістю та температурою плавлення ( $2050^\circ C$ ). Колір зазвичай блакитно-сірий чи жовтий, зустрічаються червоні різновиди (рубін) й сині (сапфір). Корунд кристалізується в тригональній сингонії у вигляді бочкоподібних, стовпчастих, рідко дівірамідальних і таблитчастих зерен (залежно від генезису), а також складає щільні дрібнозернисті маси. Залежно від форми виділень та мінерального парагенезису виділяються корундові руди, де корунд асоціює зі світлозбарвленими мінералами (польовий шпат, кварц, мусковіт, андалузит, кіаніт, силіманіт та ін.), з яких він відносно легко вилучається, та наждаки – темнозбарвлені дрібно-, тонкозернисті породи, де корунд знаходиться в тісному зрощуванні з магнетитом, сульфідами та слюдами, від яких він практично не відділяється. Часто корунд асоціює з андалузитом, силіманітом, кіанітом і дюмортъеритом.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Корунд використовується в абразивній промисловості, інколи як вогнетривкий матеріал, а благородні корунди (рубін та сапфір) є дорогими камінням першого класу. Відрізняють абразивні матеріали – роздроблені мінеральні речовини (зерна, порошки), що мають якість різати, шліфувати, стирати, полірувати, та абразивні вироби – знаряддя та інструменти (шліфувальне каміння, шліфувальні шкурки та ін.). Абразивні матеріали підрозділяються на шліф-зерно (розмір зернин більше 149 мкм), шліф-порошки (149-28 мкм) і мікропорошки (28-5 мкм). Використання корунду як сировини для виробництва абразивів обумовлено його значною твердістю та механічною міцністю. Розмір зерен змінюється від декількох міліметрів до мікрометрів. Домішок гідроокисів заліза є шкідливим, його вміст не може бути більше 5 %. Мають значення також вміст корунду, змочуваність абразивних зерен корунду, однорідність їх гранулометричного складу, вміст глинозему (має бути більше 80–90 %), присутність домішки заліза не більше 2 %,  $SiO_2$  – не більше 3–4 %,  $TiO_2$  – до 0,1 %. Небажаним є домішок польових шпатів, ільменіту, рутилу [28].

Виділяють багаті та бідні корундові руди. До бідних руд технічних вимог немає. Багаті розподіляються на три класи, які мають відповідати таким кондиціям: 1) за вмістом корунду: I клас – понад 75 %, II – 60–75 %, III – понад 55 %; 2) за вмістом  $Al_2O_3$ : I – понад 80 %, II – 65–

80 %, III – понад 55 %; 3) за вмістом  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : I – до 2 %, II – 2–3 %, III – до 15 %. Якість залежить також від гранулометричного складу продуктів роздроблення, найкращими вважаються руди, що дають при подрібнюванні найбільшу кількість потрібних фракцій. Мають значення питома вага та розмір уламків корундової руди (не повинні перевищувати 250 мм). Кондиційний концентрат отримують з крупносередньозернистих корундових руд, а дрібнотонкозернисті та бідні вкраплені руди збагачуються погано. Основними методами збагачування є флотаційний і гравітаційний. Замість корунду можуть використовуватися штучні абразиви – алунід і карборунд.

Абразивні можливості наждаків залежать також від їх фізичних та механічних властивостей. Основні вимоги до руд: вміст корунду не менше 25–45 %, питома вага 3,3–3,65, вміст  $\text{Al}_2\text{O}_3$  більше 50–60 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – до 14 %. Технічні умови промисловості залежать не стільки від вимог споживачів, скільки від складу та властивостей сировини родовищ, що експлуатуються.

## Економічні відомості

Провідні країни по видобутку природного концентрату корунду: Туреччина, Греція, США, Індія, Зімбабве, ПАР, Уругвай та ін. Дорогоцінний корунд видобувають в основному з розсіпів, рідше з корінних порід: рубін – в Бірмі, Таїланді, Танзанії, Шрі-Ланці; сапфір – в Австралії, Бірмі, Індії, Камбоджі, США, Таїланді, Шрі-Ланці. В Казахстані розробляється андалузит-корундове родовище Семіз-Бугу, в Узбекистані – Актаське і Чераксайське. У 1976 р. в світі видобуто технічного корунду 8551 т, у тому числі в Індії – 528 т, Уругваї – 381 т, ПАР – 252 т; його видобуток з року в рік зростає на 1–2 %.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Виділяють шість головних генетичних типів родовищ корунду:

- **пегматитовий**, пов'язаний з жилами і лінзами корундових сієніт-пегматитів серед масивів лужних та нефелінових сієнітів (Ільменські гори на Уралі, Хібіни, Бірма, Канада), корундових плагіоклазитів (киштемітів) і марундитів в масивах ультраосновних і основних порід (Борзовське родовище на Уралі, Південна Африка);
- **гідротермальний**, представлений потужними корундовими, мусковіт-корундовими лінзами і гніздоподібними покладами серед вторинних кварцитів (Семіз-Бугу в Казахстані, Актаське в Середній Азії);
- **пневматоліто-гідротермальний**, що пов'язаний зі скарнами по мармурах, корундовими плагіоклазитами та слюдитами, які зустрічаються

в ультрабазитах і кальцифірах (Могоу в Бірмі, Рай-Із і Борзовське на Уралі, Кашмірське в Індії та ін.);

- **метаморфогенний**, що приурочений до високоглиноземистих докембрійських сланців, гнейсів та амфіболітів, які представлені окремими горизонтами сланців і гнейсів, що збагачені корундом, кіанітом чи силіманітом; руди є вкрапленими, часом з плаstopодібними тілами та лінзами суцільних руд (родовище Кейви на Кольському півострові, Драгунське в Україні); під час метаморфізму бокситів може виникати наждак (острова Самос і Наксос у Греції, Намакваленд у ПАР);
- **контактово-метаморфічний**, представлений неправильними лінзами і гніздами наждаку в масивах габро, норитів, гранітів та на їх контактах з вміщуючими породами, а також у перекристалізованих ксенолітах високо-глиноземистих порід (Синангойське родовище в Хакасії);
- **екзогенний**, представлений елювіальними, делювіальними та алювіальними розсипами корунду (Семіз-Бугу в Казахстані); з розсипів видобувають також ювелірне каміння.

## Родовища України

Природний корунд в Україні поки не видобувається, хоча його прояви відомі у високометаморфізованих глиноземистих породах Приазовського і Кіровоградського мегаблоків УЩ [20, 22, 34]. Вони пов'язані з гнейсами докембрію: Драгунське, Партизанське та Образцівське в Приазовському районі, Південно-Хашуватське, Люшневате та Капітанівське в Побузькому районі та ін.

В Приазовському мегаблоці корунд присутній в корунд-силіманітвміщуючих породах темрюцької і сачкінської світ центрально-приазовської серії і драгунської товщі. Прогнозні ресурси корунду Приазов'я оцінюються в 2,4 млн т. В Східному Приазов'ї прояви корунду встановлені біля сіл Петрівка, Мангуш, Дем'янівка, вміст корунду до 1–5 %. В Центральному Приазов'ї відомі Темрюцька (ресурси  $P_3$  при вмісті корунду 1–5 % – 1462 тис. т); Садово-Богданівська (ресурси  $P_3$  при вмісті корунду 8 % – 213 тис. т), Бердянська ділянки. У верхів'ях річок Токмак, Кайінкулак встановлена витримана за протяганням (до 5 км) продуктивна на корунд товща гнейсів потужністю 150–200 м. Прогнозні ресурси ( $P_3$ ) до глибини 150 м оцінюються: силіманітових руд – 5–8 млн т, корундових руд – до 150 тис. т.

В Західному Приазов'ї відоме **Драгунське силіманіт-корундове родовище**, де продуктивна гнейсово-сланцева пачка потужністю 150–200 м і протяжністю 15 км включає пласти силіманіт- і корундвміщуючих (до 20 % корунду і до 45 % силіманіту) порід потужністю 0,5–1,5 м. Запаси корунду до глибини 100 м оцінюються за категоріями А+В+С<sub>1</sub> в 10 тис. т, проте вони можуть бути помітно збільшені при

додатковій розвідці родовища і його флангів. Ресурси корунду по  $P_2$  – 728 тис. т до глибини 200 м при середньому вмісті 1 %. В цілому ж прогнозні ресурси оцінюються в 9,5 млн т. При розробці родовища будуть вилучатися корундовий, силіманітовий, гранатовий, слюдяний і кварц-польовошпатовий концентрати.

У Кіровоградському мегаблоці корундовміщуючі породи пов'язані з товщами кошаро-олександрівської світи (Коколовський прояв, Капітанська, Соломійвська, Кошаро-Олександрівська ділянки); відомі прояви в Чудново-Бердичівському районі (біля сіл Мусіївка і Плисне), пов'язані з бердичівськими гранітами і з кальцито-доломітовими мармурами кочерівської світи, але вміст корунду в них дуже невеликий і перспективи цих проявів неясні. Крім корунду в Кривбасі є прояви маршаліту, пов'язані із зонами гіпергенезу кременисто-залізистих і сланцево-кременисто-залізистих порід (зокрема, з окисненими рудами Саксаганського району). Є такі прояви також на південному заході від міста Києва (Гаврилівське родовище, де в горизонтах полтавських пісків відомі шари, прошарки і лінзи маршаліту).

## АЗБЕСТ

### Загальні відомості

До азбесту відносять групу волокнистих мінералів, які мають здатність розділятися на тонкі гнучкі волокна, від чого й залежить їх практичне використання. За хімічним складом вони належать до водневих силікатів Mg і Fe, частково Ca і Na та розділяються на дві групи: хризотил-азбесту та амфібол-азбесту [16–18].

**Хризотил-азбест** – це водневий силікат магнію групи серпентиніту, трубчастої будови, має золотисто-жовтий, зелений до чорного, у розпушеному стані білий колір, твердість 2–2,5, густину 2500 кг/м<sup>3</sup>, температуру плавлення близько 1500°, міцність недеформованих волокон 3–3,3 ГПа, їх довжину до 50 мм. Залежно від умов формування зустрічаються агрегати поперечно- і косоволокнисті, повздовжньо- і сплутановолокнисті. Він є міцним, гнучким, еластичним, вогнетривким, має низьку електропровідність, кислотостійкість, термостійкість до 700°C, достатньо стійкій до лугів, здатний до набухання, адсорбції водяної пари, вапна, їдкого натру, гарний тепло-, звуко- й електроізолятор. Зазвичай складає прожилки, що пронизують породу.

**Амфібол-азбест** об'єднує волокнисті мінерали групи амфіболів. На відміну від хризотил-азбесту він є азбестом обертання й не має трубчастої структури; він не розчинюється чи з трудом розчинюється в кислотах. Найбільше значення мають такі мінерали:

- **антофіліт** – залізо-магнієвий силікат радіально-променистої будови, жовто- чи коричнево-сірий, зелений чи сірий, нееластичний, ламкий, слабкий до розриву, особливо при нагріванні; стійкий до кислот і луг навіть при нагріванні до 900°;
- **крокідоліт** – водневий залізо-натровий силікат синього кольору з температурою плавлення 1150°, довжиною волокон 1,5–30 мм, рідко до 75 мм, гарною кислото- та луготривкістю; за тепло- та електроізоляційними властивостями і механічною міцністю не поступається хризотил-азбесту, але при температурі 200–500°C у зв'язку із втратою конституційної води його міцність різко знижується;
- **амозит** – водневий залізомагнієвий силікат сірувато-білого кольору, непостійного складу з великим вмістом глинозему, температурою плавлення 1100–1200°, міцність до розриву недеформованих волокон дорівнює 3 ГПа, їх довжина – 100–175 мм;
- **режикіт** – магнезіоарфедсоніт блакитного кольору, довжина волокон до 2–3 см, температура плавлення 1100°, питома вага 3,05, міцність до розриву 3,5 ГПа, висока кислототривкість і значна сорбційна здатність;
- **родусит** – лужний амфібол-азбест блакитно-синього кольору у розпушеному стані попелисто-сірого), температура плавлення 1120°, питома вага 3,02, міцність до розриву – 1,7 ГПа, довжина волокон – 2–7 мм, високі кислототривкість і сорбційна здатність.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Використання хризотил-азбесту обумовлено його волокнистою структурою (легко розпушується на волокна), теплостійкістю, значною міцністю й еластичністю волокон, їх довжиною. Використовується для виготовлення вогнетривких текстильних виробів, фільтрів, теплоізоляції, вогнестійких фарб, заповнювачів для пластмас, азбестоцементу та ін. [24].

Високі кислото- та лугостійкість, здатність розщеплюватися на тонкі волокна й швидко набухати у воді, низька електропровідність обумовлюють використання амфібол-азбесту у виробництві електротехнічного паперу, картону, фарб, мастил та інших виробів, що використовуються в агресивних середовищах. Тремоліт і актиноліт мають обмежене використання.

Технічні вимоги до азбестової руди індивідуальні для кожного родовища. Якість руд оцінюється за вмістом азбесту, довжиною волокна та його складом, який визначається за допомогою механічного ситового

аналізу. Так, на Баженівському родовищі (Росія) виділяється руда високого сорту та незбагачена руда. Перша поділяється на кускову (не менше 75 % азбесту, довжина волокна не менша 18 мм, залишок волокна на першому ситі контрольного апарату не менше 22 %) і добірну (мінімальний вміст азбесту 18–20 %, мінімальний залишок на першому ситі 0,2–3 %, а на другому – 20–25 %). Незбагачена руда повинна мати мінімальний вміст азбесту 1,5–2 %. Якість товарного азбесту забезпечується обробкою азбестових руд на збагачувальній фабриці та регламентується ДСТ 7-60, головним показником якості є ситовий склад.

Якість антофіліт-азбестових руд також обумовлена довжиною волокон і ступенем очистки від породної фракції за методом розділення волокон поступово на ситах 1,5–0,5–0,25 мм. Для I сорту залишок на ситі 1,35 мм повинен бути не менше 42 %, II – не менше 12 %, вміст пилу відповідно не більше 10 і 20 %. Типи руд виділяються також за ступенем вивітрювання: щільні невивітрені та пористі вивітрені; за мінеральним складом: антофілітові, тальк-антофілітові, вермикуліт-тальк-антофілітові, карбонат-тальк-антофілітові, вермикуліт-антофілітові; за структурою: пучкуваті, зірчасті, повздожньо-, поперечно- та косоволокнисті.

## Економічні відомості

Загальні світові запаси і ресурси азбесту великі, провідними видобувними країнами є Росія, Китай, Казахстан, Бразилія, Канада, Зімбабве (табл. 46). Середня світова ціна азбесту (\$/т) складала: 2001 р. – 210; 2002 р. – 160; 2003 р. – 220; 2004 р. – 255; 2005 р. – 255 [35].

**Таблиця 46**  
**Видобуток, запаси, ресурси азбесту, тис. т [35, 36]**

Країна	Видобуток			Запаси	Ресурси
	2004	2005	2006		
Бразилія	195	195	236	Великі	Великі
Зімбабве	150	122	110	Середні	Середні
Казахстан	347	355	350	Великі	Великі
Канада	200	200	240	Великі	Великі
Китай	355	520	400	Великі	Великі
Росія	875	925	925	Великі	Великі
США	-	-	-	Середні	Середні
Інші країни	110	84	80	Середні	Великі
<b>Всього</b>	<b>2230</b>	<b>2400</b>	<b>2300</b>	<b>Великі</b>	<b>Великі</b>

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Серед родовищ хризотил-азбесту виділяються два основні геолого-промислові типи: апоультрамафітовий (баженівський, лабинський, брединський, карачаєвський підтипи), генетично пов'язаний з процесами серпентинізації гіпербазитів, родовища Баженівське, Алапаївське, Ржевське, Красноуральське (Урал), Актотракське, Ільчирське (Саяни), Єшкеульмеське, Акжальське (Казахстан), Звишаване, Машава (Зімбабве) та апокарбонатний (аспагаський і арізонський підтипи), пов'язаний з доломітизованими вапняками, родовища Аспагаське, Бис-Таг (РФ), Укокське, Баркраксай, Бала-Чичкан (Узбекистан) та ін.

Серед родовищ антофіліт-азбесту також виділяються два типи: апометаультрамафітовий (сисертсько-бутетисайський) антофіліт-азбесту та апокарбонатно-теригенний з підтипами джезказганським (болівійським) родусит-азбесту та південноафриканським крокідоліт-азбесту. Приклади родовищ: Сисертське, Мочаловське, Каменушинське та інші уральські родовища, Бутетисайське в Казахстані та ін.

## Родовища України

В Україні родовища азбесту поки невідомі, хоч є ціла низка проявів антофіліт-азбесту у зв'язку з основними та ультраосновними комплексами вивержених порід докембрію УЩ. Прояви приурочені до двох районів: Приазовського (Куйбишевський, Осипенківський, Коларовський, Вишняківський) та Придніпровського (Петровський, Запорізький та ін.). Мінералізація пов'язана з невеликими лінійними тілами гіпербазитів, що локалізовані в гнейсах та мігматитах архею.

Так, на **Куйбишевському прояві** в межах тектонічної зони тіла гіпербазитів (тремолітових порід, серпентинітів, горнблендитів, антофілітів) мають лінзоподібну форму, довжину 15–500 м, потужність 1–150 м, субширотне та північно-західне простягання з крутим південно-західним падінням. Мінералізація представлена масивними та жильними рудами. Масивний азбест розвивається по антофіліту. Нечисленні жили мають сплутановолокнисту будову, потужність до 6 см, характеризуються відсутністю чітких контактів з вміщуючими дуже зміненими ультраосновними породами. Уздовж волокон азбесту проявлено окварцювання. Довжина волокон не перевищує 1,5 см, вміст азбесту 10 %, кислотостійкість 94–96 %.

Інші прояви мають подібні склад і будову, і також невеликі розміри. Сьогодні вони не мають практичного значення, однак можуть бути критерієм потенційної азбестоносності УЩ.

## МУСКОВІТ



## Загальні відомості

Мусковіт – це верстуватий силікат, мінерал групи слюди з формулою  $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$ . Для нього характерні короткостовпчасті та пластинчасті кристали, їх листуваті та лускаті агрегати, іноді зустрічаються голкоподібні кристали, щільні прихованокристалічні та коломорфні агрегати. Він має досконалу спайність по одній з площин, тонкі пластинки є безбарвними, колір зазвичай пов'язаний з домішкою літію та інших елементів. Мусковіт є чудовим діелектриком, чим у першу чергу й обумовлюється його практична цінність. Він характеризується значною електричною міцністю (за товщини пластинки 0,025 мм пробій діелектрика відбувається при 109–132 кВ/мм), незначними діелектричними втратами (за напруги 2000 В і частоти 50 Гц – 0,002–0,003), термічною стійкістю (жаротривкість 500–600°), хімічною стійкістю, значною міцністю (міцність до стискання – 4200–5300 кг/см<sup>2</sup>, а до розриву – 3340–4840 кг/см<sup>2</sup>). Мусковіт добре розщеплюється на рівні й тонкі гнучкі пластинки, які можуть згинатися в трубки [12].

## Галузі використання та вимоги до сировини

Мусковіт використовується як сировина для електро- та радіопромисловості, як електроізоляційний матеріал, у розмеленому вигляді – у будівельній, хімічній, гумовій і фарфоровій промисловості.

Технологічні властивості слюди та її сортність залежать від присутності таких дефектів: тріщинуватість, хвилястість і зморшкуватість поверхні пластинок; "затиснутість" чи сплетіння верств, яке стає на перешкоді їх розщеплюванню; присутність променястої тріщинуватості кристалів, плям, які обумовлені мінеральними й газовими вклученнями та ін. Гірничодобувними підприємствами видобувається слюда з розміром пластин не менш 4 см. Основні методи збагачення: сортування руди та флотація. Промисловим сирцем вважають кристали слюди будь-якого обрису завтовшки 0,1 мм, корисною площею не менше 3 см<sup>2</sup>, які не мають поверхневих забруднень. За розміром вони поділяються на (см<sup>2</sup>, не менше): 100, 50, 25, 4. Продукцією слюдяної промисловості є слюди: щипана (якість регламентується ДСТ 3028-68), конденсаторна (ДСТ 7134-64), прокладочна гільйотинна, телевізійна (ДСТ 13750-68) та ін. Високоякісний мусковіт, який не має жодної плями, з рівною поверхнею, використовується для виготовлення телевізійної слюди. З відходів листової слюди виготовляють скрап, молоту та подрібнену слюду, луски, що використовують для

виготовлення слюдиніту та слюдопласту, підсіпки та мастил, руберойду та теплової ізоляції, як наповнювач до пластмас, лаків, фарб.

## Економічні відомості

Найбільшими виробниками слюд є Росія, США, Канада та ін. (табл. 47). Виділяють два головних товарних різновиди слюд: велику (листову) і дрібну (скарп). Ціна листової слюди складала у США (\$/кг), в блоках: 2002 – 67, 2003 – 67, 2004 – 67, 2005 – 72, 2006 – 70; в уламках: 2002 – 1,82, 2003 – 1,74, 2004 – 1,80, 2005 – 1,73, 2006 – 1,7 [36]. Всього у світі у 2006 р. було видобуто 5200 т такої слюди, найбільші виробники: Індія (3500 т) і Росія (1500 т), які також мають і найбільші запаси і ресурси.

Ціна дрібної слюди (скарп): коливається від 200 до 250 \$/т. У 2006 р. всього у світі було видобуто 280 тис. т такої слюди, у тому числі: Росія – 100, США – 93, Південна Корея – 40, Канада – 18, Франція – 10, Бразилія – 4, Індія – 3. Ці ж країни мають найбільші запаси і ресурси.

**Таблиця 47**

### Видобуток слюди, тис. т [35]

Країна	2001	2002	2003	2004	2005
Аргентина	2,1	1,8	1,9	2,2	2,2
Бразилія	4	4	5	5	5
Індія	2,4	3,5	2,6	3,7	3,7
Іран	3,3	2,8	5,5	7,0	7,0
Іспанія	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Канада	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
Малайзія	4,1	3,7	3,6	3,5	3,6
Мексика	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3
Норвегія	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7
ПАР	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9
Південна Корея	109	30	34	59	50
Росія	100	100	100	100	100
Сербія і Чорногорія	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
США	97,8	81,1	78,6	99,2	78,1
Тайвань	9,7	6,6	3,2	3,0	8,6
Франція	10	10	10	10	10
Шрі-Ланка	1,1	1,1	1,7	1,7	1,7
<b>Всього</b>	<b>368</b>	<b>269</b>	<b>271</b>	<b>319</b>	<b>294</b>

### Генетичні типи родовищ

У промисловості використовується листовий мусковіт, пов'язаний з формацією гранітних пегматитів і дрібний, пов'язаний з формацією грейзенів і слюдяних сланців.

Найбільше промислове значення мають родовища мусковіту, пов'язані з пегматитами. Існує багато систематик і класифікацій мусковітоносних пегматитів, зокрема, за геолого-промисловою їх поділяють на родовища плагіоклазових, мікроклін-плагіоклазових і плагіоклаз-мікроклінових альбітизованих пегматитів. Родовища зазвичай приурочені до пачок дистен-двослюдяних і біотитових гнейсів і діафторитів, інколи в переверстуванні з пачками вапняково-силікатних порід; характерними є смуго- та лінзоподібні жильні тіла, які часто локалізуються в замках накладених складчастих структур та в одночасних з ними тріщинах відриву та відколу. За формаційним типом мусковітові пегматити підрозділяються на власне мусковітові, керамічно-мусковітові, рідкіснометально-мусковітові та поліциклічні.

Родовища мусковітових пегматитів приурочені до порід докембрійських метаморфічних комплексів на щитах (Карело-Кольська, Біхарська, Раджастанська, Нелурська, Мінас-Жерайська мусковітові провінції), рідше до складчастого обрамлення древніх платформ (Мамсько-Чуйська провінція). Найбільші родовища мусковітоносних пегматитів відомі в Індії, США, РФ, Бразилії та інших країнах.

## Родовища України

В Україні перспективні прояви мусковіту відомі в грейзенізованих пегматоїдних гранітах Волині: Бельчаківський (ресурси 1,4 млн т руди, вміст мусковіту 10–12 %), Устївський (2,5 млн т, мусковіту 8,3–14 %), Несолонський (1,5 млн т, мусковіту 10 %), Городський, Яструбецький в грейзенах Овруцького району (ресурси 1 млн т, мусковіту 13,6 %), Жаберницький, Горний, Понинський в пегматитах Волині (ресурси 0,5 млн т, мусковіту 10 %); Єлісеївський, Балка Великого Табору, Зелена Могила, Кам'яна Скала в пегматитах Приазов'я (1 млн т); Веселовський в пегматитах Павлоград-Запорізької площі (1,6 млн т, мусковіту 10–15 %); Бредицелівський, Лещинка, Камінь Клевка, Діловий у сланцях і гнейсах Рахівського масиву (1,5 млн т, мусковіту 7,6–17,7 %). Однак нині жодне з них не розробляється.

**Прояв Зелена Могила** представлений пегматитовими жилами серед мігматитів і плагіогранітів Приазов'я. Виділяється 4 кварц-мікроклін-плагіоклазових пегматитових жили потужністю 8–20 м. Внутрішня структура жил дуже мінлива з переходами від зернистої і графічної до письмової, порфіроподібної і блокової структур. Мусковіт зустрічається як у вигляді дрібних (2–3 мм) лусок спільно з біоти-

том, який він заміщує, так і у вигляді більш крупних лусок і дрібних пачок (до 4 см<sup>2</sup>) в різновидах з чіткою пегматоїдною структурою, де мусковіт заміщує плагіоклаз. Іноді спостерігаються крупні виділення мусковіту (до 20 × 30 см). Середній вміст мусковіту складає 3,9 кг/м<sup>3</sup>, іноді перевищує 100 кг/м<sup>3</sup>. Якість слюди родовища низька завдяки підвищеній залізистості та деформації окремих пачок. Попередньо оцінені запаси становлять близько 250 т мусковіту.

## ВЕРМИКУЛІТ

### Загальні відомості

Вермикуліт (від лат. *Vermiculus* – червоподібний) – мінерал, що утворюється в процесі вивітрювання магнезійно-залізистої слюди, яка при гідратації, вилуговуванні, окисненні втрачає гнучкість, пружність, здатність розщеплюватися на тонкі листочки. Це знижує її твердість, густину, показники заломлення. Вермикуліт має бронзово-жовтий, золотисто-коричневий і буро-зелений колір, твердість 1–1,5, густину 2400–2700 кг/м<sup>3</sup>, він представлений таблитчастими кристалами чи їх дрібно- та крупнолускатими агрегатами. Він має здатність спучуватися під час нагрівання до 800–1100°, збільшуючись в об'ємі до 20–30 разів. При цьому його густина не перевищує 100–150 кг/м<sup>3</sup>. Спучений вермикуліт є одним з найлегших матеріалів мінерального походження, але він має чудові тепло- та звукоізоляційні якості, значну вогнетривкість (температура плавлення за 1 300°), гарні адсорбційні, каталітичні, декоративні властивості, довговічність, пружність, хімічну інертність.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Вищенаведені властивості обумовлюють широкі можливості для використання вермикуліту в різних галузях народного господарства: легкий наповнювач бетону, сировина для виробництва вогнетривких тепло- та звукоізоляційних матеріалів, вогнезахисних штукатурок, теплоізоляції металургійних печей, у виробництві антифрикційних матеріалів, пластмас, отрутохімікатів, гуми, фарб, у сільському господарстві для поліпшення структури ґрунту, при захороненні радіоактивних відходів, очищенні стічних вод та ін. Він використовується також у космічній техніці, аеропромисловості, транспортному будів-

ництві. Сьогодні відомо до 160 різних видів виробів, що виготовляються з використанням вермикуліту.

Цікаво відмітити, що якщо в країнах СНД вермикуліт використовують у першу чергу в будівництві, то в США – у сільському господарстві (табл. 48). Гарні сорбційні, каталітичні та фільтраційні якості вермикуліту постійно розширюють галузі його використання.

Найважливішими критеріями якості вермикуліту є його об'ємна насипна маса після випалу (залежно від марки змінюється від 100 до 200 кг/м<sup>3</sup>), коефіцієнт теплопровідності (при температурі 25±5° змінюється від 0,055 до 0,065 ккал/м-г град, а при температурі 325±5° – від 0,013 до 0,14) і вологість (не більше 3) [2, 5, 8–10, 23, 25]. Важливими є також гранулометричний склад, чистота продукту, відсутність пустої породи й сторонніх мінеральних домішок, світлий окрас, мастиломісткість чи властивість поглинати мінеральні мастила (60 %), розмір часток (не більше 8 мм), форма гранул (цінитися кубічна).

**Таблиця 48**

**Структура використання вермикуліту в США, тис. т**

<b>Галузі використання</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1997</b>
Будівництво	49,4	32	28,2	21,4	21
Промисловість	36,6	35,9	32,8	30,5	28,8
Сільське господарство	63,3	68,3	70,3	72	72,8
Охорона навколишнього середовища	7,4	14,1	6,4	5,4	7,4
<b>Всього</b>	<b>156,7</b>	<b>150,3</b>	<b>137,7</b>	<b>129,3</b>	<b>130</b>

**Економічні відомості**

Провідними країнами за запасами вермикуліту є ПАР, США, Росія, Іспанія, Індія, Китай, Казахстан, Зімбабве, Кенія, Єгипет, Аргентина, Бразилія, Мексика, Австралія. Точні дані про світові запаси вермикуліту відсутні і за експертною оцінкою сягають 200 млн т.

Економічно рентабельні запаси вермикуліту ідентифіковані тільки для ПАР (14 млн т) і США (25 млн т); ресурси цих країн оцінюються в 80 і 100 млн т (табл. 49). Запаси Росії складають 47 млн т (Ковдорське і Потанінське родовища). Світове виробництво вермикуліту складає біля 500–600 тис. т. Крупними світовими виробниками вермикуліту є ПАР (200 тис. т), США (100), Китай (100), Росія (25), Бразилія (30), Зімбабве (22), Японія (15), Австралія (6,7), Індія (5), Кенія (перші сотні тонн). До числа крупних постачальників вермикуліту на світовий ринок входять Бразилія, ПАР, Австралія; головними імпортерами є США (60–70 тис. в

рік), Японія, країни ЄС. Середня світова ціна на вермикуліт на протязі 2002–2006 залишається стабільною і дорівнює 143 \$/т [36].

Таблиця 49

**Видобуток, запаси, ресурси вермикуліту, тис. т [36]**

Країна	Видобуток		Запаси	Ресурси
	2005	2006		
Бразилія	30	30	н/зв	н/зв
Зімбабве	23	22	н/зв	н/зв
Китай	100	100	н/зв	н/зв
ПАР	210	200	14000	80000
Росія	25	25	н/зв	н/зв
США	100	100	25000	100000
Інші країни	39	39	н/зв	н/зв
<b>Всього</b>	<b>530</b>	<b>520</b>	<b>н/зв</b>	<b>н/зв</b>

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Вермикуліт утворюється в корах вивітрювання по біотит- і флого-пітвмісних породах, що обумовлює приуроченість родовищ цього типу до глибокометаморфізованих комплексів ультрабазитів, слюдистих сланців і гнейсів. Виділяють також інші формаційні типи родовищ:

- **вермикуліт-гідрофлогопітовий** в комплексах лужно-ультраосновних порід і карбонатитів: Ковдорське (Кольський п-ів), Інаглі (Алдан), Кокшарівське (Примор'я), Барчинське (Казахстан), Ліббі (США), Лулекоп (ПАР);
- **вермикуліт-гідрофлогопітовий** в дуніт-гарцбургітових комплексах: Будимське (Урал), Каратаське (Мугоджари), Андріївське (Приазов'я), Караганське (Саяни), Дей-Бук (США), Чатра (Індія), Юнг-Рівер (Австралія); і в магнезіальних скарнах: Разманівське (Саяни);
- **гідрофлогопітовий** в комплексах магнезіальних карбонатних і алюмосилікатних порід: Слюдянка (Прибайкалля), Стенлівіль (Канада), Сітарампур (Індія), Пхосу та ін. (КНДР);
- **гідробіотитовий** в дуніт-піроксеніт-габрових комплексах: Субутакське (Урал), Кам'яні Могили (Приазов'я); і в комплексах лужних габроїдів, лужних і нефелінових сієнітів: Кулантау та ін. (Казахстан);
- **гідробіотитовий** в гранітизованих гнейс-амфіболітових комплексах: Алтинтаське, Шолак-Кайрактинське (Мугоджари), Лісозаводське (Примор'я), Маанікка (Фінляндія), Кінайки (Східна Африка), Кванчхон (КНДР);
- **гідробіотитовий** в сієнітизованих гнейс-амфіболітових комплексах: Потанінське (Урал);
- **гідробіотитовий** в меланократових біотитових гнейсах і сланцях: Родіонівське (Приазов'я), Тетянівське (Примор'я), Прохатіце (Чехія).

## Родовища України

Родовища вермикуліту в Україні приурочені головним чином до Приазовського блока, де пов'язані з корама вивітрювання габроїдів і гнейсів (Кам'яномогильське, Андріївське, Родіонівське), прояви вермикуліту відомі у зв'язку з корама вивітрювання докембрійських метаморфічних порід і ультрабазитів в Оріхово-Павлоградській тектонічній зоні та в Подільському блоці (Славгородський, Липовенківський, Коларівський). Промислової цінності вони не мають [19].

**Кам'яномогильське родовище** складене гнейсами, мігматитами з тілами амфіболітів, кристалічних сланців, метагаброїдів, мармурів, кальцифірів центральноприазовської серії і metabазитами мангуського комплексу. Вермикулітоносною рудою є кора вивітрювання по ослюденілих metabазитах і збагачених біотитом гнейсах. Середня потужність продуктивного горизонту – 10,3 м, вміст гідробіотиту і вермикуліту – 16,01%, середня потужність покрівлі 10,3 м. Коефіцієнт спучування вермикуліту-гідробіотиту – 6,0–5,8, водопоглинання – 107–415%. Термічно оброблена гідрослюда має насипну об'ємну вагу 420 кг/м<sup>3</sup>. Запаси вермикуліту за категорією С<sub>1</sub> – 1090 тис. т, С<sub>2</sub> – 770 тис. т.

**Андріївське родовище** представлене корою вивітрювання по ультраосновних породах новосільської асоціації, біотитових і амфібол-біотитових гнейсах західноприазовської серії. Потужність рудного горизонту 14,1 м, покрівлі – 3,1 м. Вермикуліт розвивається переважно по біотиту в ультрабазитах; вміст його в руді 25 %, гідробіотит заміщує біотит в гнейсах, його середній вміст 31,8 %. Переважний розмір лусок 0,1–0,5 мм; щільність 2,7–3,1 г/см<sup>3</sup>. Запаси гідрослюд за категоріями С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> складають 848 тис. т.

**Родіонівське родовище** представлене корою вивітрювання біотитових, гранат-біотитових, силіманіт-біотитових і мусковіт-біотитових сланців з лінзами амфіболітів, амфіболових і хлорит-актинолітових сланців осипенківської серії. Потужність рудної товщі 12 м, покрівля – 10,1 м, вміст гідробіотиту в руді 22,4 %, вермикуліту – до 1 %. Інші мінерали в руді: кварц і плагіоклаз (60 %), мусковіт і хлорит (11,5 %), гранат (4,3 %), рогова обманка (2 %).

**Славгородський прояв** складено вивітреною товщею архейських гнейсів і амфіболітів аульської серії з серією зближених кулісоподібно розташованих будинованих, серпентинізованих, біотитизованих тіл дунітів і перидотитів девладівського комплексу. Максимальне ослюденіння гіпербазитів спостерігається на контакті з гнейсами. Ця зона простежена в субширотному напрямку на 1 км при ширині до 200 м. Потужність вермикулітвміщуючих прошарків до 10–30 м; на глибину

вони простежуються до 50–70 м. Вміст вермикуліту і гідробіотиту в рудних тілах до 25 %, фіксується домішок серпентину, тремоліту, тальку. Поблизу калішпатових прожилків вермикуліт частково заміщується монтморилонітом. Насипна об'ємна вага спученої маси збагаченого концентрату гідрослюд 200–340 кг/м<sup>3</sup>, ступінь гідратації і окислення: FeO – 0,83–2,11 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2,67–4,24; H<sub>2</sub>O – 1–2 %; в.п.п. – 11,12–12,07 %, коефіцієнт теплопровідності 0,15–0,17 ккал/м·год·град. Прогнозні запаси родовища оцінюються в 700 тис. т.

**Липовеньківський прояв** приурочений до однойменного гіпербазитового масиву, в північній частині якого розташована зона ослюденіння лінійної форми довжиною 250 м, шириною 50 м. В її межах виділяються 5 вермикулітвмісних жилоподібних тіл, вкрапленість гідрослюд на ділянках дрібної тріщинуватості. Довжина тіл 70–160 м, потужність 3–8,5 м, за падінням вони простежуються до 50 м. Вміст гідрослюд 40–80%. Насипна об'ємна вага спученого гідрослюдистого концентрату 250–500 кг/м<sup>3</sup>. Прогнозні запаси вермикуліту – 190 тис. т, гідробіотиту – 97 тис. т.

**Коларівський прояв** представлений вермикулітвмісною корою вивітрювання по флогопітових лампроїтах коларівського комплексу потужністю 4–24 м (середня 19,3 м), площею розповсюдження 150 тис. м<sup>2</sup>, потужністю покрівлі 4–11 м, середнім вмістом вермикуліту 22,5%, прогнозними запасами вермикуліту 700 тис. т.

## ПІРОФІЛІТ

### Загальні відомості

Пірофіліт – це верстуватий силікат Al<sub>2</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub>; Al може частково заміщуватися Mg і Fe, звичайні домішки – Ca, Na, K, Ti. Зустрічається у вигляді листуватих, тонкопластинчастих, радіально-променистих і зернистих агрегатів; прихованолускуваті різновиди мають назву агальматоліту, фігурного каменя чи пагодиту. Колір білий, зеленуватий, жовтуватий, буруватий, блиск скляний з перламутровим вилицком на площинах спайності. Твердість 1–2, густина 2650–2900 кг/м<sup>3</sup>, температура плавлення 1 700°. Він утворюється внаслідок гідролізу силікатів у процесі навколожильних перетворень, формування вторинних кварцитів і за рахунок дегідратації глинистих мінералів у процесі низькотемпературного метаморфізму (у цьому випадку він асоціює з каолінітом, смектитом, хлоритом). Пірофіліт має



здатність добре оброблятися, подрібнюється до білого порошку, є хімічно інертним, може утримувати на своїй поверхні деякі активні хімічні речовини, має такі властивості, як слизькість, м'якість, жирність і липкість; після термічної обробки дає щільний міцний черепок, якій має білий колір, невелику вологоємність, незначну усадку, хімічну стійкість, хороший опір тепловим ударам, низькі термічне розширення, тепло- та електропровідність, гарні діелектричні властивості. Руди поділяють на особливо чисті (вміст пірофіліту не менше 90 %, мінеральних домішок не більше 10 %), середньої чистоти (10–25 % мінеральних домішок) і пірофілітові камені (> 25 %). Серед останніх залежно від переважаючих супутників розрізняють кварц-, діаспор-, серицит- і каолін-пірофілітові камені.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Пірофіліт використовується у виробництві високовогнетривких керамічних виробів, як наповнювач у паперовій та гумовій промисловості, у виробництві мастил, грифелів до олівців, як виробний камінь (агальматоліт), прокладка до нагрівальних елементів електричних печей та ін. [29, 30]

Пірофіліт широко використовують у США для виготовлення спеціальних масляних фарб для камуфляжу військової техніки та кораблебудування; у парфумерній і фармацевтичній промисловості для виготовлення пудри і зубної пасти; у виробництві олівців; у кондитерській промисловості як матеріал для обсипання та поліровки цукерок; у гумовій – як наповнювач кабельної гуми й присипка, що не дає злипатися гумовим виробам; у виготовленні батарейних ящиків, покрівельного покриття, різних керамічних виробів (плиток для підлог і стін, радіодеталей, посуду, санітарної кераміки, електрофарфору, емалевої фрити, лампових патронів, наконечників для газових пальників і автогенного зварювання, керамічних деталей апаратів для наварювання); алмазних коронок; вогнетривкої пірофілітової цегли, вогнетривкого цементу та бетону; для виробництва футерувального матеріалу.

Особливих технічних вимог до пірофілітової сировини немає, зазвичай вони відповідають тим вимогам, що регламентуються ДСТ 879-41 для молотого тальку. Згідно з ними перемелені пірофілітові породи повинні мати білість не менше 70–80 %, вологість не більше 0,5 %; ступінь розмелювання: залишок на ситі № 75 не більше 5 % і на ситі № 90 не більше 2 %. Шкідливими домішками є миш'як (допускається до 0,0014 %), залізо (1–1,5 %), титан, небажаною є присутність значної кількості кварцу. Вміст чистого пірофіліту має бути не менше 80–85 %.

## Економічні відомості

Видобуток пірофіліту в 2002 р. склав 2617 тис. т: Південна Корея (890 тис. т), Японія (400), Індія (153), Таїланд (60), а також Туреччина, Марокко, ПАР, Аргентина, Перу, Австралія. До країн-експортерів пірофіліту належать Франція, США, Нідерланди, Італія, Фінляндія, Австрія, Австралія, Бельгія і Люксембург, Канада, Іспанія; імпортерів: Японія, Німеччина, США, Італія, Бельгія і Люксембург, Тайвань, Мексика, Нідерланди, Канада, Іспанія, Великобританія, Індонезія.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

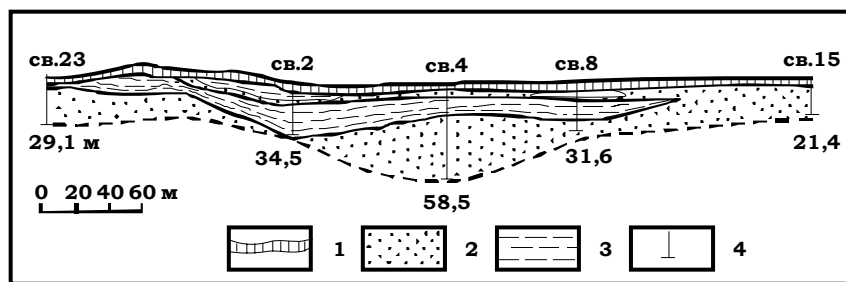
Провідними геолого-промисловими типами родовищ пірофіліту є: 1) пірофілітовий і кварц-пірофілітовий в осадових (кварцитових) і осадово-вулканогенних формаціях (Бамбула в Австралії, Нагорянське в Україні); 2) пірофіліт-кварцовий в гідротермальних метасоматитах по кислих і середніх вулканітах (Японія, Південна Корея); 3) каолініт-пірофілітовий в теригенних товщах з вугіллям (Лас-Агілас в Аргентині, Камбевара в Австралії); 4) мусковіт-діаспор-пірофілітовий в кварцових жилах (Клінтон в Індії); відомі прояви пірофіліту у вторинних кварцитах, в породах колчеданних, поліметалічних і алунітових родовищ, деяких родовищ золота. Великі родовища пірофіліту відомі в США (Діп-Рівер), Канаді (Ванкувер), ПАР (Трансвааль), Китаї (Тзин-Тіу), Бразилії (Мінас-Жерайс), Японії, РФ (Чистогорське), Казахстані (Акташське, Суранське), Україні (Кур'янівське, Нагорянське).

## Родовища України

В Україні родовища пірофілітових сланців відомі на північному заході УЩ, де пов'язані з відкладами овруцької серії (Нагорянське, Збраньківське, Кур'янівське). Тут також відома Шишалівська прогнозна площа з прогнозними ресурсами 0,05 млн т. Вони приурочені до товщі кристалічних сланців докембрію, які асоціюють з кварцитами. Серед останніх виділяються верстви (до 12,5 м) пірофілітових сланців жовтуватого-рожевого, рожевого й малиново-червоного кольору. Потужність продуктивної товщі – 1,6–2 м. Кондиційними є пірофіліти середньої частини пласта потужністю 0,5–0,9 м. Пірофіліт, який становить від 50 до 85 % маси породи, представлений дрібно-лускатим (0,01–0,05 мм) агрегатом, що цементує зерна кварцу. Це світло-рожева до малинової м'яка та жирна на дотик порода з безладно-лускуватою порфірокластичною текстурою. З акцесорних мінералів

присутні серицит, циркон, епідот та ін. Міцність породи, що випалена при температурі 1400–1450°, становить 8 за шкалою Мооса, вогнетривкість 1690–1780°, початок розм'якшення при температурі 1570°, осідання змінюється від -1,85 при температурі 950° до +1,05 при 1350°, водовбирання – від 1,96 до 0,05. Механічна міцність сирого пірофілітового сланцю дорівнює 420 кг/см<sup>2</sup>, а випаленого при температурі 1350° – 4650 кг/см<sup>2</sup>; тимчасовий опір випаленого матеріалу при температурі 1400° дорівнює 579 кг/см<sup>2</sup>.

**Нагорнянське родовище** (рис. 40) представлено лінзами (0,1–40,0 м) пірофілітових сланців серед кварцитів овруцької серії. Серед сланців виділяються різновиди: рожеві жирні, бузкові слабо піщанисті, окременілі сильно піщанисті і кварцово-пірофілітові з високим вмістом кварцу. Потужність покрівлі – 1,5–19,3 м. Затверджені запаси за категорією А+В+С<sub>1</sub> складають 2916 тис. т.



**Рис. 40. Геологічний розріз Нагорнянського родовища [19]**

1 – четвертинні відклади; 2 – кварцити; 3 – пірофілітові сланці; 4 – свердловини

**Збраньківське родовище** складене товщею кварцитів і пісковиків овруцької серії потужністю 40–74 м з прошарком пірофілітового сланцю потужністю 0,1–1,4 м. Потужність покрівлі – 21–40 м. Запаси підраховані орієнтовно на площу 4,5 га. При потужності продуктивного прошарку 0,7 м вони складають 31,5 тис. м<sup>3</sup>.

**Кур'янівське родовище** приурочене до зони контакту ефузивів збраньківської світи, кварцитів і сланців овруцької серії. Потужність пірофілітового пласта 0,7–1,9 м (середня 1,3 м), глибина залягання – 11–90 м, вміст пірофіліт – 50–70 %. Запаси за категоріями А+В+С<sub>1</sub> – 88 тис. т, С<sub>2</sub> – 31 тис. т; запаси С<sub>2</sub> поза контуром шахтного поля – 227 тис. т. Прогнозні ресурси Р<sub>1</sub> – 279,1 тис. т.

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що відноситься до гірничорудної сировини?
2. Які якості графіту обумовлюють його промислове використання?
3. Які країни світу видобувають графіт?
4. Які існують генетичні і геолого-промислові типи родовищ графіту?
5. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу графітових руд України.
6. Надайте порівняльну характеристику Завалівського і Петрівського родовищ графіту.
7. Що відноситься до абразивної сировини?
8. Де використовується гранат?
9. Які родовища гранату є в Україні?
10. Чим Слобідське родовище відрізняється від Завалівського?
11. Надайте загальну характеристику корундових руд.
12. Чи є родовища корунду в Україні?
13. Які особливості азбесту дозволяють його застосовувати в промисловості?
14. Чи можливе відкриття родовищ азбестових руд в Україні?
15. Де і чому використовується мусковіт?
16. Де у світі відомі родовища мусковіту?
17. Чи видобувається мусковіт в Україні?
18. Що ви знаєте про вермикуліт?
19. Які родовища вермикуліту є в Україні?
20. Де використовується пірофіліт?
21. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу пірофіліту України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Аксенов Е.М., Ведерников Н.Н., Горбачев Б.Ф. и др. Прогнозирование и поиски месторождений горно-технического сырья. – М.: Недра, 1991.
2. Болотников Д.П. О сортности вермикулита и технических требованиях к нему // Геология, свойства и применение вермикулита. – Л.: Наука, 1967. – С. 88–104.
3. Бордюгов В.П., Сальников В.Д., Рудаков А.В. Графит. – К.: Геоинформ, 1997.
4. Вульчин Є.І., Братусь М.Д., Іванців О.Є., Шабо З.В. Високометаморфізовані вуглисті утворення і графіти України. – К.: Наук. думка, 1967.
5. Геология, свойства и применение вермикулита / Ред. Д.Д.Теннер. – Л.: Наука, 1967.
6. Геолого-экономические карты УССР. III. Горнорудная промышленность / К.А. Суходольский, Э.С. Дехтулинский, С.А. Червинский и др. – М.: ГУГК, 1982–1987.
7. Дубына И.В. Графитовые месторождения Украинской ССР. – Харьков: ГОНТИ, 1939.

8. Жарова С.Н., Зосин А.М. Хранение овощей с применением вермикулита // Тез. докл. совещ.: Применение вермикулита в народном хозяйстве. – Л., 1982. С. 50–51.
9. Искрицкий Н.А. Экономика и перспективы применения вермикулита. – Л.: Наука, 1975.
10. Исследование и применение вермикулита. Тр. совещ. по проблеме изучения и применения вермикулита. – Л.: Наука, 1969.
11. Іванцев О.Є. Геологія та генезис графітових родовищ України. – К.: Наук. думка, 1972.
12. Ковалева З.И. Минерально-сырьевая база мусковитовой промышленности и ее использование. – М.: ВИЭМС, 1972.
13. Лазько Е.Е. Некоторые особенности гранатов и биотитов из глиноземистых пород графитоносных формаций западной части Украинского щита // Минер. сб. Львов. ун-та, 1969. – № 37. Вып. 1. – С. 40–47.
14. Лазько Е.Е. Геология графитоносных формаций западных частей Украинского щита: Автореф. канд. дис. – К., 1981.
15. Лимрани О. Минералогия граната железисто-кремнистой формации Криворожского бассейна: Автореф. канд. дис. – Кривой Рог, 1997.
16. Меркурьев Н.Д., Пожарницкий Л.Л., Чемякин В.И. Хризотил-асбест. – М.: Недра, 1975.
17. Месторождения антофиллит-асбеста СССР / Ред. И.Ф.Романович. – М.: Недра, 1976.
18. Месторождения хризотил-асбеста СССР. – М.: Недра, 1967.
19. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Київ-Львів: „Центр Європи”, 2006.
20. Половинкина Ю.И., Соколова Е.Г. О корундовом слюдите на Побужье // Минер. сб. Львов. геол. о-ва, 1958. – № 12.
21. Семененко Н.П., Жуков Г.В. Петровский графитоносный район УССР. – К.: АН УССР, 1955.
22. Сердюченко Д.П., Полуновский Р.М. Силлиманито-корундовые гнейсы Центрального Приазовья и условия их образования // Докл. АН СССР, 1971. – 197. № 2. – С. 435–438.
23. Терновой В.И. Вермикулит. Методические указания по производству геологоразведочных работ на неметаллические полезные ископаемые. – М.: Недра, 1980.
24. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Асбест. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. Вып. 5.
25. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вермикулит. – М.: Госгеолиздат, 1948. Вып. 60.
26. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Гранат. – М.: Госгеолиздат, 1947. Вып. 33.
27. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Графит. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. Вып. 3.
28. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Корунд и наждак. – М.: Госгеолиздат, 1947. Вып. 37.

29. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Пирофиллит. – М.: Госгеолиздат, 1946. Вып. 16.
30. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Тальк и пирофиллит. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. Вып. 1.
31. Усенко И.С., Кравченко Г.А., Хмарук Т.Г. и др. Породообразующие гранаты Украинского щита. – К.: Наук. думка, 1980.
32. Яценко В.Г. Структурно-морфологические и генетические типы графита на примере месторождений Украинского щита: Автореф. канд. дис. – К., 1996.
33. Яценко В.Г. Закономерности пространственного расположения проявлений графита на Украинском щите // Аспекты минерагении Украины. – К.: НАН Украины, 1998. – С. 254–270.
34. Яценко Г.М., Тавренко Е.И. Корундовые кристаллические сланцы в центральной части Украинского щита // Докл. АН УССР, 1976. – Б. № 11. – С. 989–982.
35. USGS Mineral Yearbook, 2005
36. USGS Mineral Yearbook, 2007

## РОЗДІЛ 4

# СИРОВИНА ДЛЯ МЕТАЛУРГІЇ

У металургійному процесі використовується велика кількість неметалічної мінеральної сировини. За напрямками використання її можна поділити на п'ять основних груп: **флюсова сировина** (вапняки, доломіти, флюорит, ставроліт); **вогнетривка сировина** (кварцити, кварцові пісковики, вогнетривкі глини, доломіти, графіт); **магнезіальна сировина** (магнезит, брусит, талько-магнезити); **високоглиноземиста сировина** (силіманіт, дистен, андалузит); **формувальна сировина** (піски формувальні) [5, 47].

### ФЛЮСОВА СИРОВИНА

У чорній металургії при доменній плавці залізних руд як флюс використовують вапняки, доломіти, флюорит, ставроліт. Вони допомагають переведенню до шлаку пустої породи та золи палива. Окрім того, оксид кальцію переводить до шлаку шкідливі для чавуну домішки (фосфор та сірку). При плавці бесемерівського, томасівського та малофосфорного чавуну й магнієвих доменних феросплавів до шихти додають доломіт або доломітизований вапняк. У кольоровій металургії теж використовують вапняк при плавці міді, а також оксидних і сірчаних руд нікелю, кобальту, свинцю, олова тощо. Плавиковий шпат як флюс використовують для розрядження шлаків при плавці сталі та деяких феросплавів. При плавці міді й нікелю як флюс застосовують кварцити та кварцові пісковики, які ошлаковують залізо, що є в концентраті або штейні.

### ФЛЮСОВІ ВАПНЯКИ

#### Загальні відомості

Вапняки – це осадова порода, що в основному складається з мінералу кальциту ( $\text{CaCO}_3$ ). Доломітизовані вапняки містять окис магнію від 4 до 17 %. Утворення осадових родовищ вапняків відбувалося як у континентальних, так і в морських умовах шляхом хімічного осадження, нагромадження вапняної органіки та відкладення уламково-

го матеріалу вапняків. Найбільше значення для металургійної промисловості мають осадові родовища морського походження, де шари вапняків характеризуються значною потужністю й літологічною однорідністю. Залягання шарів може бути як пологим (платформний тип), так і крутим (у складчастих областях і крайових прогинах платформ). Родовища платформного типу з пологим заляганням шарів здебільшого пов'язані з відкладами палеозойського і кайнозойського віку. Вони зазвичай характеризуються високою якістю вапняків, легкістю розробки шарів, що горизонтально залягають, але часто вимагають селективної розробки окремих шарів через строкатість літологічного складу карбонатної товщі.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Вапняки й доломітизовані вапняки використовуються в металургії при виплавці чавуну й сталі як флюс, що вводиться до шихти для переводу в шлак порожньої породи, золи палива, різних шкідливих домішок (фосфору й, головним чином, сірки). Існують загальні вимоги до хімічного складу та механічної міцності вапняків: якомога більший вміст вуглекислого кальцію та якомога менше баластових речовин (кремнезем, глинозем) і шкідливих домішок (фосфор і сірка) [6–9].

Кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ) і глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) збільшують витрати кальцію й палива, тим самим знижуючи ефективність флюсу й підвищуючи його витрату. Вміст сірки у вапняках є особливо шкідливою домішкою, і тому її вміст у сировині жорстко лімітований. При доменній плавці фосфор важко переводиться у шлак і практично весь залишається в чавуні, знижуючи його якість, тому підвищений вміст фосфору в доменних флюсах вважається шкідливим. Однак у ливарному, томасівському й малофосфорному чавуні допускається значна кількість фосфору, тому у вапняках, які використовуються при їх виробництві, фосфор не є шкідливим компонентом.

Оксид магнію ( $\text{MgO}$ ) заважає переводу в шлак сірки й фосфору, тому в сталеливарному (мартенівському) виробництві доломіти не застосовуються. Однак у доменному виробництві, а також при виплавці бесемерівського, томасівського, високоякісного малофосфорного чавуну та марганцевих доменних феросплавів застосовують доломітизовані вапняки, тому, що  $\text{MgO}$  сприяє розрідженню шлаків.

Фізичні властивості флюсових вапняків також мають значення для конверторного та електросталеплавильного виробництва. Механічна міцність на стискання не повинна бути нижчою  $300 \text{ кг/см}^2$ , тому що менш міцні породи сприяють утворенню дріб'язку та пилу, що змен-



шує газоутворення, необхідне при плавлі. Крім того, залежно від галузі застосування для вапняків існують норми шматкуватості. Розмір шматків вапняку, що використовується для випалу в шахтних печах, має бути в межах 50–80 мм; для випалу в обертових печах – 20–50 мм і для випалу в печах киплячого шару – 12–20 мм.

Якість флюсових вапняків, що використовуються в чорній металургії, встановлюється галузевими стандартами (табл. 50) та технічними умовами (табл. 51) конкретних родовищ, єдиних вимог немає. У цілому ж для доменного та мартенівського виробництва використовують вапняки із вмістом Са не меншим 51,5–53,5 %, Mg – не більшим 5 %, нерозчинного залишку – у межах 2,0–4,0 %, сірки – на рівні 0,025 %, фосфору – 0,06 %. Вимоги при виробництві ливарного чавуну до вапняків менш жорсткі: Са – не менше 49 %, нерозчинного залишку – не більше 5 %, вміст сірки та фосфору не обмежується.

**Таблиця 50**

**Технічні вимоги до якості флюсових вапняків**

Масова частка	Норми для різних марок вапняків, %					
	ДСТ 14-63-80 (доменне виробництво)		ДСТ 14-64-80 (конверторне виробництво)		ДСТ 14-64-80 (мартенівське виробництво)	
	Ч-1	Ч-2	С-1	С-2	М-1	М-2
СаО + MgO	53,5	51,5	53,5	52,5	53,0	51,0
MgO, не більше	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Нерозчинні залишки, не більше	2,0	4,0	Не нормується			
SiO <sub>2</sub> , не більше	Не нормується		1,5	2,0	1,5	3,0
S, не більше	Не нормується		0,06	0,09	Не нормується	
P, не більше	Не нормується		0,06	0,06	Не нормується	
Межа міцності, МПа (кг/см <sup>2</sup> ), не менше	30 (300)	30 (300)	30 (300)	30 (300)	30 (300)	30 (300)

**Таблиця 51**

**Вимоги до хімічного складу вапняків для виробництва конверторного вапна (за ТУ 14-15-60-78)**

Вапняк	Сорт	Хімічний склад, %					
		СаО, не менше	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P
				не більше			
Звичайний	1	53,5	Не нормується	1,2	1,5	0,06	0,06
"-	2	53,2	"-	2,0	1,5	0,09	0,06
Доломітизований	1	53	9,5+1,5	2,0	1,5	0,06	0,06
"-	2	51,5	9,5+1,5	2,8	1,5	0,09	0,06

Однак вимоги, що висуваються до сировини сучасним сталеплавильним виробництвом, виключають значну частину запасів розвіданих родовищ вапняків України. Вапняки високої якості, придатні для конверторного виробництва, є у двох регіонах: у Південному Донбасі та на Південному березі Криму.

В електросталеплавильному виробництві вимоги до вапняків жорсткіші: Са не нижче 53–55 %, Mg – не більше 3,0, нерозчинного залишку не більше 2,0 %, сірки – 0,05 і фосфору – 0,03 %. Для виробництва конверторного вапна існують єдині технічні умови.

## Родовища України

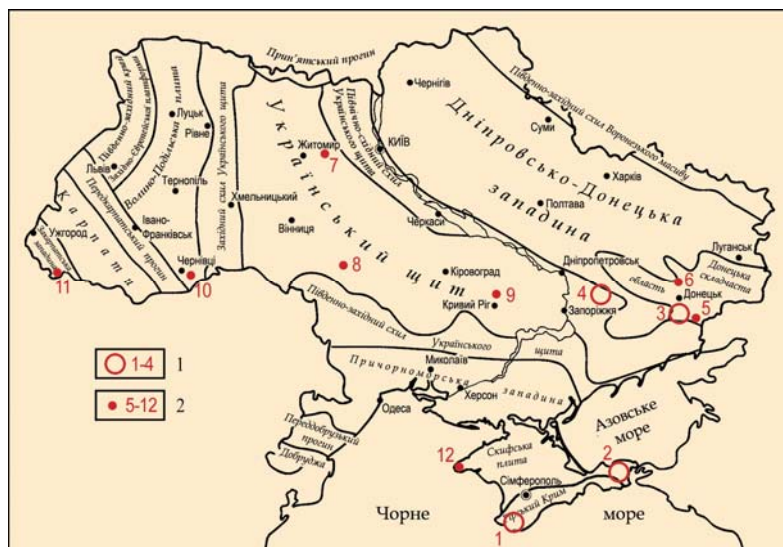
В Україні родовища флюсових і доломітизованих вапняків відомі в Кримській складчастій області (7 родовищ, 4 з яких розробляються), Донбасі (6, з яких 4 розробляються), на УЩ (1). Найбільшими за запасами є родовища Оленівське, Новотроїцьке, Каракубське (Донецька область), Кадиківське, Псилераське, Гасфортське (Крим). Однак, сировина переважної більшості цих родовищ не придатна для конверторного виробництва, яке у всьому світі вже витісняє мартенівське. Вапняки необхідної якості є тільки в двох регіонах: у Південному Донбасі і в Криму (рис. 41) Це викликає значні проблеми із забезпеченістю сучасного сталеплавильного виробництва запасами кондиційної сировини (яке для крупних гірничодобувних підприємств не перевищує 4–8 років) [25, 30, 33–35].

Сумарні запаси флюсових і доломітизованих вапняків, враховані Державним балансом запасів, складають (млн т) 2537 (A+B+C<sub>1</sub> – 2371, C<sub>2</sub> – 166); у тому числі флюсових вапняків – 2057 (A+B+C<sub>1</sub> – 1892, C<sub>2</sub> – 164,8); доломітизованих вапняків – 479,9 (A+B+C<sub>1</sub> – 478,9, C<sub>2</sub> – 1) [33].

Найбільш високоякісні вапняки пов'язані з рифовими формаціями карбону і пермі Донбасу, де розробляються Каракубське, Оленівське, Новотроїцьке, Стельське родовища, до резервних відносяться Північношефченківське, Першотравневе та ін.

**Каракубське** родовище вже понад 100 років є головним постачальником флюсового вапняку високої якості в Україні (рис. 42). Воно розташовано в басейні р. Кальміус, у 35 км від ст. Кутейниково. Флюсові вапняки (СаО 52,3–54,9%) представлені двома пачками загальною потужністю 105 м, які роз'єднані шаром некондиційних вапняків потужністю 6,5 м серед відкладів нижнього карбону. Вапнякова товща закарстована, залягання її похиле моноклінальне, кути падіння від 5° до 30°. Середня потужність розкривних порід сягає 24 м. Протягом трива-

лого часу родовище інтенсивно експлуатувалося, погашення запасів сягало 16–17 млн т на рік, тому сьогодні дві із семи ділянок родовища відпрацьовані. Родовище розробляється Комсомольським рудоуправлінням, продуктивність кар'єру 8 млн т на рік, річний видобуток 16–17 млн т, у тому числі конверторних вапняків 11–12 млн т, забезпеченість високоякісною сировиною не перевищує 15–17 років.



**Рис. 41. Схема розміщення родовищ вапняків флюсових та доломітів [33]**

1 – вапняки флюсові (1 – Гасфорт, Псилерахі та ін.; 2 – Краснопартизанське, Іванівське, Бачерівське, Ласпінське, Агармиське; 3 – Оленівське, Новотроїцьке, Каракубське, Першотравневе; 4 – Дніпропетровська область); 2 – доломіти (5 – Ямське, Аннівська Гольма, Покровське; 6 – Донбас; 7 – Негребівське; 8 – Завалівське; 9 – Фрунзенське, Велика Глеюватка; 10 – Завадівське; 11 – Кузинське; 12 – Першотравневе)



**Рис. 42. Каракубське родовище флюсового вапняку (схематичний геологічний розріз за матеріалами М.Шороховської, 1955)**

1 – суглинки, піски, галечники; 2 – закарстовані вапняки; 3 – дресва

**Оленівське родовище** складено вапняками (СаО 52,0–53,9%), доломітизованими вапняками (СаО 36,0–46,9%, MgO 8,0–16,3%), доломітами. Вапняки і доломітизовані вапняки нижнього карбону відслонюються в притоках р. Суха Волноваха, мають майже широтне простягання, падіння на північний-північний-схід під кутом 5–17°, потужність близько 200 м. У вапняках зустрічаються включення кременів у вигляді жовен або лінз, характерна закарстованість. Родовище розробляється Докучаєвським флюсо-доломітовим комбінатом, продуктивність кар'єру 6,4 млн т на рік, річний видобуток 2–2,2 млн т.

**Новотроїцьке родовище** складено вапняками (СаО 45,4–54,9%), доломітизованими вапняками (СаО 37,7–43,8, MgO 8,9–14,8%), доломітами. Головна частина запасів зосереджена на ділянці Балка Борсукова, але вапняки тут не придатні для конверторного виробництва через високий вміст сірки – у середньому 0,18 %. Родовище розробляється Новотроїцьким рудоуправлінням, продуктивність кар'єру 403 тис. т на рік.

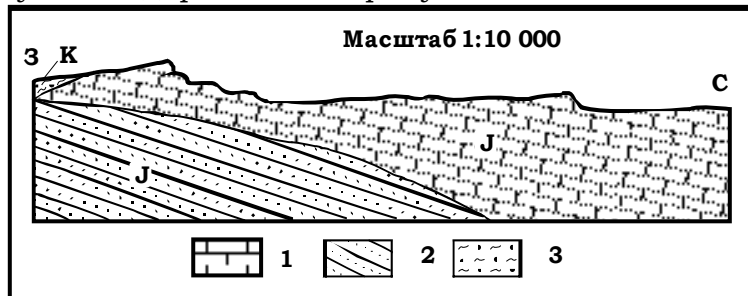
Якість вапняків Північношевченківського (СаО 53,5%) і Першотравневого (СаО 53,2–54,3%) родовищ відповідає сировині Каракубського родовища, але їх освоєння ускладнено через значну потужність покривлі, віддаленість від рудоуправління, розташування в зоні впливу водосховищ на р. Мокра Волноваха. Проблема полягає у тому, що балансові запаси конверторних вапняків обмежені, приріст їх запасів можливий тільки на Оленівському, Новотроїцькому, Каракубському, Північношевченківському родовищах, інших розвіданих родовищ конверторних вапняків в Донбасі немає.

В Криму розвідано 7 родовищ флюсових вапняків із залишком балансових запасів близько 1 млрд т, які складені вапняками пізньої юри – Кадиківське (рис. 43), Псилерахи (рис. 44), Гасфорт, Каранське, Західнобалаклавське, Роднівське) і неогену (Краснопартизанське на Керченському півострові), але в більшості вони не придатні для виробництва конверторного вапна. Перспективна на карбонатну сировину зона розташована уздовж Балаклавсько-Хмельницького розлому, де від Балаклави до Рідного простежуються мармуризовані вапняки високої якості, з прогнозними ресурсами 1,4 млрд т. Розробляється Кадиківське родовище (річний видобуток близько 5 млн т, забезпеченість запасами на 5–7 рр.) і Краснопартизанське, для доменного виробництва вивчені родовища Псилерахи і Каранське, але вихід конверторних вапняків на цих родовищах не перевищить 15–19% [33].

Вапняки **Гасфортського родовища** поблизу м. Балаклава вирізняються високою якістю флюсової сировини. Воно складене потужним (до 600 м) покладом вапняків верхньої юри. Доля конверторних вапняків першого сорту сягає тут 70–75 %, що при значних запасах, невеликій потужності розкривних порід (3,6 м), низькій закарстованості робить цей об'єкт найперспективнішим у майбутньому. Розвідані запаси вапняків складають 347,1 млн т, у тому числі флюсових – 305,5 млн т, їх середній хімічний склад (%): CaO – 54,31, MgO – 0,56, S – 0,013, P – 0,026, нерозчинний залишок – 1,50. 84 % запасів флюсових вапняків придатні для конверторного виробництва.

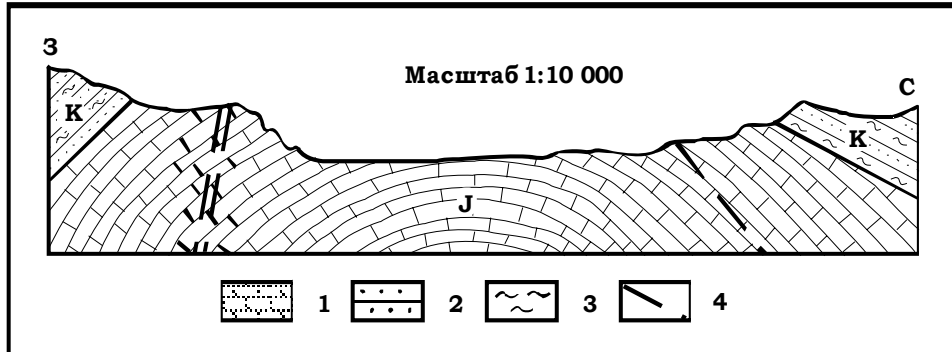
Якість вапняків інших родовищ низка: середній вміст CaO (%): Західнокадіківське – 50,5; Псилерахи – 51,9; Каранське – 54,8; Західнобалаклавське – 53,2–54,3; Краснопартизанське – 53,8; Іванівське – 54,7; Південнобачерівське – 49,3–54,4; Східнобачерівське – 52,2; Ласпінське – 54,3; Агармиське – 53,3–54,1. Їх запаси затверджені лише для доменного виробництва.

Перспективи виявлення в Україні нових родовищ вапняків високої якості, аналогічних родовищу Гасфорт, украй обмежені. Більш-менш впевнено такі родовища можна прогнозувати у вододільній частині і на південних схилах Кримських гір, де будівництво нових крупних гірничодобувних підприємств неприпустимо.



**Рис. 43. Кадиківське родовище флюсових вапняків (схематичний геологічний розріз за матеріалами В.Ігнаткіна, 1966)**

1 – вапняки, 2 – пісковики, 3 – глини, пісок



**Рис. 44. Псилераське родовище флюсових вапняків (схематичний геологічний розріз за матеріалами Б.Мещанінова, 1983)**  
 1 – вапняки, 2 – пісковики, 3 – глини, 4 – тектонічні порушення

## ДОЛОМІТИ

Ресурси і запаси доломіту, а також найбільші обсяги їх видобутку зосереджені у Великій Британії, Канаді, США, Іспанії, Бельгії, Японії, Індії. В СНД розвідано 44 родовища доломіту для флюсів і вогнетривів із запасами 3180 млн т, 70 родовищ для виробництва будівельних матеріалів із запасами 700 млн т. Для виробництва скла, вогнетривів і флюсу розроблялося 17 родовищ із видобутком більше 20 млн т.

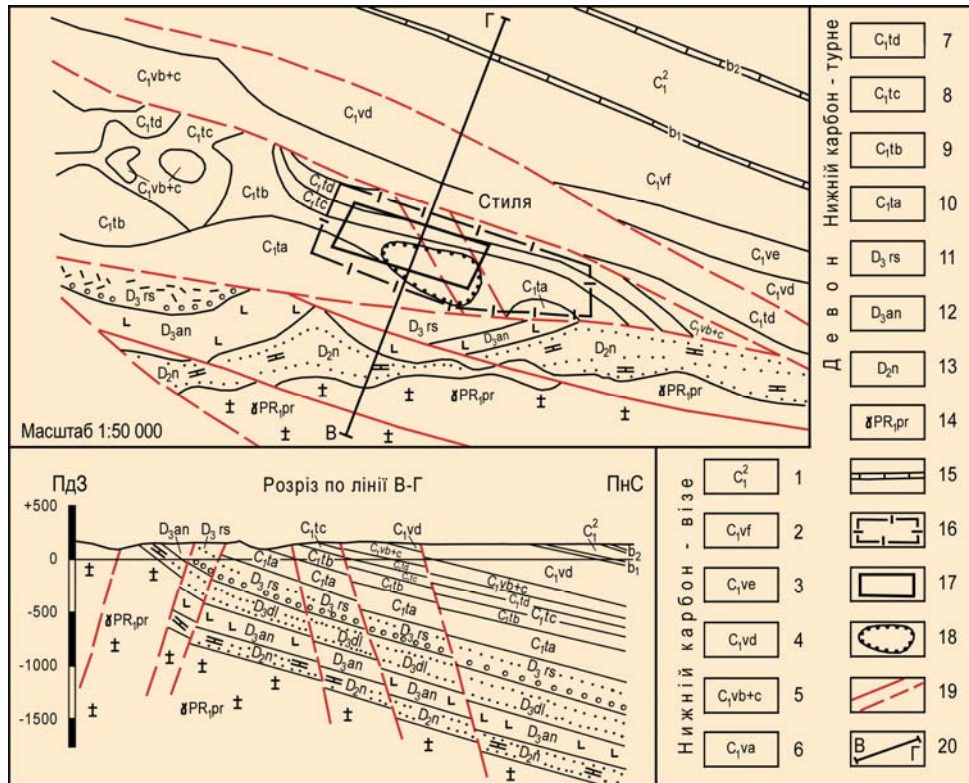
Україна має достатні ресурси доломітової сировини для металургії. Родовища осадового типу локалізовані в Донецькій і Карпатській складчастих областях, метаморфізованого – на УЩ [30, 34, 35]. Державним балансом враховані запаси 7 родовищ (2 з них комплексні) доломіту для металургії в Донецькій і Дніпропетровській областях, розробляється 4 родовища (2 комплексних) в Донецькій області. Запаси доломіту за категорією А+В+С<sub>1</sub> складають 343,5 млн т, С<sub>2</sub> – 42,9 млн т. В 2003 р. всього було видобуто доломіту 697 тис. т. Відомі і забалансові родовища: Велика Глеюватка, Негребівське, Завадське, Росішанське та ін. [33]

Основні запаси і весь видобуток доломіту для металургії зосереджені в Донбасі, де в карбоні Волноваської зони розміщені Стельське, Новотроїцьке, Оленівське, Північношевченківське, Каракубське родовища, а також перспективні об'єкти (Першотравневе, Родниківське, Заводське). Потужність карбонатної товщі 300–450 м, вона складена флюсовими вапняками, доломітованими вапняками, доломітами, які вміщують (%): СаО – 54,2–54,4; MgO – 0,6–0,8; SiO<sub>2</sub> – 0,8–1,1 (вапняки); СаО – 38,6–44,9; MgO – 8,5–14,2; SiO<sub>2</sub> – 0,9 (доломітовані вапняки); MgO – 17,9–19,7; СаО – 29,3–35,0; SiO<sub>2</sub> – 0,38–3,1 (доломіти).

Прогнозні ресурси вапняків – 1841 млн т; доломітів і доломітизованих вапняків – 2031,7 млн т. Розробляються родовища: Стильське, Оленівське і Новотроїцьке (запаси А+В+С<sub>1</sub> – 79,2 млн т). На жаль, породи всіх родовищ, крім Стильського, можуть використовуватися тільки для доменного і мартенівського виробництва.

**Стильське родовище** (рис. 45) вміщує високоякісний доломіт, придатний для виробництва конверторних вогнетривів. Загальні очікувані запаси доломіту оцінюються в 50 млн т (конверторних – 30 %), що може забезпечити чорну металургію нашої країни на 15–20 років роботи. Резервних родовищ і площ з сировиною для конверторних вогнетривів немає.

З нижньопермськими відкладами пов'язані родовища вапняків, доломітів, доломітизованих вапняків в межах Слов'янського і Корульського куполів, де розвідані родовища Ямське (розробляється Сіверським доломітовим комбінатом з річним видобутком 100 тис. т) і Аннівська Гольма з сумарними запасами 15 млн т (4,6 млн т доломіту 1–2 класу), Покровське родовище, встановлений ряд перспективних рудопроявів (Микитівський, Нирківський, Вікторівський), сировина яких придатна для доменного і мартенівського виробництв, але не придатна для конверторного.



**Рис. 45. Геологічна карта і розріз Стильського родовища [33]**

1–10 – грабовська світа: 1 – перешарування сланців, пісковиків, вапняків, прошарки вугілля; 2 – вапняки з прошарками та жовнами кременю; 3 – вапняки, мергелі, сланці; 4 – вапняки із жовнами кременю; 5 – вапняки різнозернисті; 6 – перешарування вапняків та сланців; 7 – вапняки дрібнозернисті; 8 – вапняки середньо-крупнозернисті; 9 – вапняки зливні, доломітизовані, доломіти, сланці; 10 – вапняки доломітизовані, доломіти, сланці; 11 – роздольненська світа: пісковики, конгломерати, алевроліти, туфи; 12 – антон-тарамська світа: вулканогенні лужно-базальтові породи; 13 – миколаївська світа: пісковики, сланці, вапняки; 14 – граніти; 15 – маркуючі горизонти вапняків; 16 – межі родовища; 17 – площа детальної розвідки; 18 – контур кар'єру; 19 – розломи (достовірні та ймовірні); 20 – лінія розрізу

На УЩ тіла доломітів і доломітизованих мармурів представлені лінзами і пластами (від 10–20 до 400 м) в товщах ранньодокембрійських гнейсів в Коростишівському (Негребівське родовище), Побузькому (Завалівське) районах і в Кривбасі (Криворізьке, Велика Глеюватка).

**Негребівське родовище** представлено пластоподібним покладом доломітових мармурів в товщі гнейсів і амфіболітів. Це середньозер-



нисті, масивні світло-сірі породи, місцями з дрібною темною вкрапленістю силікатних мінералів, придатні як один з компонентів шихти для виробництва скла, для содової промисловості, для мармурової крихти і вапнування кислих ґрунтів. Запаси за В+С<sub>1</sub> – 34,9 млн т, прогнозні ресурси 220–240 млн т. Серпентинізовані доломітові мармури і кальцифіри (запаси В+С<sub>1</sub> – 2,4 млн м<sup>3</sup>) придатні для облицювальних плит і блоків, а кальцифіри (3,8 млн м<sup>3</sup>) – для будівельного щебеню. Докембрійський комплекс перекривають кора вивітрювання, палеоген-неогенові глини і четвертинні суглинки потужністю 18–50 м (середня 30,5 м). Вихід конверторного доломіту незначний.

**Завалівське родовище** приурочене до хащувато-завалівської світи, де встановлено 10 лінзоподібних тіл доломіту потужністю 2,2–7,0 м, простежені за падінням на 140 м. Хімічний і мінеральний склад порід неоднорідний – від вапняних (кальцієвих) мармурів до мармурів доломітових. Мінеральний склад: доломіт (6–90 %), кальцит (0–30 %), магнезит (7–25 %), хімічний (%): SiO<sub>2</sub> – 4,93, MgO – 20,0, полуторних оксидів – 3,68; CaO – 30,49; в.п.п. – 40,82. Запаси доломіту 85 млн т, потужність покрівлі до 10 м.

В Кривбасі доломіти залягають серед сланців гданцевської світи, розвідані попутно на родовищах залізистих кварцитів (Криворізьке з запасами 111 млн т, Велика Глеюватка). В доломітових мармурах вміст Mg – 16–21 %, CaO – 28–34 %, SiO<sub>2</sub> – до 7 %. Якість сировини низька, переважає доломіт металургійний другого сорту і некондиційний. Родовища не розробляються.

На Волино-Подільській плиті відоме Завадівське родовище доломіту (девон), придатного тільки для доменного виробництва, прояви вапняків, мергелів, доломітів силуру в Придністров'ї, що можуть служити сировиною для цементної промисловості (басейни річок Збруч, Мукиш, Смотрич). В Рахівському районі Закарпаття розвідано Кузинське родовище доломіту для скляної промисловості, із запасами 56,5 млн т, ресурсами 221 млн т; відомо Росішанське родовище із загальними прогнозними ресурсами в 130 млн т, з них доломітових порід, придатних для виробництва доломіту – 26 млн т. На Тарханкутському півострові виявлені доломітизовані вапняки і доломіти сарматського віку (Першотравневе родовище) з прогнозними запасами сировини 3,5 млрд т.

## ФЛЮОРИТ

### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

Флюорит є комплексною сировиною широкого використання, його детальний опис було надано в розділі 2 (“Гірничохімічна сировина”), тут наводиться його характеристика лише як флюсової сировини для металургії. Залежно від вмісту фтористого кальцію флюоритові руди поділяються на власне плавиковошпатові (Са більше 30 %) і комплексні (Са менше 30 %), а за мінеральним складом – на кварц-флюоритові, карбонатно-флюоритові, польовошпат-флюоритові, флюорит-берилієві, флюорит-олов'яні, барит-флюоритові, топаз-флюоритові; ртутно-сурм'яно-флюоритові, флюорит-залізорудні, флюорит-олов'яно-вольфрамові тощо. Основним споживачем плавикового польового шпату є чорна й кольорова металургія, де використовується плавиковий шпат різних марок (табл. 52). Хімічний склад плавикового шпату, призначеного для металургійної промисловості, має відповідати вимогам, що наведені в табл. 53.

**Таблиця 52**

**Види й марки плавикового шпату та їх призначення (за ДСТ 7618-70)**

Призначення		Марка	Вид
Для отримання фтористих солей в алюмінієвій промисловості		ФФ-95А, ФФ-95Б, ФФ-92	ФФ – флюорит, концентрат флотаційний
Як флюос	При виплавлення сталей та сплавів спец. призначення	ФК-95А, ФГ-95А, ФО-95А	ФР – флюорит звичайний
	При виплавлення середньо- та низьколегованих сталей	ФК-92, ФГ-92, ФО-92	ФК – флюорит грудковий сортований
	При виплавлення якісних сталей	ФК-85, ФГ-85, ФО-85, ФК-75, ФГ-75	ФГ – флюорит, концентрат гравітаційний
	При виплавлення звичайної сталі	ФГМ-75, ФК-65, ФГ-65, ФР-55	ФО – флюоритові окатиші обпалені
Для збагачення (безпосередньо в металургії не використовується)		ФР-40, ФР-30, ФР-20	

**Таблиця 53**

**Вимоги до плавикових концентратів і руд для металургії**

Марки	СаF, %, не менше	Вміст домішок, у %, не більше			
		SiO <sub>2</sub>	CaCO <sub>2</sub>	S	P
ФФ-95А	95	1,5	2,0	0,2	0,1
ФФ-95Б	95	1,5	-	0,15	0,1
ФФ-92	92	3,0	3,0	0,2	-
ФК-95А, ФГ-95А, ФО-95А	95	1,5	-	0,15	0,1
ФК-92, ФГ-92, ФО-92	92	5,0	-	0,2	0,1
ФК-85, ФГ-85, ФО-85	85	10,0	-	0,3	0,3
ФК-75, ФГ-75, ФГМ-75	75	20,0	-	0,3	0,3
ФК-65, ФГ-65	65	30,0	-	0,3	0,3

ФР-55	55	Не нормується
-------	----	---------------

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Плавиковий шпат утворюється в результаті різних процесів (магматичних, пегматитових, карбонатитових, скарнових, гідротермальних, осадових) в широкому діапазоні температур. Він утворюється як у результаті високотемпературних (в асоціації з такими мінералами, як топаз, берил, каситерит, вольфраміт і літєвими слюдами), так і низькотемпературних гідротермальних процесів (сульфіди, кіновар, барит, кальцит, каолінит та інші низькотемпературні мінерали).

За походженням виділяють родовища гідротермальні, грейзенові, карбонатитові, пегматитові, залишкові [29]. За запасами вони поділяються на (млн т): дрібні – 0,5–2, середні – 2–5, великі – 5–1, унікальні – більше 10. За вмістом  $\text{CaF}_2$  розрізняють руди (%): багаті – більше 50, середні – 35–50, рядові – до 35.

Виділяється ряд рудних формацій: флюорит-слюдисто-берилієва, флюорит-бертрандитова, флюорит-карбонатна, флюорит-гематит-бастнезитова, флюорит-кіновар-антимонітова, флюорит-галеніт-сфалерит-халькопіритова (флюорит-поліметалічна), флюорит-кварцова, флюорит-польовошпатована тощо. Основне промислове значення мають флюорит-слюдиста, флюорит-поліметалічна й флюорит-кварцова формації.

## Родовища України

В Україні родовища флюориту відомі в зоні зчленування УЩ з ДДЗ (Покрово-Кириївське родовище, Докучаєвський, Каракубський, Новотроїцький прояви), на Поділлі (Бахтинське родовище, Новоселківський, Сказинецький, Посухівський, Перекоринський, Ізраїльський, Могилів-Подільський, Мільківський прояви), в Суцано-Пержанській зоні (прояв Центральний), в Кіровоградській зоні (Бобринецький, Компанієвський, Первозванівський прояви), в Приазов'ї (Константинопольський прояв) [16–18, 21–24, 36].

Балансові запаси плавикового шпату в Україні складають 3,9 млн т  $\text{CaF}_2$ , але власний видобуток флюориту поки що не ведеться, потреби України (до 60 тис. т на рік) задовольняються за рахунок імпорту із Таджикистану, Росії, країн Південно-Східної Азії.

**Покрово-Кириївське** родовище в Донецькій області приурочене до зони зчленування Донбасу та Приазовського мегаблоку на перетині субширотної та субмеридіональної зон розломів. Плавиковошпатові

руди сформувалися в результаті гідротермально-метасоматичних процесів у товщі вапняків нижньокам'яновугільних відкладів візейського й турнейського ярусів. Потужність розкривних порід від 80 до 190 м. Рудні поклади (Головний, Північний і Південний) мають лінзоподібну форму, розміри до 250 x 180 м, потужність від 4,4 до 70 м (середня 40 м), падіння 25–30° на захід, меридіональне простягання, згідне з породами, що вміщують. За мінеральним складом руди представлені двома типами: карбонатно-флюоритовими, що утворилися в результаті заміщення флюоритом вапняків із середнім вмістом Са 65 % (максимальний 95 %) і карбонат-польовошпат-флюоритовими – продуктом флюоритизації магматичних порід (середній вміст Са 45 %). Виділяються багаті карбонатно-флюоритові руди (73–83 % Са), які не потребують збагачення і придатні для одержання металургійних марок ФК-75, а також концентратів ФК-95 (Са 95 %) і ФК-85 (Са 85 %). Крім того, є руди рядові карбонатно-флюоритові (Са 38–71 %) і карбонат-польовошпат-флюоритові (Са 54,3 %), а також вивітрілі, що складають своєрідний "капелюх" над корінними рудами. Такі руди потребують збагачення флотаційним методом. Текстури руд масивні, смугасті, брекчиевидні, прожилкові. Плавиковий шпат дрібнокристалічний з індивідами до 1 мм, фіолетовий, рідше блідо-зелений. Характерна тісна асоціація з кальцитом. Руди вміщують також карбонати, альбіт, калішпат, кварц, серицит, хлорит, каолінит, кіновар, пірит, галеніт та ін. Запаси родовища за категорією С<sub>1</sub> складають 1927 тис. т руди (СаF<sub>2</sub> – 1231 тис. т), С<sub>2</sub> – 300 тис. т (СаF<sub>2</sub> – 167 тис. т). Родовище не розробляється.

**Бахтинське родовище** приурочено до однойменної палеодепресії на західному схилі УЩ, яка складена платформними відкладами рифею і мезокайнозою. Флюоритове зруденіння пов'язане з товщею ольчедаївських пісковиків, представлене субгоризонтальними покладами серповидної та ізометричної форми довжиною 4–9,4 км, шириною 1–3,5 км, глибина залягання – від 21,3 до 118,5 м. Поклади складаються з 20 рудних тіл середньою потужністю 0,75–1,45 м, розташованих кулісоподібно. Руди відносяться до флюорит-карбонатного типу, виділяють пластово-вкраплені і прожилкові різновиди. Основні мінерали – флюорит і кальцит, рідше – кварц, дикіт, пірит. Текстури руд переважно рівномірно вкраплені. Руди бідні, комплексні, без шкідливих домішок, вміст флюориту від 11,1 до 40,8 % (в середньому 17,1–20,6 %). Середній мінеральний склад (%): кварц – 54,9, калієвий польовий шпат – 18,4, флюорит – 14,20, плагіоклаз – 3,5, кальцит – 2,7, глинисті й гідрослюдисті мінерали – 5,3. Промислове значення мають флюорит, польовий шпат і кварц, з яких можна отримувати високоякісний флюоритовий, керамічний польовошпатовий, кварц-

польовошпатовий і кварцовий концентрати. Запаси за категорією С<sub>1</sub> складають 4,2 млн т руди (СаF<sub>2</sub> – 0,6 млн т), С<sub>2</sub> – 13710,3 тис. т (СаF<sub>2</sub> – 1920,8 тис. т), перспективні ресурси руди категорії Р<sub>1</sub> – 10,8 млн т.

На північному заході території УЩ рідкіснометально-флюоритова мінералізація (**прояв Центральний**) приурочена до грейзенізованих кварц-слюдистих сланців, мігматитів і сієнітів Суццано-Пержанської зони, представлена тілами пласто- та лінзоподібної форми, потужністю від перших сантиметрів до 25 метрів. Основні мінерали – флюорит, циркон, циртоліт, бастнезит, паризит, монацит, ксенотим. Флюорит утворює гнізда та прожилки у кварц-польовошпатовій масі, його вміст змінюється від перших відсотків до 53,8 % (середній 28 %). Він зазвичай вміщує біля 0,5 % Y і TR. Ресурси ітрій-флюоритових руд за категорією Р<sub>2</sub> складають 4 млн т, ресурси польовошпатового концентрату – 1,8 млн т. Вміст Са у гніздово-вкраплених та вкраплених рудних тілах – 11–39 % при потужності 0,8–24 м.

## СТАВРОЛІТ

Головні типи родовищ ставроліту: корінні (ставролітові сланці), розсипи, він видобувається в США, Австралії, Бразилії, Шрі-Ланці та ін. Ставролітовий концентрат використовується лише на деяких металургійних заводах України (Макіївський, Криворізький та ін.), його використання стримується відсутністю мінерально-сировинної бази, хоча в Україні відомі прояви ставролітвміщуючих порід – неогенові морські розсипи (Малишівське родовище) і докембрійські пластові поклади ставролітвміщуючих сланців (Осипенківське родовище).

**Малишівське родовище** залягає в товщі морських пісків неогену, звідки разом з концентратами рутилу, ільменіту, циркону, дистен-силіманіту вилучається і ставролітовий концентрат (в 2002 р. – 71 тис. т ставроліту). Запаси ставроліту (А+В+С<sub>1</sub>) становлять 1586 тис. т.

**Осипенківське родовище** приурочене до центральної частини Сорокинської зони, де виділяється серія пластових тіл сумарною потужністю 55–220 м, збагачених ставролітом (середній вміст 19,6–21,9 %). Ставролітові сланці складаються з кварцу, плагіоклазу, ставроліту, біотиту, силіманіту, гранату, андалузиту, мусковіту, дистену; акцесорних (циркон, турмалін, кордієрит). Прогнозні ресурси за категоріями С<sub>2</sub>+Р<sub>1</sub> до глибини 300 м оцінюються в 25 млн т ставроліту, Р<sub>3</sub> – 400–460 млн т руди або 90–96 млн т ставроліту. Збагачення сланців магнітною сепарацією і флотацією просте й економічне.

## ВОГНЕТРИВКА СИРОВИНА

Для виробництва вогнетривких матеріалів використовуються різні неметалічні корисні копалини: кварцити і кварцові пісковики, кварцові піски, вогнетривкі глини, доломіт, графіт, магнезіальна сировина та ін. – в залежності від умов використання вогнетривкого матеріалу і від вимог до його якості [27, 28, 38, 39, 49]. Найпоширенішими вогнетривками є шамотні: близько 70 % усіх вогнетривів припадає на їх частку. Значну кількість вогнетривких матеріалів одержують шляхом обпалювання доломіту, а також подрібненого дуніту, серпентиніту, олівініту та інших магнезіально-силікатних порід (форстеритові вогнетриви).

До вогнетривкої сировини відносять гірські породи, що використовуються для виробництва вогнетривких виробів, які зберігають свою механічну міцність, форму та розмір під дією високих температур. Головною властивістю цих виробів є вогнетривкість – здатність протистояти дії високих температур без плавлення. Вона визначається температурою, при якій стандартний зразок (конус Зейгера) з випробовуваного матеріалу, схилившись у результаті розм'якшення, торкнеться своєю вершиною поверхні підставки. Вогнетривкі матеріали поділяються на вогнетривкі (температура розм'якшення 1580–1770° С), високовогнетривкі (1770–2000°) і вищої вогнетривкості (понад 2000°).

Вогнетривкий матеріал застосовують у вигляді вогнетривких виробів (цегла, фасонні й великоблочні вироби) та мертелів (порошки різного ступеня подрібнювання, пластичні маси й рідкі суміші). Якість вогнетривких виробів регламентується державними стандартами та технічними умовами залежно від мети їхнього застосування в різних галузях промисловості: металургійній, машинобудівній, коксохімічній, цементній, скляній, керамічній та ін. Значну частину вогнетривких матеріалів (близько 60 %) споживає металургійна промисловість, чорна та кольорова.

За хімічним і мінеральним складом виділяють кремнеземисті (кварцові та диносові), алюмосилікатні (напівкислі, шамотні, високоглиноземисті), магнезіальні (магнезитові, доломітові, форстеритові, шпінелеві), хромітові (хромітові, хроммагнезитові, магнезито-хромітові), вуглецеві (графітові, коксові), цирконієві (баделейтові, цирконієві) карбідні та нітридні (карборундові), оксидні вогнетривкі матеріали.

Різні види вогнетривких матеріалів використовуються залежно від фізико-механічних і фізико-хімічних властивостей вихідної сировини. Так, диносові вогнетриви застосовують для будівництва та ремонту коксових, скловарних і меншою мірою сталеплавильних печей. Напівкислі та шамотні вогнетривкі матеріали загального призначення використовуються для футерування паровозних і котлових топків, нагрівальних, випалювальних і плавильних печей та для інших цілей. Ша-

мотні, багатошамотні щільні вогнетриви застосовуються для будівництва доменних печей, кесонів і мартенівських печей, футерування сталерозливних ковшів і вагранок, будівництва керамічних печей, футерування цементних і вапнякових печей. Високоглиноземисті вогнетриви застосовуються для кладки подин доменних печей, футерування кесонів мартенівських печей, викладення ванн сталеплавильних печей та інших цілей.

Магнезитові, магнезито-хромітові та хромомагнезитові вогнетривкі матеріали використовуються для будівництва та футерування сталеплавильних печей і конверторів, будівництва високотемпературних тунельних печей, футерування зон спікання цементних обертових і шахтних печей. Форстеритові вогнетриви застосовують для насадження регенераторів мартенівських печей.

## КВАРЦИТИ, КВАРЦОВІ ПІСКОВИКИ

### Загальні відомості

Кварцит, кварцовий пісковик широко застосовуються в промисловості як високо-кремнеземиста вогнетривка сировина. Основним мінералом цих порід є кварц, що має високу вогнетривкість і стійкість до дії більшості з кислот і лугів.

Кварцові пісковики – породи, що утворилися в результаті діагенезу (ущільнення й цементації) кварцових пісків. Значну роль у перетворенні пухких кварцових пісків на тверду породу – пісковики – відіграє цемент, матеріал, що заповнює простір між зернами. Пісковики з добре розкристалізованим кременистим цементом називаються кварцитоподібними. Утворення кварцових пісків відбувалося, ймовірно, у прибережній частині водних басейнів і басейні річок у результаті нагромадження продуктів руйнування гранітоїдів та інших порід в стабільних умовах континентальних платформ. Вони зазвичай складають витримані горизонти й шари.

В результаті метаморфічних змін під впливом високих температур і тиску кварцові пісковики перетворюються на кварцити – щільну кремнеземисту породу із заїдливим чи раковистим зламом, в якій уламки й цемент макроскопічно нерозрізнені. Кварцитами називаються також метасоматичні породи кременистого складу, які виникли в результаті заміщення кремнеземом карбонатних порід. Під дією гідротермально-метасоматичних змін порода перетворюється на вто-

ринні кварцити, в яких, крім кварцу, присутні серицит, алуніт, пірофіліт, каолініт, андалузит, діаспор, а також гематит, топаз, корунд, рутил, пірит та ін. У промисловому виробництві всі породи, що застосовуються для виготовлення динасу (кварцити, кварцові пісковики), називають кварцитами. Серед них виділяють кварцити кристалічні (безцементні) та аморфні (цементні). Для виготовлення динасу іноді застосовують жильний кварц, кварцовий пісок і породи, що складаються з халцедону.

Властивості кварцитів і кварцових пісковиків визначаються чистою їх хімічного складу, щільністю, структурою та іншими чинниками. Кварцові, кварцитоподібні пісковики й кварцити характеризуються великим вмістом  $\text{SiO}_2$ , що сягає 95,99 %. Важливою їх властивістю є також висока вогнетривкість – до 1710–1770°C. Механічна міцність пісковиків залежить від ступеня їх ущільнення та змінюється в дуже широких межах: найбільш міцні мають опір стисненню  $1000\text{--}1500 \cdot 10^5$  Па. Густина пісковиків змінюється від 2,5 до 2,8 г/см<sup>3</sup>, водовбирання – від 0,36 до 3,19 %.

Кварцити, порівняно з пісковиками, мають більшу щільність і міцність. Опір стисненню у кварцитів, як правило, знаходиться в межах  $1000\text{--}1400 \cdot 10^5$  Па, сягаючи в деяких випадках  $4500 \cdot 10^5$  Па. Пористість переважної більшості кварцитів після обпалення при високій температурі збільшується, що знижує стійкість їх до механічної та хімічної дії. Якісні кварцити після обпалення при температурі близько 1400°C не кришаться й не розтріскуються, маючи ступінь водовбирання, що не перевищує 3–4 %, і пористість 9–10 %. За значенням пористості кварцити поділяються на чотири групи (табл. 54).

**Таблиця 54**

**Класифікація кварцитів за значенням пористості**

Група	Водопоглинення, %	Пористість, %
<b>Дуже щільні</b>	До 0,5	До 1,2
Щільні	0,5–1,5	1,2–4,0
Пористі	1,5–4,0	4,0–10,0
Дуже пористі	Понад 4	Понад 10,0

**Галузі використання і вимоги до сировини**

Пісковики та кварцити широко використовуються в ряді галузей промисловості, найбільше у виробництві динасу, але також служать сировиною для виробництва силікосплавів і елементарного кремнію, застосовуються як флюс. У великих кількостях пісковики й кварцити



використовуються для будівництва, крім того, з них виготовляють дефібрерні камені й жорна, гострильні камені й бруски, кислототривкі матеріали, що використовуються в хімічній промисловості. Вільні від домішок і слабозцементовані кварцові пісковики застосовуються як сировина для варива скла.

Динас, вогнетрив, що виготовляється з кварцитів і кварцових пісковиків, має містити не менше 93 %  $\text{SiO}_2$ . Головною його властивістю є здатність витримувати навантаження при температурі до 1550–1650° без деформацій. Динас високої якості може зберігати достатню стійкість навіть при температурі 1700°, що вигідно відрізняє його від шамотних виробів. При вивченні кварцитів як сировини для вогнетривів досліджують швидкість переродження кварцу у високотемпературні модифікації – тридиміт і кристобалит. "Аморфні" кварцити й пісковики, що містять халцедон, перероджуються швидше. Хімічний склад динасу має бути витриманим у таких межах:  $\text{SiO}_2$  – 92–98,5 %;  $\text{TiO}_2$  – до 2,0 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,1–2,5 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,2–2,5 %;  $\text{CaO}$  – 0,2–3,0 %;  $\text{MgO}$  – до 0,7 %. Вимоги до якості динасових вогнетривів, які застосовуються в чорній металургії, наведені в табл. 55.

Ливарне виробництво висуває жорсткі вимоги до хімічного складу кварцової сировини, який повинен вирізнятися високим вмістом кремнезему (не меншим 95–97 %) і низьким – шкідливих домішок – оксидів заліза, алюмінію й кальцію.

За ступенем пористості кварцити поділяються на чотири групи. Найбільш цінною сировиною для виробництва динасу є щільні та дуже щільні кварцити. У чорній металургії вони використовуються як вогнетривка сировина для виробництва динасу, силікосплавів, чистого кремнію, а також як флюс.

Як флюси кварцити використовуються при плавці мідних і нікелевих концентратів з метою переведення в шлак заліза, що міститься в них. Залежно від способу плавки кварцити мають містити не менше 85 %  $\text{SiO}_2$ . Шкідливими домішками є глинозем, оксиди заліза (вміст  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  не повинен перевищувати 1–5 %), вапно й магnezія.

**Таблиця 55**

**Вимоги до якості динасових вогнетривів для металургії**

Показники	Для динасу ДСТ 9854-81		Для феросплавів			
			ТУ 14-5-140-82		ДСТ 1449-80	
	Норми		Норми			
	К-98	К-97	ОКФ-1	ОКФ-2	КФ	КЩ
$\text{SiO}_2$ , не менше	98,0	97	97,0	96,0	97,0	96,0
$\text{Al}_2\text{O}_3$ , не більше	1,1	1,6	1,8	1,8	1,1	1,8
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ , не більше	0,6	0,7	-	Не нормується		-

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Не нормується	-	0,2	0,03
-------------------------------	---------------	---	-----	------

### Економічні відомості

Кварцити і кварцитоподібні пісковики широко поширені в багатьох країнах світу (Іспанії, Італії, Польщі, Австрії, Норвегії, Південній Кореї, Китаї, Бразилії, Німеччині, Казахстані, Росії та ін.), які одночасно є основними продуцентами цієї мінеральної сировини. Річна світова продукція кремнезему оцінюється в 120–150 млн т. Ціна кварцових пісків коливається від 14 до 44 \$/т, пісків для металургійного флюсу – 7–8 \$/т, формувальних пісків – 75–80 \$/т [53].

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

**Осадкові родовища пісковиків.** За умовами формування всі родовища пісковиків відносяться до осадкових. Усі вони утворюються внаслідок цементації рихлого уламкового матеріалу (піску). Умови цементації, однак, є різними, й цемент може бути первинним або вторинним.

Первинний цемент – це тонкий матеріал, що заповнює проміжки між уламковими зернами та є сингенетичним до останніх. Первинна цементація відбувається при діагенезі осадків і виявляється в їх ущільненні та перетворенні тонкодисперсної цементуючої речовини шляхом старіння колоїдів, перекристалізації, виникнення стійких сполук за рахунок нестійких і таке інше. Такі пісковики, як правило, залягають у вигляді пластів або лінзоподібних тіл, що за формою відповідають заляганню осадків, за рахунок яких вони утворилися. Серед них найбільш поширені пластові родовища морського походження, що характеризуються відносно витриманими потужністю та якістю.

Вторинний цемент утворюється за рахунок відкладення речовини вже після осадконакопичення та консолідації кластичного матеріалу, тобто є епігенетичним. Формування вторинного цементу часто відбувається з метасоматичним заміщенням первинного діагенетичного цементу, а іноді й заміною самих уламків зерен кремнезему на кальцит або оксиди заліза. Вторинний цемент частіше за все представлений кремнеземом, карбонатом кальцію й оксидами заліза, тобто за складом може бути таким самим, як первинний. Для покладів пісковиків із вторинним цементом характерними є складні лінзоподібні форми з нерівними контурами та наявними переходами до рихлих пісків і пісковиків, зцементованих первинним цементом, що пов'язано з розгалуженням шляхів проникнення розчинів, які спричинили вторинну цементацію.

**Метаморфогенні родовища кварцитів.** Усі родовища кварцитів відносяться до метаморфогенних. Найпоширенішими є родовища, що утворилися на початкових стадіях регіонального метаморфізму пісковиків. Такі родовища залягають серед різноманітних метаморфічних порід: глинистих, хлоритових, кременистих та інших сланців переважно докембрійського та ранньопалеозойського віку. Однак, вони зустрічаються також і серед молодших метаморфічних товщ. Для них характерна велика потужність пластів зі значною протяжністю. Родовища цього типу мають велике промислове значення.

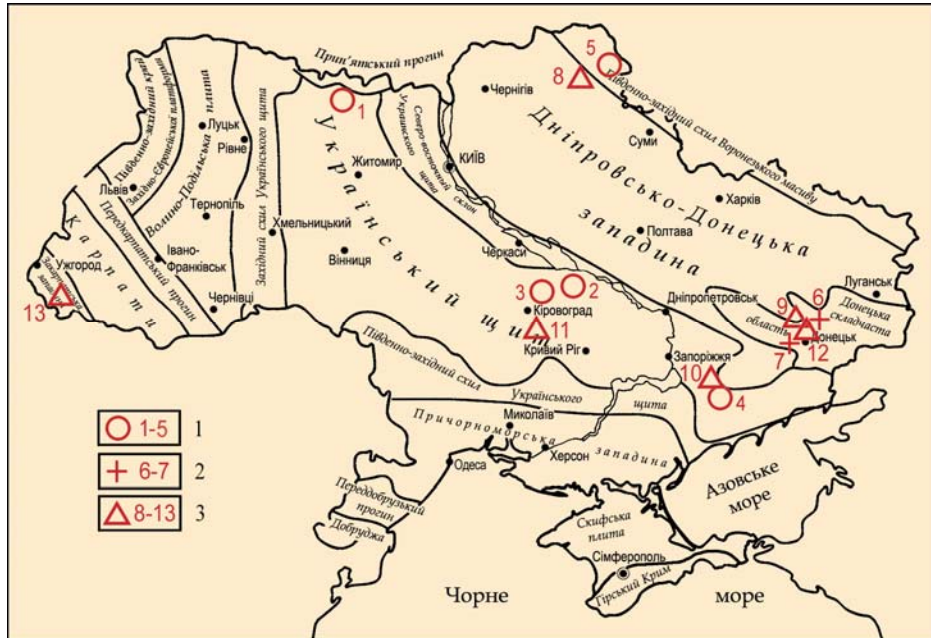
Утворення кварцитів відбувається також за рахунок дії на вапняки кремнекислих розчинів, що спричиняють метасоматичне заміщення кальциту на кремнезем. Родовища такого типу мають іноді велике площинне поширення та значну потужність, але зустрічаються досить рідко. Часто родовища кварцитів, що утворилися при метасоматичному перетворенні вапняків, характеризуються порівняно невеликими розмірами й є дуже невитриманими за складом.

Кварцити можуть також утворюватися внаслідок гідротермально-метасоматичних перетворень кислих і середніх ефузивів і туфів. Однак зустрічаються також кварцити, що утворені за рахунок гідротермально-метасоматичного перетворення кислих інтрузивних порід. Кварцити цього типу називають вторинними. Для родовищ вторинних кварцитів характерне залягання у вигляді значних масивів, розміри яких сягають декількох кілометрів, однак якість кварцитів вельми мінлива, унаслідок чого промислове значення мають лише окремі ділянки масивів, складені кондиційними різновидами.

Кварцити і кварцитоподібні пісковики широко поширені в багатьох країнах світу (Іспанії, Італії, Польщі, Австрії, Норвегії, Південній Кореї, Китаї, Бразилії, Німеччині, Казахстані, Росії та ін.), які одночасно є основними продуцентами цієї мінеральної сировини.

## Родовища України

На Держбалансі корисних копалин України стоїть 4 родовища кварцитів (Овруцьке і Товкачівське в Житомирській області, Мало-скелюватське в Кіровоградській, Васильківське в Дніпропетровській) із запасами за категорією  $A+B+C_1$  174 млн т,  $C_2$  – 7,3 млн т (3 розробляються) і одне кварцитоподібного пісковику (Баницьке в Сумській області), яке розробляється, із запасами за категоріями  $A+B+C_1$  9,6 млн т,  $C_2$  – 0,3 млн т (рис. 46). Прогнозні ресурси цієї сировини складають 2,5 млрд т. У 2002 р. було видобуто кварцитів – 1219 тис. т, кварцитоподібних пісковиків – 72 тис. т.



**Рис. 46. Схема розташування родовищ кварцитів, кварцитоподібних пісковиків, кварцових пісків [33]**

1 – кварцити та кварцитоподібні пісковики (1 – Овруцьке, Товкачівське; 2 – Малоскелюватське; 3 – Іванівське; 4 – Васильківське; 5 – Баницьке, Мацківське); 2 – кварцові піски для вогнетривів (6 – Різниківське; 7 – Красногорівське); 3 – глини вогнетривкі (8 – Глухівське; 9 – Часов-Ярське, Попаснянське; 10 – Пологівське; 11 – Кіровоградське; 12 – Новорайсько-Дружківська група; 13 – Закарпатська група)

**Овруцьке родовище** знаходиться в Овруцькому районі Житомирської області, представлено кварцитами овруцької серії, які складають потужні пласти з прошарками і лінзами пірофілітовміщуючих кварцитів і сланців серед метаморфізованих порід. Потужність продуктивної товщі 38–110 м, в середньому 70 м, вона підстеляється пачкою некондиційних кварцитів, придатних для виробництва будівельного щебеню, перекривається глинистими пісками четвертинного віку (до 8 м). Кварцити – це масивна кварцова порода рожевого, рідше сірого, бурувато-сірого кольору, складена кварцом (93–95 %), уламками кварцового порфіру (2–3 %), пірофілітовою глинистою речовиною (1–2 %) та окисними залізистими виділеннями. Хімічний склад кварцитів (%):  $\text{SiO}_2$  – 91,77–99,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,74–5,47,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,9–3,68. Кварцити високої якості, в основному використовуються як вогнетривка сировина та для виробництва феросплавів. Річний видобуток складає 2,3–2,5 млн т, у тому числі близько 1,5–1,8 млн т йде для виробництва феросплавів і 0,3–0,4

млн т – для динасових вогнетривів. Сировина поставляється десяткам металургійних заводів України, Росії, Грузії.

**Товкачівське родовище** має подібну будову, тут видобувається 231 тис. т сировини, яка поставляється на Червоноармійський динасовий і Запорізький феросплавний заводи, експортується до Словаччини. В цьому ж районі є Білорівницьке родовище кварцитів, законсервоване у зв'язку з аварією на ЧАЕС.

**Малоскелюватське родовище** знаходиться на північному сході Кіровоградської області. Воно складено кварцитами, якість яких ( $\text{SiO}_2$  95,5–99,5 %) повністю відповідає вимогам, які висувають до сировини для виробництва феросплавів, але непридатні для виробництва динасу. Запаси родовища дорівнюють 15 млн т. Однак, запаси знаходяться в санітарно-охоронній зоні газопроводу, частково – села.

**Васильківське родовище** представлено пластоподібним крутозалягаючим покладом кварцитів темрюцької світи протяжністю 2 км, потужністю до 100 м. Кварцити світло-сірі і сірі, нерівномірностерні, містять невеликий домішок альмандину і плагіоклазу. Середній вміст  $\text{SiO}_2$  в них не вище 96,0–96,5 %,  $\text{FeO}$  – не менше 2,0 %. Вони придатні для всіх видів сировини, що використовується в металургії. До глибини 150 м можливі запаси кварцитів складають 60 млн т, запаси динасових кварцитів – 26 млн т. Родовище розробляється трестом „Дніпроагродорбуд” з річною продуктивністю 70 тис. т.

**Баницьке родовище** знаходиться в Глухівському районі Сумської області. Корисною копалиною є кварцитоподібні пісковики (вміст  $\text{SiO}_2$  близько 99 %), які залягають у вигляді лінзоподібних пластів серед кварцових пісків бучацької світи палеогену. Сумарна потужність пісковиків коливається від 0,1 до 18,5 м. Вони мають такий хімічний склад:  $\text{SiO}_2$  – 96,9–99,87 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,01–1,28 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,02–0,72 %,  $\text{CaO}$  – 0,1–0,14 %. Якість пісковиків відповідає вимогам для виробництва металічного кременю та високоякісних феросплавів. Річний видобуток 105 тис. т (проектний 250–300 тис. т).

В 5 км від Баницького розміщене Мацківське родовище, аналогічне йому за кількістю і якістю запасів. Перспективні ділянки на виявлення нових об'єктів для виробництва динасу і інших продуктів знаходяться в Оріхово-Павлоградській зоні, в Овруцькому і Олевському районах Житомирської області, в Донбасі (Севаст'янівська площа).

**Іванівське родовище кварцитів**, на якому завершується попередня розвідка, розташоване в Кіровоградській області, представлено крутопадаючим пластом світлих безрудних кварцитів, що залягають в покрівлі магнетитових кварцитів. Середня потужність пласта 50–60 м, потужність пухкої покрівлі 24–68 м. Запаси до глибини 70 м за категоріями  $\text{C}_2 + \text{P}_1$  складають 100 млн т.

## КВАРЦОВІ ПІСКИ

Для поліпшення якості динасових вогнетривів до шихти додають мономінеральні кварцові піски в невеликій кількості (5–7 %). Для цієї мети використовуються металургійні піски Красногорівського та Різниківського родовищ (Донецька обл.).

**Красногорівське родовище** представлено товщею кварцових пісків полтавської світи неогену потужністю 2,4–16,3 м (середня 8,1 м), потужність покривних товщ 8,1 м. Хімічний склад пісків (%):  $\text{SiO}_2$  – 95,0–99,8;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,2–4,18;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,05–0,4;  $\text{MgO}$  – 0,5–0,38;  $\text{CaO}$  – 0,8;  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  – 0,08–1,99;  $\text{SO}_3$  – 0,05–0,1. Запаси складають 4 млн т (В+С<sub>1</sub>). Родовище експлуатується з 1946 р., піски вживаються при виробництві динасових вогнетривів, мертелів.

**Різниківське родовище** за будовою подібне до Красногорівського. Запаси складають 2,8 млн т (В+С<sub>1</sub>). Розробляється ВАТ „Сивірський комбінат”. Піски використовуються при виготовленні динасових вогнетривів, теплоізоляційних вкладишів та інших виробів, мулітокремнеземистого волокна, легковагових вогнетривких матеріалів. Запаси вогнетривких пісків Красногорівського і Різниківського родовищ по В+С<sub>1</sub> становлять 6,8 млн т, причому в 2002 з них було видобуто всього 5 тис. т. Україна експортує незначну кількість кварцових пісків для вогнетривів (до Росії та ін.).

Для нарощування бази кварцових пісків розглядається можливість розвідки і експлуатації об'єктів на Савастянівській площі в Донбасі, де прогнозні ресурси кварцової сировини оцінюються в 26 млн т. Перспективним є також використання як вогнетривкої сировини високосортних кварцових пісків, що видобуваються попутно на розсипному Малишівському родовищі.

## ВОГНЕТРИВКІ ГЛИНИ

### Загальні відомості

Глинами називають пластичні незцементовані гірські породи, складені, головним чином, глинистими мінералами. У глинистих породах переважають частки розміром 0,01–0,001 мм, частки розміром менше 0,001 мм присутні в кількості не більше 25–30 %. За мінеральним складом розрізняють глини каолінітові, гідрослюдисті, монтморилонітові, палигорськітові, бентонітові та полімінеральні. Вогнетривкі

глини як сировину використовують не тільки в металургії, але й у виробництві електрокераміки та тонкої кераміки, синтетичного каучуку, у хімічній, скляній та в багатьох інших галузях промисловості.

## Галузі використання і вимоги до сировини

У чорній металургії вогнетривкі глини використовуються, головним чином, для виробництва вогнетривів завдяки такій найважливішій властивості, як вогнетривкість (здатність зберігати форму під дією високих температур). Глиниста сировина залежно від вогнетривкості поділяється на такі групи 1) вогнетривкі – вище 1580°C; 2) тугоплавкі – 1350–1580°C; 3) легкоплавкі – менше 1350°C [12, 46].

Вогнетриви з алюмосилікатної сировини (ДСТ 1446-79) поділяються на напівкислі, з вмістом  $Al_2O_3$  менше 28 %, шамотні ( $Al_2O_3$  28–45 %) і високоглиноземисті ( $Al_2O_3$  більше 28%). Напівкислі вогнетриви виготовляються з глин чи каолінів, пісних внаслідок обробки кварцовими матеріалами. Вони застосовуються у печах для виплавки кольорових металів, в коксових, мартенівських, склоплавильних печах тощо.

До шамотних вогнетривів відносять вироби, що виготовляються із суміші шамоту з глиною чи каоліном, які можуть знаходитись у різних співвідношеннях. Шамот – це обпалена до спікання вогнетривка глина чи каолін. Здрібнений шамот призначений для зменшення пластичності та усадки при спіканні вогнетривкої глини при виробництві з неї шамотних вогнетривів. Залежно від кількості шамоту, що вводиться до шихти, розрізняють вироби безшамотні та малошамотні (20–30 % шамоту), шамотні (30–80 %) і багатошамотні (більше 80 %). Шамотні вироби мають значну термостійкість, високі вогнетривкість і шлакостійкість. Саме тому шамотні вироби застосовують для кладки багатьох промислових теплових агрегатів, для футерування доменних печей, повітрянагрівачів і чавуновозних ковшів у виробництві чавуну, для кладки деяких елементів нижньої будівлі мартенівських печей у сталеплавильному виробництві тощо.

Загальні технічні вимоги до глинистої сировини для виробництва вогнетривів не встановлені, якість глин регламентується відомчими технічними умовами. Основними вимогами є: висока вогнетривкість, яка залежить від кількості  $Al_2O_3$ , і низький вміст  $Fe_2O_3$  (2,2–5,5 %). Вважається, що вміст  $Fe_2O_3$  у глинах першого сорту не повинен перевищувати 1,5–3,5 %. Для ливарного виробництва також не існує чітких стандартів щодо глинистої сировини. Вони змінюються залежно від умов застосування.

## **Економічні відомості**

Узагальнена інформація про світові ресурси, запаси, видобуток і споживання вогнетривких глин відсутня. Країни СНД володіють запасами вогнетривких глин в декілька мільярдів тонн, з яких більше половини зосереджено в Росії, третина – в Україні; порівняно невеликі запаси виявлені в Казахстані, Білорусі, республіках Закавказзя і Таджикистані. Найкрупніші родовища вогнетривких глин приурочені до озерних і озерно-болотних відкладів (Часов-Ярське в Україні, Латненське в Росії). Менш масштабний, але достатньо широко поширений прибережно-морський тип вогнетривких глин (Кур'їнське родовище в Росії).

## **Генетичні та геолого-промислові типи родовищ**

Відомо три основні генетичні типи родовищ вогнетривких глин: елювіальний (вивітрювання), осадовий, гідротермально-метасоматичний. Промислове значення мають перші два типи родовищ.

Глини за своїм походженням поділяються на первинні й вторинні. Первинні утворюються, головним чином, при вивітрюванні збагачених польовими шпатами магматичних і метаморфічних порід (гранітів, пегматитів, гнейсів та ін.). Найбільш високоякісні глини, з низьким вмістом барвних оксидів, утворюється при вивітрюванні кислих вивержених порід (гранітів, аплітів, пегматитів); малозалізистих безкварцових алюмосилікатних порід (метаморфічних слюдистих сланців, піщано-глинистих та ін.). Форма покладів площинна, потужність непостійна, досягає декількох десятків метрів. Каолін, як правило, є головним мінералом. Присутні також гідрослюди, галуазит, залишковий кварц (до 60–70 %) і змінений польовий шпат. Вогнетривкість первинного каоліну досягає 1750–1780°C. Вторинні каоліни є продуктом природного відмудлювання первинних, відкладених у водних басейнах у формі шарів і лінз. Поклади вторинних каолінів мають велику й невитриману потужність (до 15–20 м і більше, мінімальна промислова – не менша 1 м).

## **Родовища України**

Україна має великі запаси вогнетривких глин, родовища яких розвідані в межах Донбасу, УЩ, ДДЗ, в Карпатах [2, 15, 26, 30, 32, 37, 40–42, 44]. Держбалансом враховані запаси по 16 родовищах вогнетривких глин (Андріївське, Веселівське, Девладівське, Затишанське, Крас-



нопільське, Новопетрівське, Новорайське, Озернянське, Жовтневе, Первозванівське, Пологівське, П'ятихатське, Саксаганське, Часов-Ярське, Шостаківське, Південножовтневе), і 4 комплексним родовищам, які дорівнюють 859 млн т ( $A+B+C_1 - 487$ ,  $C_2 - 372$ ). Розробляються 12 родовищ, видобуток у 2003 р. склав 3,9 млн т. Ще 5 родовищ і 3 ділянки з запасами 345,6 млн т не враховано балансом. Крім того, є декілька родовищ, оцінених лише попередньо з перспективними ресурсами 681 млн т. Родовища розміщені в Дніпропетровській (4 родовища, 1 розробляється); Донецькій (12 родовищ, 10 розробляється); Запорізькій (1); Кіровоградській (1); Сумській (1); Черкаській (1) областях.

Основним районом розвитку вогнетривких глин є Донбас, де розвідано 11 родовищ, 9 з яких розробляються (Кіровоградське, Часов-Ярське, Новорайське, Октябрське, Торецьке, Андріївське, Веселівське, Новошвейцарське, Новооктябрське, Пологівське, П'ятихатське). На УЩ відомі родовища: Кіровоградське, Шостаківське, Івано-Благодатнівське, Кам'янецьке, П'ятихатське, Саксаганське, Веселі Терни, Новопетрівське, Девладівське, Пологівське, Володимирівське.

За мінералогічним складом вогнетривкі глини відносяться до двох типів: гідрослюдисті (Часов-Ярське, Новорайське, Дружківське); каолінітові (П'ятихатське, Кіровоградське, Озернянське, Глухівське).

У межах північно-західної окраїни Донбасу розташована група родовищ пластичних вогнетривких і тугоплавких глин: Часов-Ярське, Дружківське, Новорайське, Веселівське, Октябрське. Глини цих родовищ мають унікальні властивості: високу дисперсність і пластичність, в'язучу здатність, низький вміст барвних оксидів, низьку температуру та великий інтервал спікання. У нижніх частинах покладів переважає каолінит, угору по розрізу збільшується вміст змішановерстуватих мінералів, у верхніх горизонтах переважає гідрослюда. Основним споживачем донбаських глин є підприємства чорної й кольорової металургії, які використовують їх як вогнетривку сировину.

**Родовище Часов-Ярське** представлено пластовим покладом вогнетривких глин потужністю від 0,5 до 15 м. Продуктивний поклад в полтавській світі має потужність 0,3–15 м, іноді до 60 м (середня 3–8 м). Глибина покрівлі 1–40 м. Якість глин Часов-Ярського (як і Веселівського і Новорайського) родовища є унікальною. Глини мають високу пластичність і в'язучу здатність, невелику кількість барвних оксидів, температуру спікання в межах 1580–1730°C. Їх склад:  $SiO_2 - 14,9-36,7 \%$ ,  $Al_2O_3+TiO_2 - 22-35 \%$ ,  $Fe_2O_3 - 0,4-3,0 \%$ . Запаси родовища на незабудованій території біля 40 млн т. Родовище розробляють 5 рудників. Глини використовуються здебільшого для виробництва вогнетривів, у машинобудуванні, у нафтовій промисловості, кращі сорти – у фарфоро-фаянсовій, електротехнічній, електронній та іншій галузях

промисловості. В цьому ж районі розміщені Попаснянське, Артемівське, Курдюмівське, Карлівське, Віролюбівське, Донське родовища.

На **Новорайському родовищі** продуктивний шар, який залягає в полтавській світі, має потужність 0,1–5,85 м. Він складається з чотирьох горизонтів глин, з яких третій горизонт (до 4 м потужності) складений високоякісними сортами світло-сірих піскуватих, строкатих піскуватих, сірих високоякісних глин, що характеризуються високою пластичністю, в'язучою здатністю, низькою температурою спікання (до 1200°) і високою вогнетривкістю (до 1710°C). Їх склад –  $Al_2O_3 + TiO_2$  – 13–35 %;  $Fe_2O_3$  – 1,3–3,0 %. Потужність покрівлі 0,1–56 м. В цьому ж районі знаходяться Жовтнєве і Андріївське родовище. Прогнозні ресурси району значні (до 150 млн т).

Продуктивна товща **Веселівського родовища**, яке приурочено до південно-західного крила Дружківсько-Костянтинівської антиклінали, має потужність 1,5–6,5 м, складена п'ятьма горизонтами вогнетривких і тугоплавких (верхній горизонт) глин. Середня потужність покрівлі 13,5 м. Глини високих сортів, можуть використовуватися для виробництва високоякісного фарфору і кераміки. В цьому ж районі розміщені родовища Новошвейцарське, Дружківське, Андріївське, Абрамівське, Тройчате, Грузьке, Октябрське.

В Приазовському мегаблоці УЩ знаходяться Пологівське і Володимирівське родовища.

Вогнетривкі глини та вторинні каоліни **Пологівського родовища** залягають у вигляді пластів у відкладах полтавської світи: глина складає нижню частину пласта, каолін – верхню. Якість вогнетривких глин і каолінів родовища є високою ( $SiO_2$  – 48–56 %;  $Al_2O_3$  – 26–37 %;  $Fe_2O_3$  – 1,2–2,5 %;  $CaO$ ,  $MgO$  і лужні елементи – у невеликій кількості), вогнетривкість коливається в межах 1650–1770°. Глини й каоліни Пологівського родовища широко використовуються при виготовленні вогнетривких і керамічних виробів, у ливарному виробництві та багатьох інших галузях. Річний видобуток дорівнює 804 тис. т.

**Володимирівське** родовище вторинних каолінів представлено пластоподібним покладом каоліну у складі міоценових піщано-глинистих відкладів полтавської світи. Потужність продуктивного пласта, що залягає на глибині 2,5–35,2 м, становить від 0,2 до 17,0 м. Каолін, що видобувається, має високу якість ( $SiO_2$  – 56–58 %;  $Al_2O_3$  – 35–38 %;  $Fe_2O_3$  – менше 1,5 %;  $CaO$ ,  $MgO$  і лужні компоненти – у невеликій кількості), вогнетривкість дорівнює 1710–1730°. Близько 60 % каоліну, що добувається, використовують для виготовлення шамоту й шамотних вогнетривких виробів. Видобуток дорівнює 935 тис. т на рік.

В Середньопридніпровському блоці УЩ розташовані декілька родовищ вогнетривких глин переважно каолінітового складу: П'ятихатсь-

ке, Саксаганське, Веселі Терни, Новопетрівське, Девладівське, Первозванівське; у Кіровоградському блоці – такі родовища вогнетривких глин, як Кіровоградське, Шестаківське, Івано-Благодатнінське, Каменське та ін. Вони приурочені до полтавської (П'ятихатське із запасами біля 18 млн т), бучацької (Саксаганське, Веселі Терни, Кіровоградське, Шостаківське, Івано-Благодатнінське, Кам'янецьке), київської (Новопетрівське, Девладівське із запасами 252,7 млн т) світ.

У Закарпатському прогині відоме Іванцівське родовище кислотостійких вогнетривких глин, приурочене до верхньопліоценових-четвертинних молас. Прогнозні ресурси родовища 25 млн т.

Відоме з минулого століття Новоселицьке родовище на Черкащині, представлене двома пластами вторинних каолінів унікально високої якості, сьогодні практично вичерпане. Відпрацьовується розташоване поруч родовище Мурзинське та проводиться детальна розвідка Ржанівського родовища, каоліни якого також мають високу якість. Вторинні каоліни невисокої якості аптського віку розвідані на Звенигородському та Озерянівському родовищах.

У Київській області розвідано Піщиківське родовище вторинних каолінів ранньої крейди. Якісні властивості покладів є невитриманими: високосортні каоліни часто замінюються некондиційними як у розрізі, так і по простяганню.

## ДОЛОМІТИ

### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

Доломітом називають породу, що містить більше 78 % мінералу доломіту –  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Це тверді щільні породи сірого, світло-сірого, бурувато-сірого кольору з фарфороподібним чи кристалічним зламом. У доломіті як домішки присутні кальцит, халцедон, кварц, гіпс, ангідрит, глинисті мінерали, органічна речовина. Теоретичний склад доломітів: 30,4 % Ca, 21,9 % Mg і 47,7 %  $\text{CO}_2$ .

Доломіти використовуються в багатьох галузях промисловості, як у сирому, так і в обпаленому вигляді, а також як технологічна сировина та магнієва руда. У металургійному виробництві доломіт використовується як флюсова сировина, а чисті доломіти більшою частиною йдуть на виготовлення вогнетривів. Вогнетривкі матеріали утворюються шляхом випалу доломітів з метою перетворення їх на щільний спечений матеріал, що має достатню стійкість проти гідратації в ат-

мосферних умовах, сталий об'єм при високих температурах і гарний опір впливові металу й металургійних шлаків.

Існують два типи випалювальних доломітових вогнетривких матеріалів: 1) з вільним вапном, які нестійкі проти гідратації й руйнуються при тривалому зберіганні; 2) зі зв'язаним вапном, які цілком водостійкі й витримують тривале зберігання. Як вогнетриви доломіти застосовуються і в необпаленому вигляді.

У процесі випалу доломіт зазнає ряду змін. При нагріванні до 700–750° відбувається розпад молекули доломіту й утворення вільних сполук  $\text{CaCO}_3$  і  $\text{MgCO}_3$ . При подальшому підвищенні температури до 950°С відбувається розкладання  $\text{CaCO}_3$  і такий доломіт називають каустичним (напівобпаленим). У результаті випалу доломіту при температурі понад 1000° відбувається повна декарбонатизація доломіту, і продукт випалу називається доломітовим вапном. При подальшому випалі при 1400–1700° і вище відбувається повне виведення вуглекислоти, одержують випалений (металургійний) доломіт – міцний продукт чорного чи темно-коричневого кольору. Він застосовується, головним чином, в якості металургійного заправного порошку, з нього також виготовляють вироби на смоляному зв'язуванні, цеглу, блоки й інші вироби.

Доломітові вогнетривкі матеріали в чорній металургії використовують у вигляді металургійних порошоків, трамбувальних мас, цегли та блоків. Вони застосовуються як заправний матеріал для основ мартенівських печей і конверторів, а також для набивання днищ томасівських конверторів, стін вагранок, для футерування основних мартенівських і електросталеплавильних печей, прокатних і ковальських печей тощо. Вимоги до металургійного доломіту наведені в табл. 56.

**Таблиця 56**

**Вимоги до якості сирого металургійного доломіту (ДСТ 14-84-82)**

Показники	ДСМ-1	ДСМ-2	ДСМ-3
Вміст $\text{MgO}$ , не менше, %	19,0	16,0	12,0
Вміст $\text{SiO}_2$ , не більше, %	3,0	5,0	6,0
Вміст $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Mn}_3\text{O}_4)$ , не більше, %	3,0	4,0	5,0

Зерновий склад доломіту нормується в таких межах: для випалу у вагранках, підсіпання порогів, заправлення мартенівських печей розмір шматків – 35–100 мм, для випалу в шахтних печах – 25–80 мм, для випалу в обертових печах – 5–35 мм. Хімічний склад доломітів для одержання конверторних вогнетривів, має відповідати таким вимогам:  $\text{MgO}$  не менше 19 %,  $\text{CaO}$  не більше 33,0 %,  $\text{SiO}_2$  не більше 1,0–

0,5 %, ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Mn}_3\text{O}_4$ ) не більше 0,7–2 %; зерновий склад у межах 5–15 мм.

Єдиних вимог до якості флюсових доломітів для металургійної промисловості немає. Для кожного конкретного родовища існують свої кондиції залежно від речовинного складу руд. Загальні вимоги такі: вміст  $\text{MgO}$  – 17–19 %,  $\text{SiO}_2$  – не більше 6 %, вміст оксидів ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Mn}_3\text{O}_4$ ) – не більше 5 %, межа міцності на стискання – 300 кг/см<sup>2</sup>, нерозчинний залишок – не більше 2,5 %. Пухкі доломіти як флюс не використовуються. Домішки, які присутні в природній сировині та впливають на спікання доломітів, можна поділити на дві групи: 1 – кальцит і магнезит, 2 – оксиди й гідроксиди Fe, глинисті мінерали, кременисті мінерали та інші мінерали. Їх присутність у сировині в деяких кількостях може бути як необхідною, так і шкідливою. Оксид кальцію  $\text{CaO}$  сприяє вогнетривкості але дуже чутливий до вологи та вуглекислоти й тому утруднює спікання та сприяє гідратації обпаленого доломіту. Наявність  $\text{SiO}_2$  в кількості 1–6 % підвищує стійкість проти гідратації, однак більш високий його вміст перешкоджає спіканню доломіту, сприяє великій витраті сировини й скороченню служби обпаленого доломіту. Присутність  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  у кількості 2–3 % поліпшує спікання й підвищує гідратаційну стійкість порошку, однак їх надлишок різко знижує його вогнетривкість.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

У генетичному відношенні родовища доломіту поділяються на осадові (морські й континентальні), гідротермальні і гідротермально-метасоматичні, метаморфогенні (доломіти, що утворилися в результаті регіонального й контактового метаморфізму). Основна маса осадових доломітових товщ утворилася шляхом чи прямого осадження з морської води в сухому, жаркому кліматі, при підвищеній солоності води та високому вмісті вуглекислого газу в атмосфері (у докембрії та палеозої), чи метасоматозу в стадію діагенезу та нагромадження уламкового доломітового матеріалу. Промислове значення мають доломіти морського осадового походження.

## Родовища України

На 01.01.98 в Україні налічувалося вісім родовищ доломіту для металургії із загальними запасами 424 млн т. Основні родовища доломітів для металургії зосереджені на півдні Донбасу, де доломіти є складовою частиною нижньокам'яновугільної товщі потужністю 300–

450 м. Тут розташовані родовища **Стильське, Оленівське, Новотроїцьке, Північношевченківське**. Продуктивний шар доломітів і доломізованих вапняків потужністю в середньому 46 м складає нижню частину турнейської товщі. Однак сировина цих родовищ (за винятком Стильського) придатна тільки для доменного й мартенівського виробництв (табл. 57). На Стильському родовищі є високоякісні доломіти (30 % від видобутку), придатні для конверторних вогнетривів.

**Таблиця 57**

**Хімічний та мінеральний склад доломіту деяких родовищ України**

Родовище	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	в.п.п., %	Доломіт, %	Домішки
Оленівське	5,42	2,7	3,71	29,7	14,3	5,8	38,2	95	Магнезит, каолінит, гідрослюди Fe, Mn
Новотроїцьке	0,63	0,16	0,28	33,5	19,5	-	45,5	97-98	Гідрослюди Fe, Mn

Таким чином, в Україні існує явний дефіцит доломітової сировини для металургії, і вихід з цього становища не тільки у відкритті нових родовищ, а також у розробці таких технологій, які дозволяють використання сировини з відносно низькою якістю.

## ГРАФІТ

Застосування графіту як вогнетривкого матеріалу засновано на його головній властивості – надзвичайно високій температурі плавлення – 3845°C, а також високій тепло- та електропровідності, шлакостійкості та невисокому коефіцієнті лінійного розширення [45]. Графіт не застосовується в чистому вигляді, зазвичай він входить до складу складних сумішей, часто в дуже невеликих кількостях.

У ливарній справі явно- та приховано-кристалічний графіт застосовується у виробництві протипригарних фарб, паст для покриття робочих поверхонь постійних ливарних форм і присипки сирих ливарних форм. Відповідно до технічних вимог, обумовлених ДСТ 5279-74 і 5420-74 для ливарного виробництва, кристалічний графіт за зольністю поділяється на три марки: ГЛ-1 – зольність не більша 13 %, ГЛ-2 – 18 %, ГЛ-3 – 25 %; приховано-кристалічний графіт поділяється на чотири марки: ГЛС-1 – із зольністю не більше 13 %, ГЛС-2 – 17 %, ГЛС-3 – 22 %, ГЛС-4 – 25 %. У графіті всіх марок не допускаються сторонні домішки.

У виробництві вогнетривів графіт використовують, головним чином, для виготовлення плавильних графіто-керамічних тиглів, в яких здійснюється плавка спеціальних сталей і різних кошових сплавів. Графітовий тигель працює при температурі 1500–1600°C і витримує нагрівання до 1700°C. Якісні тиглі виготовляють з крупнолускатого графіту (розмір лусочок не менший 0,2 мм). Вимоги до графіту тигельного визначаються ДСТ 4596-75: зольність для марки ГТ-1 не більше 7 %, для марки ГТ-2 – не більше 8 %, для марки ГТ-3 – не більше 10 %. Масова частка заліза в перерахунку на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не повинна перевищувати 1,6 %, летких речовин допускається не більше 1,5 %, вологи – не більше 1 %.

З п'яти відомих в Україні родовищ розробляється одне – **Завалівське**, яке описано в розділі 3 [4, 10, 20, 31, 43, 51, 52].

Зараз вуглецеві вогнетриви набувають важливого значення як найбільш зносостійкі. Вуглець посідає перше місце серед усіх вогнетривів через найвищу шлако-, метало- та термостійкість при високих температурах. Одним з напрямків поліпшення якості вогнетривких виробів є їх вуглефікація – введення вуглецю до вогнетриву у твердому, рідкому чи газоподібному видах. У твердому виді графіт вводиться в сполученні з іншими рідкими чи твердими матеріалами (різні смоли). Він у цьому випадку є одним з найбільш хімічно стійких і термостійких матеріалів.

## МАГНЕЗІАЛЬНА СИРОВИНА

### МАГНЕЗИТ, ТАЛЬКОМАГНЕЗИТ

#### Загальні відомості

Магнезит – карбонатна гірська порода, що практично цілком складається з мінералу магнезиту, хімічний склад якого відповідає MgCO<sub>3</sub> (47,82 % – MgO і 52,18 % – CO<sub>2</sub>). Як правило, він містить домішки мінералів ізоморфного ряду, таких як карбонати кальцію, заліза та марганцю. Магнезит у природі знаходиться як у кристалічному, так і в приховано-кристалічному (аморфному) стані. Промислове значення має кристалічний різновид магнезиту.

#### Галузі використання і вимоги до сировини

При нагріванні до температури 700–1000°C магнезит втрачає велику частину вуглекислоти (92–98 %) і з нього отримують оксид магнезію у вигляді порошку, який застосовується в процесах хімічної переробки, як добриво, підгодівля худоби, у виробництві деяких типів цементу, целюлози, віскози, цукру, синтетичного каучуку, фарб, а також у багатьох інших виробництвах. Внаслідок випалення магнезиту при температурі 1500–2000° з нього видаляється практично вся вуглекислота, і оксид магнезію кристалізується у вигляді периклазу, цінного вогнетривкого матеріалу, який плавиться тільки при температурі близько 2800°. Такий "намертво" обпалений магнезит застосовується для виробництва високостійких вогнетривів, для наварки подів і стінок мартенівських печей, виготовлення магнезитових, хроміто-магнезитових і форстеритових цеглин, необхідних у металургійному, сірчанокислотному та цементному виробництвах. При підвищеній температурі (понад 2900°) отримують особливо чистий периклаз – електроізоляційний термостійкий матеріал з високою електропровідністю.

При випаленні магнезиту домішки, що містяться в природному магнезиті, утворюють такі мінеральні речовини, як периклаз, форстерит, шпінель, магнезіоферит, монтичеліт, ларніт та ін. Високоякісні вогнетриви повинні містити максимальну кількість периклазу та мінімальну кількість інших сполук. Найшкідливішою домішкою є оксид кальцію, надмірна кількість якого негативно позначається на міцності вогнетривких виробів. Кремнезем, що є в сировині, знижує вогнетривкість і шлакостійкість виробів. Вимоги промисловості до якості сирого магнезиту наведено в табл. 58.

**Таблиця 58**

**Вимоги до якості магнезиту родовищ Саткінської групи (ТУ 14-8-64-73)**

Марка магнезиту	Склад, %		
	MgO, не менше	CaO, не більше	SiO <sub>2</sub> , не більше
СМ-1	46	0,8	1,2
СМ-2	45	1,2	1,5
СМ-3	43	2,8	2,4
СМ-4	39	7	2,5

**Економічні відомості**

Світові ресурси магнезиту практично невичерпні, особливо якщо врахувати можливість їх отримання з морської води і природних розсолів. Ресурси природного кристалічного магнезиту оцінюються в 12



млрд т, а економічно рентабельні запаси – 2,2 млрд т: Росія – 650 млн т; Північна Корея – 450; Китай – 380; Туреччина – 65; Бразилія – 45; Словенія – 41; Греція – 30. Щорічний видобуток магнезиту складає 20–21 млн т, з них 2–2,5 млн т вилучається з морської води і розсолів. Найбільшими експортерами магнезиту є (тис. т на рік): Китай – 2000–2100; Словаччина – 350–380; Росія – 190–200; Туреччина – 220–250; імпортерами: США – 550–670; Японія – 520–650; Німеччина – 470–510; Україна – 450–500; Нідерланди – 370–380.

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Головні генетичні типи родовищ магнезиту: гідротермальнометасоматичні; осадові; інфільтраційні в корі вивітрювання (Халіловське на Уралі, Евбейське в Греції, Голеш в Словенії); метаморфогенні.

**Гідротермальнометасоматичні** родовища, складені кристалічним магнезитом, утворюються шляхом метасоматичного заміщення осадових карбонатних порід (вапняків або доломітів) магнезіальними розчинами магматичного походження. Поблизу магнезитових родовищ цього типу, як правило, завжди розміщуються масиви гранітних інтрузій. Поклади магнезиту зазвичай мають форму пластів, лінз і гнізд, що знаходяться в згідному заляганні з вмісним доломітом. Пласти мають значні простягання, їх потужність досягає 400–500 м і більше. Прикладом може бути Саткінське, Тальське, Верхньотурівське родовища на Уралі, Південноманьчжурське у Китаї; Пегам, Намге, Техин в Північній Кореї, Вейтша в Австрії.

**Осадові** родовища магнезиту мають невелике практичне значення. Вони відносяться до континентальних озерно-лагунних відкладів в областях поширення ультрабазитових порід, представлені покладами тонкозернистого пелітоморфного магнезиту в континентально-озерних моласових формаціях в областях широкого розповсюдження ультраосновних порід в асоціації з гіпсом, ангідритом, галітом та іншими галогенними мінералами. До цього типу відносять родовища Нідас у Каліфорнії, Біла Стіна в Словенії, Реденсіон на Кубі, Аджигель в Туреччині, Етлін в Канаді та ін.

**Інфільтраційний** тип магнезитових покладів пов'язаний з корою вивітрювання ультраосновних порід. Вони утворюються шляхом хімічного вивітрювання серпентинітів (під дією вуглекислих поверхневих вод), винесення та перевідкладання магнезії в нижні горизонти кори вивітрювання. Магнезит в аморфному вигляді заповнює систему тріщин у серпентинітах. Потужність жил зазвичай не перевищує 0,2–0,3 м, інколи сягає 1–2 м. Поклади мають незначне поширення на глибину (до 30–40 м) і широкий площинний розвиток. Для родовищ

цього типу є характерними такі супутні мінерали: різновиди серпентиніту та кремнезему (опал, халцедон, кварц), тальк, хлорит, магнетит, хроміт, тремоліт та ін. Прикладами цього типу родовищ є Халіловське на Уралі, Евбейське в Греції, Крива-Страна, Голеш в Сербії, Севанське у Вірменії та інші.

Метаморфогенні родовища талькомагнезитових порід пов'язані з гіпербазитами, що змінені метаморфогенними процесами. Особливо сприятливими для утворення родовищ є породи ультрамафітової формації нормальної лужності, такі як дуніти, гацбургіти, перидотити та інші високомагнезіальні породи, вміст магnezії в яких досягає 45 % і більше. Тут потрібно відмітити такі відомі родовища, як Правдинське в Україні, Шабровське в Росії, Кобб-Такака в Новій Зеландії.

Найбільше промислове значення мають родовища кристалічного магnezиту гідротермально-метасоматичного типу, які зазвичай характеризуються великими розмірами, високою якістю руди, незначною кількістю шкідливих домішок. Вважають, що утворення родовищ цього типу відбувається в процесі як накопичення порід теригенно-карбонатної формації, так і внаслідок їх подальшого перетворення в умовах регіонального або контактowego метаморфізму.

## Родовища України

Магнезитова сировина для України є гостродефіцитною, оскільки Україна не забезпечена власною мінерально-сировинною базою магnezиту, хоча потреби в цій сировині дуже великі. Вони задовольняються переважно за рахунок імпорту зі Словаччини, Росії, Туреччини, Китаю, Греції (350–510 тис. т щорічно). Разом з тим в Україні відомі Правдинське і Веселянське родовища талько-магнезитів, ряд перспективних проявів [1, 3, 11].

**Правдинське родовище** розташовано в Дніпропетровській області, приурочено до однойменного ультраосновного масиву, значна частина якого складена серпентинітами і талько-магнезитовими породами, у вигляді смугоподібних крутопадаючих покладів потужністю 80–350 м, протяжністю 0,5–2,5 км. Рудне тіло має плаstopодібну форму, витягнуту в північному напрямку. Падіння рудного пласта круте (60–80°), потужність невитримана: від 80 м до 160 м по південному блоку й від 110 до 360 м – по північному. Корисна копалина представлена двома типами: талькомагнезитом і карбонатизованим серпентинітом. Середня потужність розкривних порід (піщані відклади й кора вивірювання) близько 19 м. Якість сировини дозволяє її використання у виробництві форстеритових вогнетривів: MgO – не менше 33 %, CaO

– не більше 2,5 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – не більше 2 %. Запаси руд по категоріях А+В+С<sub>1</sub> становлять 105 млн т, прогнозні ресурси – 300 млн т. Талькові концентрати можуть використовуватися в якості форстеритових вогнетривів, талько-магнезитового і карбонатно-серпентинітового борошна, блоків руди.

**Веселянське родовище** (Запорізька область) представлене трьома крутопадаючими (70–80°) покладами талько-магнезитів з лінзами і прошарками серпентинітів, лінзоподібної форми, довжиною 500–1280 м, потужністю 50–180 м; простежуються за падінням до 100 м. Вмісними породами є кварцово-хлоритові, кварцово-хлорит-біотитові, кварц-магнетитові сланці докембрію. Розкриті породи середньою потужністю 60 м представлені корою вивітрювання та піщано-глинистими відкладами. Талько-магнезит – зеленувато-сіра порода, щільна, жирна на дотик, пориста, грубосланцювата, яка складається з (%): магнезиту – 46–92; тальку – 42–77; магнетиту – 1,5–10; кварцу – 1–2, піриту – до 1 %. Хімічний склад талько-магнезиту (%):  $\text{SiO}_2$  – 30,8;  $\text{TiO}_2$  – 0,04;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,2–0,9;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,1–4,5;  $\text{FeO}$  – 4,5–6,6;  $\text{MnO}$  – 0,08–0,2;  $\text{MgO}$  – 18,5–36,6;  $\text{CaO}$  – 1,28;  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  – 0,08–0,16;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,02;  $\text{SO}_3$  – 0,4–0,5;  $\text{H}_2\text{O}$  – 0,06–0,78;  $\text{CO}_2$  – 25,0; в.п.п. – 24,80. В породах містяться елементи-домішки: Ni, Co, Cr, Zr, Cu, Pb, Ag, P, Zn. Запаси родовища (не затверджені ДКЗ) за категоріями А+В+С<sub>1</sub> складають 105 млн т, прогнозні ресурси категорії Р<sub>2</sub> до глибини 200 м – 250 млн т. З тальку Веселянського та Правдинського родовищ можна одержувати флотований тальк марок А і Б, талькомагнезитове борошно для виготовлення дустів, пластмас, паперу та інших цілей; магнезитовий концентрат з підвищеним вмістом домішок для виробництва магнезіальних вогнетривів; залізорудний концентрат, що містить легуючі металічні елементи; грудковий випалений талькомагнезит і серпентиніт для виробництва форстеритових вогнетривів.

## БРУСИТ

Брусит – відносно новий вид магнезіальної сировини. Він є більш високоякісною рудою порівняно з магнезитом, оскільки майже не потребує збагачення. Брусит – це гідроксид магнію  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , в якому вміст  $\text{MgO}$  становить 69,1 %. Зазвичай він складає мономінеральні листуваті, волокнисті, лускаті та зернисті агрегати білого кольору, рідше голубуватого, зеленуватого або коричнюватого.

Цей мінерал у природі досить поширений, але промислові скупчення бруситу зустрічаються рідко. Відомі нечисленні родовища та прояви відносяться до гідротермального типу. Вони приурочені до облас-

тей поширення доломітових і доломітвмісних формацій. Скупчення бруситу зазвичай розташовані серед карбонатних порід в екзоконтактовій зоні гранітоїдних інтрузій. Мабуть, утворення бруситу відбувалося внаслідок тривалої дії гідротермальних розчинів на контактово-метаморфізовані породи з інтенсивним привнесенням магнію із вмісних карбонатних порід. Відомі два найбільші бруситові родовища; це Габбс (США, штат Невада) та Кульдурське (Росія, Далекий Схід).

## ВИСОКОГЛИНОЗЕМИСТА СИРОВИНА

Для виробництва високоглиноземистих вогнетривів використовують мінерали силіманітової групи: силіманіт, дистен, андалузит, кіаніт, природні гідрати глинозему – гідраргіліт, беміт, діаспор, боксит, корунд та ін. У невеликій кількості використовують також графіт, тальково-магнезіальне каміння, хроміт і хромітові породи.

### СИЛІМАНІТ, ДИСТЕН, АНДАЛУЗИТ

#### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

Для виробництва високоглиноземистих вогнетривів застосовують високоглиноземисту сировину як природну, так і штучну: гідрати глинозему, що входять до складу бокситу (гідраргіліт, беміт, діаспор), корунд, мінерали силіманітової групи (дистен, андалузит, силіманіт), штучний технічний глинозем і електроплавильний корунд.

Тут ми розглянемо лише природну сировину – мінерали силіманітової групи. Хімічний склад мінералів цієї групи однаковий:  $Al_2O_3 \cdot SiO_2$  (62,9 %  $Al_2O_3$  і 37,1 %  $SiO_2$ ). Дистен, андалузит, силіманіт не існують у природі у вигляді суцільних великих покладів, вони зустрічаються у вигляді кристалів-вкраплеників у метаморфічних породах: кристалічних сланцях, роговиках, гнейсах (корінний тип родовищ), або в пере-відкладених пухких скупченнях (розсипний тип). Оскільки зазвичай в породі міститься не більш 5–20 % таких вкраплеників, то для одержання сировини необхідна переробка породи методами сепарації, збагачення, іноді флотації. Збагачений концентрат має містити до 60 %  $Al_2O_3$ , а сума плавнів (Ca, Mg,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $Fe_2O_3$ ) не повинна перевищувати 2–3 %.

Мінерали групи силіманіту відносяться до безводних алюмосилікатів, тому вироби з них практично не утворюють пористості, завдяки чому є одним із кращих природних джерел для виробництва високоякісних мулітових вогнетривів. Вони використовуються у виготовленні широкого спектра вогнетривких виробів, які застосовуються, зокрема, у чорній металургії (повітронагрівачі доменних печей, кладка стін камери згоряння, пересувні міксери, чавуновізні й сталерозливні ковші та інше обладнання).

### **Економічні відомості**

Світові запаси силіманіту, дистену і андалузиту не визначені. Найбільші родовища цих мінералів відомі в США (Уайт-Маунтін), ПАР, Індії (Кхамм), Шрі-Ланці, Бразилії, Танзанії, Іспанії, Казахстані, Вірменії, Росії, Україні. Здавна розробляються родовища: в Індії – дистену і силіманіту, в ПАР – андалузиту і силіманіту, у Франції – дистену і андалузиту. Світове виробництво високоглиноземистої сировини складає 355 тис.т, у тому числі: ПАР – 170, США – 90, Франція – 65, Індія – 20. Значні кількості цих мінералів видобуваються в Китаї, Швеції, Австралії, Іспанії, Кореї, Росії, Україні. Експорт високоглиноземистих мінералів здійснюють 13 країн світу з річним обсягом 300–380 тис. т. Найкрупнішим постачальником є ПАР (110–130 тис. т), Франція і США (по 50–60 тис. т), Китай (14,5 тис. т). Імпортують високоглиноземисті мінерали більше 30 країн світу: країни ЄС (Італія – 70–80 тис. т, Німеччина – 30–40, Велика Британія – 30–35т), Гонконг (40–45 тис. т); від 15 до 30 тис. т щорічно ввозять Нідерланди, Польща, Канада, США, Японія і Південна Корея. Сумарний обсяг імпорту всіх врахованих країн світу складає 340–380 тис. т в рік.

### **Генетичні та геолого-промислові типи родовищ**

Головні типи родовищ силіманіту, дистену і андалузиту: метаморфізовані, метаморфічні, в десиліцифікованих пегматитах, кварцових жилах, грейзенах, розсипні. За вмістом мінералів родовища поділяються на унікальні (>80%), багаті (60–80%), середні (10–60%), бідні і убогі (6–10 %).

### **Родовища України**

Україна відома значним поширенням андалузит-, дистен- і силіманітвмісних гірських порід. Докембрійські метаморфічні товщі сланців і гнейсів УЩ містять шари та лінзи кварцитів, збагачених цими мінералами. Найперспективнішими в промисловому відношенні є неоархейські та палеопротерозойські товщі Побужжя й Приазов'я (силіманіт); палеопротерозойські стратифіковані комплекси, пов'язані із залізорудними формаціями Криворізько-Кременчуцької зони, у районах Гуляйпільського та інших родовищ (андалузит, силіманіт); мезопротерозойські (овруцька серія) породи Суцано-Пержанської зони (дистен, силіманіт). Потреба України в концентратах силіманіту і дистену складає щорічно 400 тис. т [13, 14, 19, 30, 50].

Державним балансом враховані запаси дистену і силіманіту в розсипних комплексних родовищах – Малишівському (розробляється) і Вовчанському. Загальні запаси за категорією A+B+C<sub>1</sub> дорівнюють 2407 тис. Т, С<sub>2</sub> – 44 тис. т. Видобуток дистен-силіманітового концентрату дорівнює 70–80 тис. т на рік. Корінні родовища силіманіту, дистену і андалузиту невеликі за запасами і є забалансовими (рис. 47).

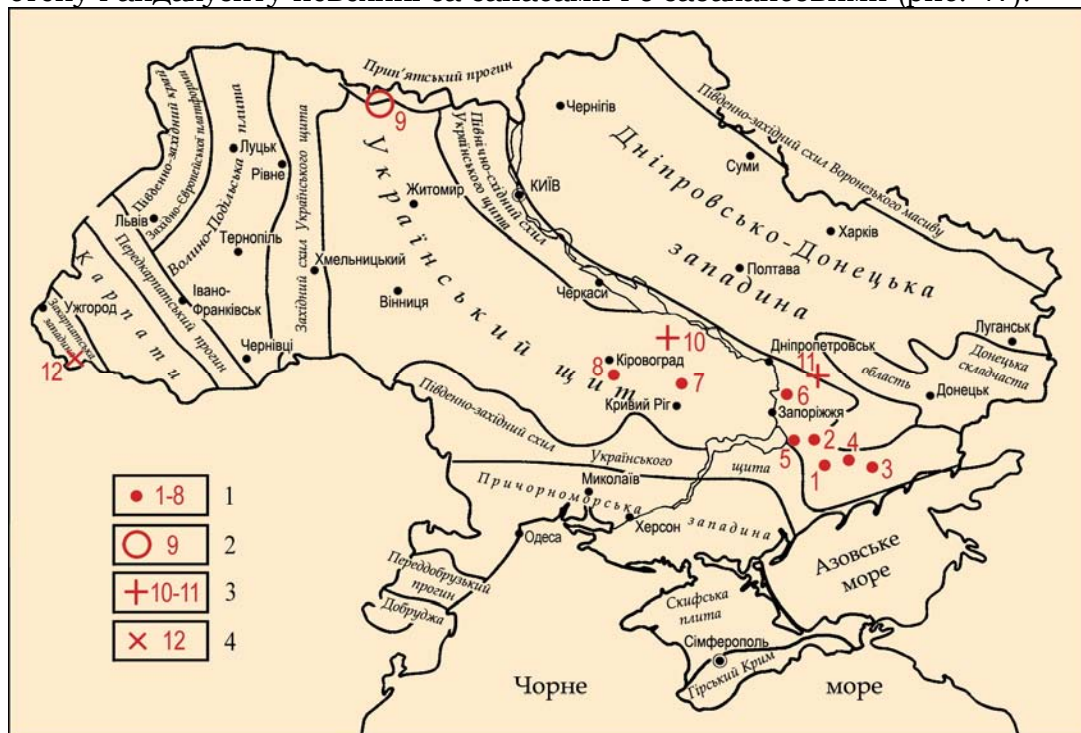


Рис. 47. Схема розташування родовищ та проявів силіманіту, дистену, андалузиту [33]

1 – метаморфізовані та метаморфічні родовища (1 – Драгунське, 2 – Гуляйпільське) та прояви (3 – Центральноприазовський, 4 – Смирновський, 5 – Оріхово-Павлоградський, 6 – Середньопридніпровський; 7 – Інгuleцько-Криворізький, 8 – Кіровоградський); 2 – гідротермально-метаморфічні прояви (9 – Суцано-Пержанська зона); 3 – розсіпні родовища (10 – Малишівське; 11 – Вовчанське); 4 – прояви дистену в Карпатах (12).

З корінних до числа перспективних відносяться прояви: Капітанівський (Побужжя) – товща гранат-силіманіт-кордієритових і гранат-силіманітових гнейсів і сланців потужністю 150–200 м, довжиною до 1,5 км із вмістом силіманіту в породах 1,2–4,4 %; Соломіївський (Побужжя) – шари силіманітвмісних (силіманіту від 4,7 до 34,7 %) гнейсів і сланців потужністю 1–13 м, довжиною до 1 км.

У Приазов'ї є виявлені прояви андалузиту (Гуляйпільське залізорудне родовище), силіманіту (Драгунське корунд-силіманітове родовище, Смирновський, Андріївський прояви, Павлівське, Сергіївське, Новоукраїнське, Корсацьке, Куксунгурське, Маріупольське залізорудні родовища).

**Драгунське родовище** локалізовано в темрюцькій світі, продуктивний горизонт потужністю 150–300 м (в середньому 220 м), протяжністю 15 км представляє пачки, пласти, прошарки, лінзи (0,2–15 м) силіманітових, силіманіт-біотитових, силіманіт-гранат-біотитових, силіманіт-кордієрит-біотитових, шпінель-силіманіт-біотитових, часто з корундом, гнейсів і сланців серед покладів мігматитів і порфіровидних гранітів. Вміст силіманіту від 1 до 45 % (середній 10–14 %), він утворює голчасті, призматичні кристали, зерна, сноповидні, променисті, спутано-волокнисті агрегати, включення в польові шпати, тонкі зрощення з біотитом. Розмір індивідів до 15 мм в довжину. Вміст корунду до 6–16 %, (середнє 1–5 %). Високоглиноземисті породи містять 25–30 %, до 38 %  $Al_2O_3$ . Прогнозні ресурси до глибини 200 м: силіманіту ( $P_3$ ) 61 тис. т, з середнім вмістом 10–12 %; корунду ( $P_2$ ) 728 тис. т, з середнім вмістом 1 %; попутного абразивного гранату – більше 22 млн т [33].

**Смирновський прояв** подібний до Драгунського родовища, але тут відсутні корундові породи. Прогнозні ресурси ( $P_3$ ) до глибини 200 м при середньому вмісті 20 % силіманіту – 16 млн т.

На **Маріупольському родовищі** виявлені пачки (до 28 м) з пластами (2–12,5 м) силіманіт-гранат-біотитових, корунд-шпінель-силіманіт-гранатових, корунд-біотит-силіманітових, корунд-силіманіт-шпінелевих гнейсів і сланців (силіманіту до 35 %, корунду до 10 %) Прогнозні ресурси ( $P_3$ ) на глибину до 200 м складають: Темрюцька ділянка 10 тис. т силіманіту, 1,4 тис. т корунду; Садово-Богданівська

– 7,5 тис. т силіманіту, 0,2 тис. т корунду; Глодівська – 16,6 тис. т силіманіту [33].

Крім цього на **Андріївському прояві** прогнозні ресурси силіманіту ( $P_2$ ) до глибини 200 м при середньому вмісті 12–14 % складають 14,7 тис. т; на Павлівському – 4 млн т; силімінітової руди в Сорокинській зоні – 60–70 млн т.

Маломасштабні прояви силіманітвміщуючих сланців відомі в гданцівській і скелюватській світах Криворіжжя (Аннівський, Жовтянський, Попельнастівський, Миколаївський, Північнолозуватський, Успенівський, Ленінський, Шанівський, Кам'яно-Потоцький, Березнюватий, Малоскелюватський).

В Інгульському мегаблоці силіманітвміщуючі гнейси, рідше сланці і ще рідше кварцити розвинуті в породах кошаро-олександрівської і хащувато-завалівської світи: Соломійвський (прогнозні ресурси силімінітової руди 12,8 млн т, середній вміст силіманіту 17 %), Кошаро-Олександрівський, Капітанський, Грушківський, Завалівський, Станіславчик та ін. прояви.

В Суцано-Пержанській зоні інтерес представляють вторинні дистенові і дистен-андалузитові кварцити Пержанського родовища і Побичанської ділянки.

**Пержанське родовище** дистену приурочене до дистенових кварцитів палеопротерозойської „суцанської світи”. Рудні тіла – крутопадаючі пластові поклади протяжністю до 1700 м, потужністю 35–40 м; лінзи потужністю до 15 м. Середній вміст дистену 19,5 %, слюди – 10 %, андалузиту – 1 %; гематиту, ільменіту, магнетиту – 4 %. Середній хімічний склад дистенових кварцитів (%):  $\text{SiO}_2$  – 70,8;  $\text{TiO}_2$  – 0,52;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 20,8;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,71;  $\text{MnO}$  – 0,02;  $\text{MgO}$  – 0,11;  $\text{CaO}$  – 0,58;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,08;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,26;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,05. Запаси дистенових руд до глибини 87,5 м складають по  $\text{C}_2$  – 9,5 млн т, забалансові – 21,9 млн т, прогнозні ресурси – 26,9 млн т. При збагаченні руд вихід дистенового концентрату 88–90,5 %.

Побичанська ділянка за своїми характеристиками близька Пержанському родовищу. Тут прогнозні ресурси дистенової руди 66 млн т.

**Розсипні концентрації** силіманіту і дистену приурочені до комплексних розсипних родовищ (Малишівське, Вовчанське, Зеленоярське, Тарасівське, Селищанське, Правобережне), локалізуються в полтавських і сарматських товщах. Рудні поля за площею варіюють від 1,4 до 800 км<sup>2</sup>, продуктивні товщі мають потужність 2–25 м. Основні мінерали: ільменіт, рутил, циркон, силіманіт, дистен, ставроліт, гранат, андалузит, турмалін, корунд, хроміт, шпінель, апатит. Дистен і силіманіт у важкій фракції сарматських пісків складають в середньому 13 %, полтавських – від 15 до 74 %. Вихід дистен-силіманітового концентрату при збагаченні руд складає 17,3 %.



Промислові запаси дистену і силіманіту на Малишівському родовищі по А+В+С<sub>1</sub> – 1791,9 тис. т, при вмісті 13,5 кг/м<sup>3</sup>; на Вовчанському – по А+В+С<sub>1</sub> – 1160 тис. т, С<sub>2</sub> – 44 тис. т, разом 1204 тис. т, при вмісті 41,3 кг/м<sup>3</sup>. Вихід колективного концентрату 27–153 кг/м<sup>3</sup>. Малишівське родовище розробляється Верхньодніпровським ГМК, з росипів видобувають концентрати ільменіту, рутилу, циркону, силіманіту і дистену, ставроліту, може вилучатися турмалін та ін. З них виробляють колективний концентрат, зернистий і порошкоподібний, високої якості, що відповідає світовим стандартам: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 57 %; TiO<sub>2</sub> – 1,5 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,8 %; CaO – 0,2 %; MgO – 0,8 %. Силіманіт і дистен високої якості, відповідають світовим стандартам; вони складають в колективному концентраті 8–10 %. Щорічно видобувається 20–30 тис. т дистен-силіманітового концентрату.

## ФОРМУВАЛЬНА СИРОВИНА

У ливарній справі як формувальний матеріал використовують різні гірські породи. Це піски, глини, менше – подрібнені олівініти, хроміти й низка інших порід і мінералів. Іноді застосування піщано-глиняних форм не забезпечує отримання високоякісних відливок. Тому ведуться пошуки та вивчення формувальних матеріалів. Сьогодні використовують металургійний магнезит, хромистий залізняк, хромомагнезит, олівінові породи та циркон. Крім перелічених головних напрямків застосування нерудних корисних копалин, у металургії деяка частина їх іде на виробництво феросиліцію, карбїду кремнію (карборунду) та силумінів. Для плавки феросиліцію та інших продуктів, які містять у собі кремній, використовують кварцити та жильний кварц високої чистоти.

## ФОРМУВАЛЬНІ ПІСКИ

### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

У ливарному виробництві використовуються кварцові піски, які називаються формувальними, тому що вони є основним компонентом у виготовленні ливарних форм і стрижнів. Піски як формувальна сировина повинні мати такі властивості, як вогнетривкість і газопроникність [48].

Вогнетривкість, що є важливою властивістю формувальних пісків, залежить від їхнього хімічного і мінерального складу. Вогнетривкість тим вища, чим вищий вміст SiO<sub>2</sub> (кварцу). Для сталевого лиття (тем-

пература плавки ~ 1500°) використовують кварцові піски з вмістом SiO<sub>2</sub> не меншим 96–97 %. Для чавунного лиття (температура ~ 1400°) використовують піски з меншим вмістом SiO<sub>2</sub>, близьким 90–94 %, і великим вмістом домішок сірки, оксидів заліза, лужних і лужноземельних металів. Розлив кольорових металів (мідних, алюмінієвих, магнієвих) відбувається при ще нижчих температурах (1200–700°), а вміст SiO<sub>2</sub> допускається менше 90 %, глинистої домішки – у межах 10–50 %. У таких пісках вміст шкідливих домішок не нормується.

Згідно з ДСТ 2138-74 виділено 75 марок формувальних пісків залежно від характеру виробів, що відливаються, їхніх розмірів, виду металу, що розливається тощо. Регламентується також вміст шкідливих домішок: сульфідної сірки (< 5 %), оксидів заліза, лужноземельних і лужних металів (табл. 59).

**Таблиця 59**

**Класи формувальних пісків та їх характеристика (за ДСТ 2138-74)**

Пісок	Клас	Глиниста фракція, %	SiO <sub>2</sub> , %	Шкідливі домішки, %, не більше		
				S	K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O, CaO, MgO	FeO
Кварцовий	1К	До 2	97	Не допускається	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O≤0,5	0,75
"-	2R	Те ж	≥ 96	0,025	CaO+MgO≤1,0	1,0
"-	3К	"-	≥ 94	0,025	1,5	1,5
"-	4К	"-	≥ 90	-	2,0	-
Кварц-польовошпатовий	КП	"-	< 90	-	-	-
Пісний	Т	2–10	-	-	-	-
Напівжирний	П	10–20	-	-	-	-
Жирний	Ж	20–30	-	-	-	-
Дуже жирний	ОЖ	30–50	-	-	-	-

У цих пісках основним компонентом має бути кварц. Глиниста складова в них допускається в кількості 2–50 % залежно від умов ливарного виробництва.

Газопроникність – здатність матеріалу пропускати газу, що виділяються при виплавці, залежить від величини, форми зерен і сортування уламків за розмірами. Найважливішою характеристикою піску є ступінь однорідності за величиною зерен. Розміри уламкового матеріалу контролюються розсіюванням піску на ситах стандартного набору й поділяються на вісім груп (табл. 60). Кращими вважаються марки, в яких 70 % зерен залишаються (концентруються) на двох-трьох суміжних ситах. Позначення марки піску складається з його класу й групи (1КРМ, ПОО63Б та ін.).

При виробництві динасу кварцовий пісок застосовують у невеликих кількостях як добавку до шихти для підвищення вогнетривкості продукту і поліпшення його формування. Шкідливими домішками є слюда і польовий шпат. Вміст  $\text{SiO}_2$  має бути в межах 92–97 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – не більше 1,5 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – не більше 5 %.

**Таблиця 60**

**Групи формувальних пісків та їх характеристика (ДСТ 2138-74)**

Тип піску	Група	Номери сит суміжних розмірів, на котрих залишаються зерна основної фракції
Грубий	063	1; 063; 04
Дуже крупний	04	063; 04; 0315
	0315	04; 0315; 02
Крупний	02	0315; 02; 016
Середній	016	02; 016; 01
Дрібний	01	016; 01; 0063
Дуже дрібний	0063	01; 0063; 005
Тонкий	005	0063; 005;
Пилоподібний		

### Родовища України

В Україні родовища формувальних пісків розташовані в Донбасі (Часов-Ярське, Бантишівське та ін.), ДДЗ (Ріпецьке, Вишнівське, та ін.), на УЩ (Малишівське, Орловське та ін.), на Волино-Подільській плиті, у Причорноморській западині і в Криму, де приурочені до буцацької, харківської, полтавської світ, сарматського і понтичного ярусів, в меншій мірі – четвертинні (рис. 48). Гірничодобувні підприємства України повністю забезпечують потреби металургійних і машинобудівних заводів всіма марками формувальних пісків, які також поставляються до Росії, Білорусі, Молдови тощо.

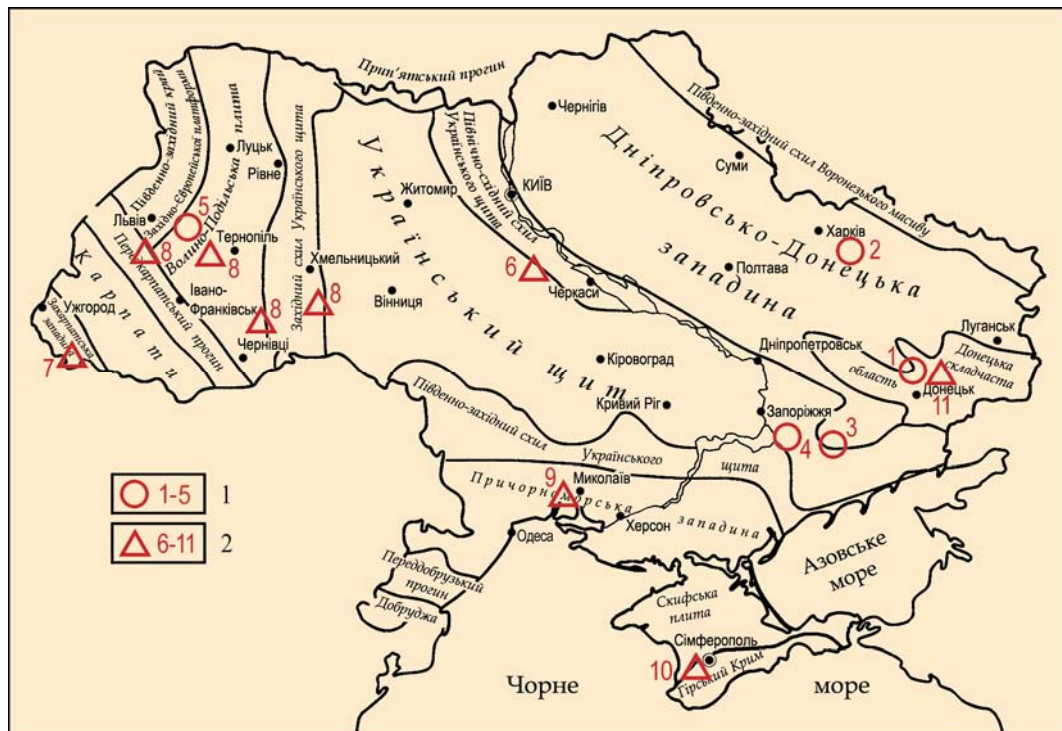
Державним балансом враховані запаси 14 родовищ власне формувальних пісків і 6 комплексних. Вони складають за категорією А+В+С<sub>1</sub> – 905 млн т; С<sub>2</sub> – 195 млн т. По областях вони розподіляються так: Дніпропетровська – 6; Донецька – 6; Запорізька – 2; Кіровоградська – 1; Львівська – 1; Харківська – 3; Чернігівська – 2. 4 власних і 6 комплексних родовищ розробляється, у 2002 р. видобуто 8 тис. т. Забалансових родовищ 4 (Гнідинське, Кашперівське, Липенське, Старовірівське). Прогнозні ресурси – 12,5 млрд т [33].

На території України родовища пісків входять до складу крейдапалеогенових, неогенових і четвертинних відкладів північно-західної

окраїни Донбасу, ДДЗ, УЩ, Волино-Подільської плити, Причорноморської западини та Криму.

Кварцові піски високої якості містяться в еоценових відкладах буцацької світи, що відносяться до прибережно-морських фацій. Вихід піщаних порід буцацької світи на денну поверхню спостерігається у східній частині та на східних схилах УЩ, на північно-східній і південно-східній границях ДДЗ, на північній окраїні Донбасу і в інших областях. До цих відкладів відносяться найбільші родовища формувальних пісків – Гусарівське та Бантишівське в Харківській області.

**Гусарівське** родовище представлене однорідними кварцовими та слабоглинистими жовтими грубозернистими пісками потужністю 7,5–31,7 м. Піски віднесено до марок ДО, Т045 і Т0315А.



**Рис. 48. Схема розташування родовищ пісків формувальних і бентонитових глин [33]**

1 – піски формувальні (1 – Донбас; 2 – ДДЗ; 3 – Приазовський блок; 4 – Середньопридніпровський блок; 5 – Волино-Подільська плита); 2 – бентоніт (6 – Черкаське; 7 – Горське, Хижинське; 8 – Бережанське, Пижівське; 9 – Причорноморська западина; 10 – Курцівське, Кудринське; 11 – Григорівське)

**Бантишівське** родовище складено горизонтами (2,5–14,3 м) глауконітових, кварцових, глинистих пісків харківської і бучацької світи з прошарками глин (27 марок пісків). Вміст основних фракцій 77,86–96,6 %, глиниста складова 0,22–2,0%, вогнетривкість 1730°. Прогнозні ресурси 102 млн т.

У Харківській області крім Гусарівського та Бантишівського родовищ, відкладами бучацької світи складені продуктивні товщі Гаврилівського, Новопавлівського, Балаклаївського, Куликовського та інших родовищ. На північному сході України (південно-західні схили Воронежського щита) відклади бучацької світи також є продуктивними, тут виявлений Чулатовський прояв формувальних пісків (у 8 км південніше м. Новгород-Сіверського). Піски бучацької світи відомі також як скляна сировина – родовище Лисичанське Луганської області, піски якого відповідають такому хімічному складу:  $\text{SiO}_2$  – від 93,6 до 99,2;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – від 0,08–0,22 до 0,4–0,68 %.

У межах ДДЗ розвинені піски полтавської серії олігоцен-міоценового віку, джерелом кварцового матеріалу для яких є піски харківської світи. За складом вони переважно кварцові, відносяться до морських фацій відкладів. Тут відомі такі родовища формувальних і кварцових пісків, як Новоселівське, Авдіївське, Часів-Ярське та ін. Нижні горизонти родовищ складені глинистими дрібнозернистими, різнозернистими пісками (3–20 м) з погано обкатаним уламковим матеріалом, верхні горизонти (8–26 м) – однорідною товщею добре сортованих кварцових середньозернистих пісків з відносно краще обкатаними уламками. Хімічний склад пісків цих родовищ такий:  $\text{SiO}_2$  – 90,2 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,13–3,53 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,28 % і менше.

**Часов-Ярське родовище** складено формувальними пісками харківської світи, яка залягає на крейдових і палеогенових відкладах. Піски відносяться до напівжирних (10–20 % глинистих часток) і пісних (до 10 % глинистих часток), характеризуються поганою обкатаністю зерен. Вміст однорідної фракції в пісних пісках 75,5–95,7 %, газопроникність 76–232 ум. од., вогнетривкість 1650–1690°. Вміст основної фракції в напівжирних пісках 51,6–87,5 %, глинистої – 10–18,4 %, вогнетривкість 1630–1650°C. Склад піску (%): кварц – до 93, карбонат, глауконіт, ільменіт, лейкоксен, рутил, силіманіт, дистен, турмалін і ін. Хімічний склад пісків:  $\text{SiO}_2$  – 82–91 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,25–2,47 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$  – 1,23–3,16 %. Товща перекривається дрібнозернистими добре сортованими кварцовими пісками полтавської серії (1–15 м). Верхні горизонти родовища складені високоякісними кварцовими пісками (до 3 м), які використовуються в склоробному виробництві. Родовище комплексне, розробляється, основною корисною копалиною є вогнетривкі глини.

В Запорізькій області відомі Оріхівське і Полозьке родовища формувальних пісків. В Донбасі розробляються Гусарівське, Шабельківське, Артемівське родовища; в ДДЗ – Ріпецьке (запаси формувальних пісків 46,6 млн т), Вишнівське (94,3), Старовірівське, Малинівське (7,7); Покотилівське, Хорошівське (1,8), відомі родовища Липінське, Камінь, Люджанське. На УЩ відомі Малишівське (запаси 261,9 млн т); Орловське (26,4); Хорошівське (2,4); Таромське (8); Дніпропетровське (0,8); Маловісківське (4,1), Новоселівське (10,8); Полозьке (72,3); Оріхівське родовища. На Волино-Подільській плиті в піщаних товщах верхнього тортону виявлені Волощинське ( $A+B+C_1 - 5,7$  млн т) і Яцинівське родовища. Родовища розробляються підприємствами Мінстancoпрому (Гусарівське, Вишнівське, Оріхівське), Мінметалургії (Часов-Ярське, Бантишівське, Малишівське), Новокраматорським машинобудівним заводом Мінважмашу (Шабельківське), Артемівським комбінатом для виробництва керамічних труб (Артемівське).

#### ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яка мінеральна сировина використовується в металургійній галузі?
2. Для чого слугує флюсова сировина?
3. Які якості вапняків обумовлюють їх застосування як флюсової сировини?
4. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу флюсових вапняків України.
5. Які родовища флюсових вапняків України придатні для конверторного виробництва?
6. Які ви знаєте родовища доломітів в Україні, придатних для використання в якості флюсової сировини?
7. Чим обумовлене застосування флюориту в металургійній промисловості?
8. Які родовища в Україні є найбільш перспективними для видобутку флюориту як флюсової сировини?
9. Чому родовища плавикового шпату України не розробляються?
10. Які види мінеральної сировини застосовуються для виробництва вогнетривких матеріалів?
11. Які існують вимоги до кварцитів і кварцових пісковиків як сировини для вогнетривких матеріалів?
12. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу кварцитів і кварцових пісковиків України.
13. Якими породами складено Овруцьке родовище кварцитів?
14. Які вимоги існують до вогнетривких глин?
15. Які родовища вогнетривких глин ви знаєте в Україні?
16. Як в металургійній промисловості України використовуються доломіти?
17. Чим обумовлене використання графіту в металургії?
18. Надайте загальну характеристику магнезіальній сировині.
19. Чи забезпечена Україна власною магнезитовою сировиною?
20. Які родовища силіманіту, дистену і андалузиту є в Україні?
21. Які піски відповідають вимогам формувальних пісків?

22. Де в Україні розміщені родовища формувальних пісків?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Антонов Г.И., Недосвитый В.П., Кулик А.С. Исследование талько-магнезитовых руд Правдинского месторождения в качестве сырья для огнеупорной промышленности // Огнеупоры, 1995. – № 1. – С. 17–21.
2. Бордюгов В.П. Каолин (геолого-экономический обзор). – К.: Геоинформ, 1997.
3. Бордюгов В.П. Магнезит и талько-магнезит (геолого-экономический обзор). – К.: Геоинформ, 1997.
4. Бордюгов В.П., Сальников В.Д., Рудаков А.В. Графит. – К.: Геоинформ, 1997.
5. Борзунов В.М. Поиски и разведка месторождений нерудного металлургического сырья. – М.: Недра, 1980.
6. Виноградов С.С. Известняки // Оценка месторождений при поисках и разведках. – М.: Госгеолтехиздат, 1951.
7. Виноградов С.С. Доломиты // Оценка месторождений при поисках и разведках. – М.: Госгеолтехиздат, 1957.
8. Виноградов С.С. Известняки // Требования промышленности к качеству минерального сырья. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. Вып. 10.
9. Виноградов С.С. Доломиты // Требования промышленности к качеству минерального сырья. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. Вып. 20.
10. Вульчин Є.І., Братусь М.Д., Іванців О.Є., Шабо З.В. Високометаморфізовані вуглисті утворення і графіти України. – К.: Наук. думка, 1967.
11. Гаев И.А., Гаева И.М. Брусит из Варваровского ультраосновного массива в Среднем Приднепровье // Минер. сб. Львов. ун-та, 1986. – № 7. – С. 54–60.
12. Глины, их минералогия, свойства и практическое значение. – М.: Наука, 1970.
13. Головенко В.К. Високоглиноземистые формации докембрия. – Л.: Недра, 1977.
14. Горошников Б.И. Петрология високоглиноземистых кристаллических пород докембрия Украины. – К.: Наук. думка, 1971.
15. Гурський Д.С., Жан Рош. Конкурентноспроможні каоліни України // Мін. ресурси України, 1996. – № 3. – С. 15–17.
16. Гурський Д.С., Новосельцев Ю.А., Білошанський М.В. Бахтишське родовище – потенціальна база плавикошпатових руд // Мін. ресурси України, 1995. – № 3–4. – С. 14–15.
17. Гурський Д.С., Шепель І.В., Металіди В.С. До перспективи створення мінерально-сировинної бази плавикового шпату України // Мін. ресурси України, 1999. – № 62. – С. 3–7.
18. Добровольский Е.В. К проблеме генезиса Бахтынского месторождения // Флюорит Украины. – К.: Наук. думка, 1981.
19. Довгань М.Н. Андалузит в породах нижней свиты криворожской серии рудника „Ингулец” // Минер. сб. Львов. ун-та, 1975. – № 29. Вып. 2. – С. 38.

20. Дубына И.В. Графитовые месторождения Украинской ССР. – Харьков: ГОНТИ, 1939.
21. Жовинский Э.Я. Геохимия фтора в осадочных формациях юго-запада Восточно-Европейской платформы. – К.: Наук. думка, 1979.
22. Жовинский Э.Я. Геохимические-фторометрические методы поисков плавикового шпата // Флюорит Украины (критерии поисков). – К., 1981. – С. 55–65.
23. Зарицкий А.И., Гурова Е.П., Стрёмовский А.И. Флюоритовые месторождения Украины // Разведка и охрана недр, 1973. – № 9. – С. 5–10.
24. Зарицкий А.И., Соловьев А.Т. О структурных условиях формирования Покрово-Киреевского флюоритового месторождения. – Л.: ВСЕГЕИ, 1973. – Т. 166. – С. 72–185.
25. Кадастр мінеральних ресурсів Української РСР. Рудна і нерудна сировина для чорної металургії. – К.: Наук. думка, 1971.
26. Каолины Украины. Справочник. – К.: Наук. думка, 1982.
27. Карклит А.К. К вопросу о спекании доломитов // Огнеупоры и техническая керамика, 1997. – № 10.
28. Карякин Л.И. Петрография огнеупоров. – М.: Металлургиздат, 1962.
29. Комарова Г.Н. Основные эндогенные формации флюоритовых месторождений и их промышленное значение // Тез. докл. I Всесоюз. совещ. по флюориту. – М.: ОЭП ВИМС, 1974. – С. 9–12.
30. Кулиш Е.А. и др. Минеральные ресурсы Украины. Неметаллическое минеральное сырье для черной металлургии. – К.: ОМ ИГМР АН Украины, 1993.
31. Лазько Е.Е. Геология графитоносных формаций западных частей Украинского щита: Автореф. канд. дисс. – К., 1981.
32. Месторождения каолинов СССР. – М.: Недра, 1974.
33. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Киев-Львов: „Центр Європы”, 2006.
34. Минеральные ресурсы Украины и мира (на 1.01.2001 г.). – К.: Геоинформ, 2003.
35. Минеральные ресурсы Украины и мира на 1.01.2004 г. – К.: Геоинформ, 2005.
36. Нечаев С.В. Флюорито-барито-сульфидная формация запада Русской платформы. – К.: Препринт ИГФМ АН УССР, 1974.
37. Овчаренко Ф.Д., Кириченко Н.Г., Коваленко Д.Н., Растрененко А.И. Украинские бентониты. – К.: АН УССР, 1958.
38. Огнеупорные материалы и сырье. Справочник / Ред. А.К.Карклит. – М.: Металлургия, 1991.
39. Огнеупоры и техническая керамика, 1997. – № 10. – С. 26–27.
40. Потаненко С.В. Глины и глинистые породы Украинской ССР. – К.: Академия архитектуры Украинской ССР, 1952.
41. Прохоров И.Г., Луканцвер А.А., Роганченко А.Н. Огнеупорные глины // Объяснительная записка к минерагенической карте Украины м-ба 1:5000 000. – Симферополь: ИМР, 1984. – С. 43–47.



42. Пустинський Б.Ю. Районування глинистої мінеральної сировини України // Мін. ресурси України, 1996. – № 3. С. 22–28.
43. Семенов Н.П., Жуков Г.В. Петровский графитоносный район УССР. – К.: АН УССР, 1955.
44. Сивоконь В.И. Украинская каолиноносная провинция // Месторождения каолинов СССР. – М.: Недра, 1974. – С. 37–46.
45. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Справочник для геологов. Вып. 3. Графит. – М.: Госгеолтехиздат, 1960.
46. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Справочник для геологов. Вып. 54. Глины и каолины. – М.: Госгеолтехиздат, 1962.
47. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Справочник для геологов. Вып. 65. Подсобное сырье для черной металлургии. – М.: Госгеолтехиздат, 1963.
48. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Справочник для геологов. Вып. 9. Формовочные материалы. – М.: Госгеолтехиздат, 1963.
49. Уоррел У. Глины и керамическое сырье. – М.: Мир, 1978.
50. Файзулин Л.Д., Гребенщиков Г.И., Иванова Л.Н. и др. Прогнозная оценка территории Украинского щита на высокоглиноземистое сырье // Новые небокситовые виды глиноземистого сырья. – М.: Наука, 1982. – С. 172–177.
51. Яценко В.Г. Структурно-морфологические и генетические типы графита на примере месторождений Украинского щита: Автореф. канд. дис. – К., 1996.
52. Яценко В.Г. Закономерности пространственного расположения проявлений графита на Украинском щите // Аспекты минерации Украины. – К.: НАН Украины, 1998. – С. 254–270.
53. Canadian Minerals Yearbook, 2005

## РОЗДІЛ 5

# БУДІВЕЛЬНА СИРОВИНА

Завдяки своїй механічній міцності та витривалості природне каміння відіграло надзвичайну роль в історії матеріальної та духовної культури людства. На території сучасної України древні греки ще в IV ст. до н. е. використовували інкерманські вапняки та кольорові мармури Криму для будівництва Херсонеса, виготовляли з них колони, які експортували до сусідніх країн. Широке використання природного каміння в будівництві та архітектурі Київської Русі розпочалося в X–XIII століттях. Однією з видатних пам'яток того часу є церква Іоанна Предтечі (X ст.), побудована з кримського вапняку та мармуру візантійськими зодчими на території сучасного м. Керч. За свідченнями фахівців, вона є найдавнішою кам'яною спорудою часів Київської Русі. 1037 р. (XI ст.) у Києві було збудовано унікальну пам'ятку середньовічної архітектури – храм Святої Софії. Для його внутрішнього оформлення використовувалися різьблені рожеві плити з овруцького пірофілітового сланцю, а для колон і огорожі хорів – кримський мармуризований вапняк білого кольору. Як будівельний матеріал при спорудженні храмів міста Києва й прилягаючих до нього земель інколи використовувався лабрадорит з тонко шліфованою поверхнею, яка дозволяла виявляти іризацію – яскравий кольоровий відблиск на певних гранях і площинах спаяності мінералів лабрадору. Серед архітектурних пам'яток середньовіччя, що дійшли до наших днів, слід згадати ансамблі Києво-Печерської лаври в Києві та центральної частини м. Львів, при спорудженні яких були широко використані місцеві породи будівельного каменя: вапняки, пісковики, граніти.

На початку XVIII ст. за наказом Петра I почалося широке використання гірських порід, зокрема гранітів, для будівництва Петербурга. Упродовж XVIII ст. використання природного декоративного каміння як будівельного матеріалу мало неабиякий розмах. Прикладом цього є такі грандіозні споруди, як Зимовий палац, Ісаакіївський собор, постамент пам'ятника Петру I, Олександрівська колона та ін. Крім гранітів, використовувались інші гірські породи. Так, наприклад, червоний шокшинський кварцит, який видобувався в Карелії, був використаний для виготовлення саркофага Наполеону I.

До будівельної сировини відносять природні, штучні та органічні речовини, які використовуються у виробництві будівельних матеріалів, в будівництві будинків, автомобільних шляхів, гребель водосховищ, інших інженерних споруд тощо. Границі групи та її підрозділи

достатньо невизначені і різними авторами трактуються по різному. Зазвичай до неї включають будівельне, декоративне та пиляльне каміння, сировину для в'язучих матеріалів (карбонатні породи, гіпс та ангідрит), цегельно-черепичну сировину (глинисті породи та ін.), заповнювачі для бетонів і розчинів (пісок, гравій, щебінь, глинисті породи, перліт, пемза), кварцити і кварцові пісковики, сировину для фарфоро-фаянсової та склоробної промисловості (каолін, польовошпатована і кварцова сировина, фарфоровий камінь, воластоніт), сировину для кам'яного лиття [5, 12–14, 17–19, 24, 26, 45, 55].

Зростання обсягів будівельних робіт, підвищення вимог до якості та архітектурного рівня будівництва, необхідність зменшення витрат на будівництво та ремонт будівель і споруд потребують постійного розширення виробництва будівельних матеріалів, збільшення їх якості та асортименту.

Незважаючи на забезпеченість ресурсами будівельної сировини України в цілому, окремі райони зазнають гострої потреби в деяких видах сировини, що обумовлює необхідність її транспортування і збільшує вартість будівництва. Усунення дефіциту будівельних матеріалів і зниження їх собівартості можна здійснити завдяки супутньому використанню як будівельної сировини відвалів родовищ металів, вугілля, гірничо-хімічної сировини, що також сприятиме збереженню орної землі та охороні довкілля.

Останнім часом відбувається збільшення видобутку та ріст механізації видобувних робіт. Продуктивність кар'єрів з видобутку будівельного каміння, цементної сировини та інших будівельних матеріалів виражається мільйонами тонн на рік. Збільшилися потужності заводів і комбінатів промисловості будівельних матеріалів, що висувають більш високі вимоги до якості сировини. Промисловість будівельних матеріалів все ширше використовує нові види мінеральної сировини. Зростають обсяги застосування бетону в будівництві, особливо гідротехнічному, що вимагає підвищення якості заповнювачів бетону, які повинні забезпечувати довгий час служби споруд. Це вимагає удосконалення технологічного вивчення сировини, за даними якого можна оцінити її придатність для промислового використання.

Велике значення мають економічні умови розробки родовищ будівельних матеріалів. Родовища мінеральної сировини повинні мати оптимальні геолого-економічні умови, а продукція, що виробляється, – невисоку собівартість. Промисловість будівельних матеріалів, як правило, здійснюється на підприємствах, де видобуток, переробка сировини та випуск готової продукції об'єднані. Це обумовлює економічну доцільність розміщення підприємств поблизу сировинної бази. Разом з тим, велике значення має й наявність паливних ресурсів.

# БУДІВЕЛЬНЕ КАМІННЯ

## Загальні відомості

Під будівельним камінням розуміють тверді гірські породи (магматичні, метаморфічні та осадові), які можуть використовуватися в будівництві в природному стані, чи після механічної обробки (розпилювання, шліфування, подрібнення тощо) [5, 66]. З них одержують пиляне стінове, облицювальне, шляхове (бортове, бруківка та ін.) каміння, вироби спеціального призначення (кислототривкі, лугостійкі, термотривкі й таке подібне), а також нерудні будівельні матеріали масового вжитку – бутове каміння, щебінь та жорству. Слід розрізняти подрібнене або "рване" каміння і штучне каміння.

Подрібнене або "рване" каміння одержують при застосуванні вибухових робіт на кам'яних кар'єрах і подальшому подрібненні відбитої гірничої маси. Це уламки різного розміру, неправильної форми, серед яких розрізняють дрібну крихту – жорству, щебінь і більші уламки – бут. Жорства та щебінь широко застосовуються як заповнювач бетону, залізничний баласт і для інших цілей, а бутове каміння йде для закладання фундаментів і основ гребель, великих гідротехнічних споруд (пірсів, причалів, хвилеломів та ін.) і є грубим стіновим матеріалом. Для шляхового будівництва придатне каміння, з якого можна одержати бруківку та шашку для покриття шляхового полотна, бортове й так зване бордюрне каміння.

Якщо при обробці (пасуванні, шліфовці, поліровці) вдається одержати каміння потрібних розмірів з правильною зовнішньою формою, то таке каміння називають штучним. Воно широко використовуються для кладки стін будівель і промислових споруд, для облицювання стін (облицювальне каміння).

Для обробки монументально-декоративного каміння застосовують розпилювання, шліфування, полірування; його використовують для спорудження пам'ятників, монументів, постаментів, виготовлення декоративних виробів, облицювання будівель та ін.

Будівельна промисловість застосовує природне каміння, яке відноситься до всіх трьох генетичних груп гірських порід: осадової, метаморфічної та магматичної. З осадових порід зазвичай розробляються вапняки, доломіти та пісковики; з магматичних – граніти, сієніти, діорити, габро, порфіри, порфірити, вулканічні туфи, базальти, з метаморфічних – мармури, кварцити, гнейси, кристалічні сланці тощо.

## Галузі використання та вимоги до сировини

Для оцінки якості будівельного каміння застосовують державні стандарти "Щебінь для всіх видів будівельних робіт", "Щебінь, пісок та гравій для важких бетонів", "Щебінь та пісок для асфальтобетонних сумішей", "Щебінь для баластного шару залізничного шляху", "Каміння будове", ДСТУ БВ 2,7-75-98; 2,7-17-95; 2,7-35-95; ДСТ 7392-85; 8267-82; 102-60-82; 22856-89 та ін. Окремі стандарти регламентують додаткові технічні вимоги до щебеню, який одержують з порід, що видобуваються попутно, та відходів гірничо-збагачувальних підприємств; є також держстандарт для декоративного щебеню.

Найважливішими властивостями будівельного каміння є міцність (опір механічним навантаженням), густина, об'ємна маса, пористість, водовбирання, водостійкість, морозостійкість, зношування, в'язкість та ін. (табл. 61).

**Таблиця 61**

### Фізико-механічні властивості будівельного каміння

Порода	Об'ємна маса, т/м <sup>3</sup>	Густина, т/м <sup>3</sup>	Пористість, %	Межа міцності при стисканні, МПа		Водовбирання, %	Знос у поличному барабані %
				У сухому стані	У водонасиченому стані		
Граніт	2,5-2,7	2,6	0,5-0,7	48-280	35-215	0,1-1,7	1,5-5
Гранітогнейс	2,5-2,8	2,8	0,1-11,3	68-175	63-168	0,3-1,1	1-12,3
Сієніт	2,5-2,6	2,7	0,1-5,9	100-205	78-135	0,3-1,5	-
Діорит	2,7-2,8	2,8	0,3-5,4	62-278	59-225	0,1-0,9	-
Гранодіорит	2,5-2,8		0,5-4	132-215	100-210	0,2-0,5	4,7-5,5
Габро	3,1-3,3		-	112-375	110-277	0-0,2	1,9-7,9
Лабрадорит	2,6-2,9		0,4-2,9	55-262	47-232	0-0,4	-
Трахіт	2,2-2,6		-	59-160	-	1,2-4	4,8-6,6
Діабаз	3,1-3,2		-	310-370	-	0-0,1	2,3-2,9
Базальт	2,6-3		0,1-0,9	100-500	95-450	0,1-1,9	0,5-4,5
Андезит	2,5-2,8	2,7	0,2-7,9	83-250	80-230	0,1-1,9	-
Порфірит	2,7-2,8	2,8	0,4-2	110-239	-	0,1-1,3	2,2-5,6
Гнейс	2,6-2,8	2,8	0,3-2,2	75-150	73-145	0,2-0,7	-
Амфіболіт	2,8-2,9	2,9	0,1-2	121-148	115-140	0,2-0,3	-
Кварцит	2,5-2,6	2,7	-	90-329	-	-	-
Мармур	2,6-2,8	2,8	0-2	20-200	10-160	0,1-0,4	-
Вулканічний туф	0,8-1,8	2,4	4,9-67,8	7-73	-	7,6-46,7	-
Вапняк	1,4-2,8	2,9	0,3-15	8,4-250	7,5-220	0,1-15	0,8-12
Доломіт	2,2-2,9	3	0,3-12	4,5-220	3,3-245	0,05-15	0,6-10

Міцність каміння обумовлена його складом, розміром, структурними й текстурними особливостями, ступенем трищинуватості і вивітреності. Найбільш міцними є породи з рівномірнозернистою дрібнозернистою структурою, мінімальною пористістю, свіжі, складені щільними, стійкими до вивітрювання мінералами. Знижують міцність трищинуватість і вивітреність порід, висока пористість, неоднорідність будови, наявність порфірових структур і склуватої основної маси, сферолітові, смугасті, флюїдальні, гнейсовидні текстури, шаруватість і таке інше. Міцність тісно пов'язана з такими показниками, як щільність і об'ємна маса, що зростають зі збільшенням основності порід від 2,5–2,6 г/см<sup>3</sup> для гранітоїдів до 2,8–2,9 г/см<sup>3</sup> для габроїдів і базальтів. Чим вище ці показники, тим більший термін служби каміння.

Водостійкість будівельного каміння визначається коефіцієнтом розм'ягчення, за яким вони поділяються на три групи:  $K = 0,6-0,7$ ;  $0,7-0,9$ ;  $> 0,9$ . Ступень морозостійкості багато у чому визначає погодостійкість будівельного каміння, вона залежить від мінерального складу, структури, текстури, пористості породи, наявності трищинуватості і таке інше. За цим показником (кількість циклів поперемінного заморожування і відтаювання без видимих руйнувань і зниження міцності) виділяють марки від 10 до 200.

Вимоги до якості будівельного каміння визначаються галуззю їх використання: дорожнє (бортове, брущатка та ін.), рване (бутове), дроблене (щебінь, крошка, штучний пісок); каміння спеціального призначення (жаростійке, кислото- та луготривке) та ін.

Дорожнє каміння застосовують у дорожньому будівництві: бортове і колоте каміння, мостове і бордюрочне, брущатка, каміння для узбіччя доріг, для огорож і окантовки тощо. Воно з одного боку повинне відносно легко відокремлюватися від маси і оброблятися, з іншого – бути стійким до кліматичного і механічного впливу. Використовують міцні породи (базальти, габро, діорити, граніти, рідше вапняки і пісковики) з міцністю на стиснення 40–180 МПа, стираємістю не більш 5–20 %, водовбиранням менш 5 %, високою морозостійкістю, без видимих ознак вивітрювання, механічного, або хімічного руйнування.

Рване і бутове каміння складають найбільший об'єм будівельного каміння. Вони використовуються для кладки фундаменту, виготовлення бутобетону, щебеню, піску, гравію для дорожнього будівництва, щебеню як заповнювача для бетону. Це каміння повинне легко руйнуватися при вибуху і дробленні, бути стійким до кліматичного і механічного впливу, не мати текстурних і структурних неоднорідностей, мати міцність не менш 100 кгс/см<sup>2</sup>, коефіцієнт розм'ягчення не нижче 0,7–0,8, морозостійкість – не менш 25–50 циклів. Гірські породи, які використовуються для щебеню, залежно від міцності, поділяються

на сім марок: 1200, 1000, 800, 600, 400, 300, 200; за розмірами – на фракції: 5–10 мм, 10–20 мм, 20–40 мм, 40–70 мм; за морозостійкістю – на сім марок: Мрз-15, Мрз-25, Мрз-50, Мрз-100, Мрз-150, Мрз-200, Мрз-300. Кількість зерен слабких і вивітрілих порід не повинна перевищувати 10 %; пилоподібних, мулистих та глинистих часток у щебені – 1–3 %. вміст зерен пластинчастої (лещадної) або кутуватої форми – 35 %. Небажаним є наявність сульфідних і сульфатних сполук, аморфних різновидів кремнезему тощо.

Кришку, яку виробляють подрібненням каменю, використовують для різних цілей: мармурову – в декоративних бетонах, з яких виготовляють підвіконня, сходи, фасадне облицювання тощо; сланцеву – для виготовлення рубероїду; вапнякову – на виготовлення асфальту й шляхового покриття. Розмір кришки залежно від призначення коливається від 0,5 до 0,15 мм. Для мармурової кришки лімітується міцність каміння (не менше  $4 \cdot 10^7$  Па\*) і водовбирання (не менше 46 %).

Ультраосновні породи (дуніти, олівініти, серпентиніти, перидотити) можуть використовуватися для виготовлення форстеритових вогнетривких матеріалів і виробів. Вони повинні мати вогнетривкість 1500–1900°C, вміщувати невелику кількість домішок. Шкідливими домішками є глинозем, оксид кальцію, які знижують вогнетривкість матеріалу. Оксид заліза теж знижує вогнетривкість, але допомагає спіканню вогнетривів. Домішки бруситу й карбонатів магнію підвищують вогнетривкість. Для виробництва форстеритових вогнетривів використовується сировина, яка вміщує (на прожарену речовину) MgO не менше 46 %; CaO не більше 2 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не більше 3 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO не більше 6 % для першосортної продукції та 15 % для продукції нижчих сортів; SiO<sub>2</sub> 16–33 %. Регламентується розмір шматків (10–250 мм) і вміст дріб'язку (шматків за розміром менше 10 мм має бути не більше 5 %). До кислототривких матеріалів, що застосовуються для будівництва та захисного футерування різних установок і апаратів, на які діють агресивні реагенти (кислоти, луки, їдкі газы), різкі зміни температур (від 200 до 3500°C) і тиску (від вакууму до 0,1 МПа), відносять переважно кислі та середні магматичні породи – граніти, трахіроліти, фельзити, андезити, бештауліти та ін. З цих порід виробляють суцільнотесані плити, цеглу, бруси та фасонні вироби.

Магматичні породи можуть бути сировиною для виробництва кислототривкої цегли за умови їх кислотостійкості не менше 95 %, водовбиранні не більше 10 %, межі міцності при стисканні не менше 30 МПа (300 кгс/см<sup>2</sup>), тимчасовому опорі згинанню не менше 16,5 МПа (165 кгс/см<sup>2</sup>). Для окремих видів цегли регламентується

термостійкість та водопроникність.

Для виготовлення пресових валів паперо-, картоноробних і сушильних машин застосовуються граніти з механічною міцністю не нижче 120 МПа (1200 кгс/см<sup>2</sup>), відсутністю вкраплення великих (понад 35 мм) зерен польового шпату та кварцових жили ширше 50 мм.

Пемза використовується у хімічній промисловості для виготовлення фільтрів, у нафтопереробній і харчовій – для очищення нафтопродуктів і мастил, у дерево- й металообробній – для виготовлення літографічного каміння, як абразив, для шліфування та полірування мармуру.

## Економічні відомості

Світова продукція будівельного каміння у 2004 р. сягнула 89 млн т, вона підвищилась на 3,4% у порівнянні з 2003 р. Більше всього каміння виробляють Китай (20,6 млн т), Індія (11,2), Італія (10,6), Іран (10,4), Туреччина (7,7). За останні 5 років продукція зросла на 126 % у Бразилії, 58 % – в Китаї, 31 % – в Ірані. США в 2004 р. виробили 1,3 млн т дробленого каміння на суму 257 млн \$., на 21% більше, ніж у 2003 р., 304 тис. т вапняків, 267 – гранітів, 22 – мармурів 79 – пісковиків. У 2006 р. у США видобуто 1,7 млн т каміння дробленого, 1,5 млн т штучного (граніт, вапняк, мармур, пісковик, сланці, зеленокам'яні породи, базальти, трапи). В Канаді у 2004 р. було видобуто (тис. т) – вапняки – 564, граніти – 429, мармур – 98,7, пісковики – 208. Середня ціна будівельного каміння (\$/т) в США у 2004 р. була: граніт – 251, вапняк – 168, пісковик – 118, мармур – 168, сланці – 698, а у 2005 р.: граніти – 254, вапняки – 165, мармур – 91, пісковики – 126, сланці – 617), що на 7% вище ціни 2004 р. Ціна на каміння дроблене складала (\$/т): 2002 р. – 5,71; 2003 р. – 5,98; 2004 р. – 6,08; 2005 р. – 7,18; 2006 р. – 7,75 [69, 71].

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Родовища будівельного каміння можуть мати осадове, магматичне і метаморфічне походження. За формою тіл і умовами їх залягання виділяється дві групи родовищ: 1) приурочені до великих масивів (батоліти, штоки, лаколіти) інтрузивних порід (граніти, діорити, лабрадорити, габро) з витриманим складом й якістю каміння за площею і глибиною; 2) родовища осадового походження (вапняки, доломіти, пісковики), покриви і потоки ефузивних порід (базальти, андезити, вулканічні туфи), деякі родовища метаморфічних порід (мармур, кварцити, гнейси) пластовидної форми, витримані за потужністю й якістю, залягають горизонтально або слабко похилено.



## Родовища України

В Україні відомо понад 700 родовищ будівельного каменю із загальними запасами понад 9 млрд м<sup>3</sup>, понад 300 з яких розробляється (табл. 62). Його родовища відомі в межах УЩ (граніти, діорити, чорнокіти, гнейси, мігматити, кварцити, мармури), Волино-Подільської плити (базальти, пісковики, вапняки, мармуризовані вапняки, травертин, гіпс), Причорноморської западини (вапняки), Карпат (гранітогнейси, мармури, мармуризовані вапняки, андезибазальти, вулканічні туфи), Криму (мармуризовані вапняки, ракушнякаи), Донбасу (метаморфізовані пісковики, вапняки) (рис. 50) [36, 37, 39, 59, 60].

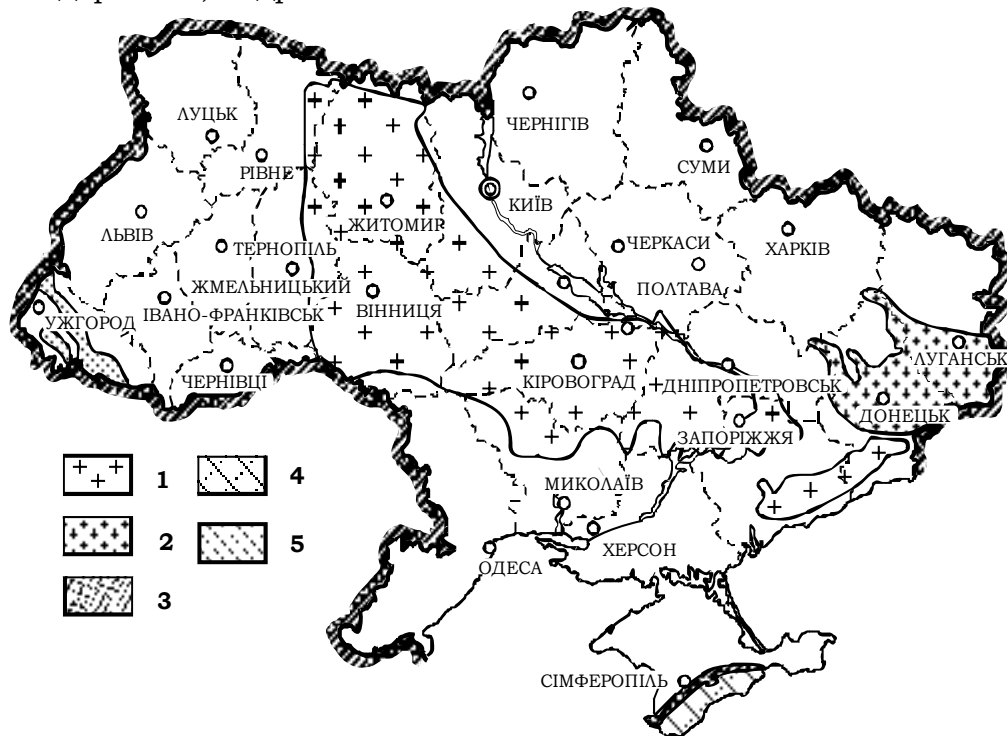
**Таблиця 62**

### Запаси будівельного камення України, тис. м<sup>3</sup>

Республіка, область	Кількість родовищ		Запаси на 01.01.98		Видобуток у 1997 р.
	Всього	Розробляється	Всього	Розробляється	
АР Крим	25	16	156949	137083	244
Вінницька	84	48	458011	368809	701
Волинська	1	0	17966	0	0
Дніпропетровська	48	32	591451	416560	3299
Донецька	30	17	737699	336437	996
Житомирська	72	40	1610862	841081	3076
Закарпатська	36	15	243029	80663	525
Запорізька	32	21	992112	376470	1279
Івано-Франківська	12	6	44789	37194	96
Київська	22	14	143305	108521	510
Кіровоградська	66	40	693288	533729	541
Луганська	41	19	421418	218306	330
Львівська	9	4	48449	8839	13
Миколаївська	35	17	553394	361117	237
Одеська	18	11	27233	21527	53
Полтавська	16	10	1361620	459949	1213
Рівненська	34	21	540956	383338	875
Сумська	1	0	1065	0	0
Тернопільська	29	12	94695	71686	286
Харківська	5	5	18975	18975	0
Херсонська	16	1	29642	5431	0
Хмельницька	39	15	351508	192286	390
Черкаська	32	22	175012	143875	512
Чернівецька	5	1	10924	2410	0
<b>Всього</b>	<b>708</b>	<b>387</b>	<b>9324352</b>	<b>5125734</b>	<b>15176</b>

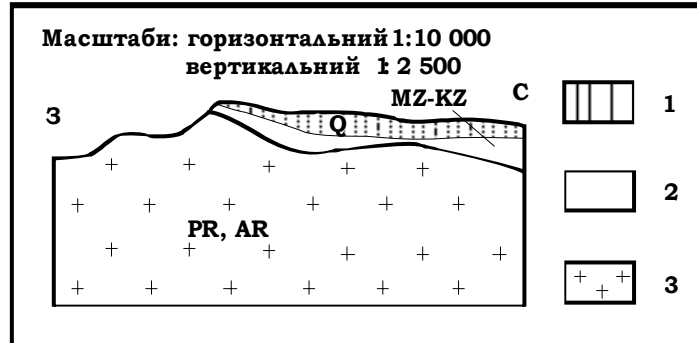
На УЩ розташовані Житомирська (72 родовища), Вінницька (84), Дніпропетровська (48), Запорізька (32), Київська (22), Кіровоградська (66), Миколаївська (35), Полтавська (16), Рівненська (34), Хмельницька (39) і Черкаська (32) області, в яких знаходиться 67,5 % усіх родовищ будівельного каміння найкращої якості.

Найбільше родовищ розробляється в Житомирській області: Клесівське (рис. 51), Пержанське, Овруцьке (рис. 52), Коростишівське, Бехівське, Малинське, Лезниківське та ін. У Кіровоградській області відомі родовища Трикратівське, Олександрівське, Актівське, Ерастівське, Баланівське та ін.; в районі Кривого Рогу – родовища гранітів Недаїводське, Коломоївське, гнейсів Велика Глеєватка; в Запорізькій області – Янцівське, Передаточне, Запорізьке та ін.; в Приазов'ї – Каранське, Хлібодарівське, Андріївське та ін.

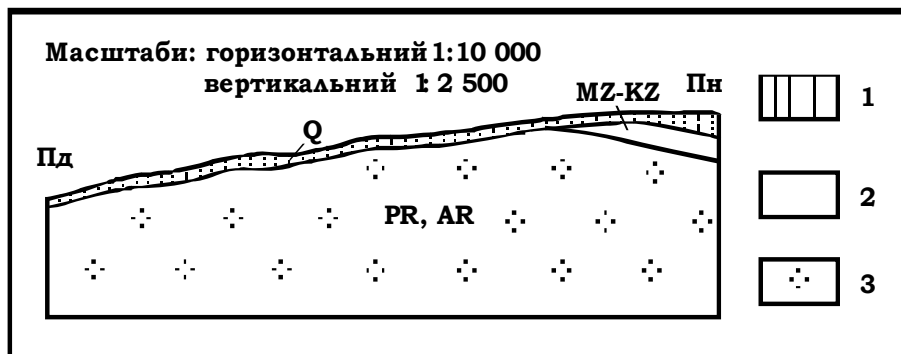


**Рис. 50. Карта перспективних площ будівельного каміння України**  
 1 – кристалічні породи фундаменту (граніти, гнейси та ін.); 2 – пісковики і вапняки карбонів; 3 – діорити, вапняки юрські і крейдові перекристалізовані; 4 – гранодіорити і вапняки юрські, мармуризовані; 5 – андезити, перліти і туфи неогенові

В Донбасі розвинені родовища пісковика: Браунівське (рис. 53), Санжарське, Монахівське, Вальянівське, органогенного вапняку, базальту – Балка Камишеваська із запасами понад 28 млн м<sup>3</sup>) (рис. 54).



**Рис. 51. Родовище гранітів Клеśівське II (схематичний геологічний розріз за матеріалами М.Готмахера, 1976)**  
1 – ґрунт, піски, суглинки; 2 – вивітрені породи; 3 – граніти



**Рис. 52. Овруцьке родовище кварцитів (схематичний геологічний розріз за матеріалами Л.Сукачової, 1970)**  
1 – ґрунт, піски, суглинки; 2 – вивітрені породи; 3 – кварцити



**Рис. 53. Браунівське родовище пісковиків і вапняків (схематичний геологічний розріз за матеріалами А.Резніка, 1959)**  
1 – ґрунт, піски, суглинки; 2 – вапняки; 3 – аргіліти, алевроліти, сланці; 4 – пісковики



**Рис. 54. Родовище базальтів Балка Камішеваська (схематичний геологічний розріз за матеріалами В.Корсун, 1964)**

1 – ґрунт, піски, суглинки; 2 – вивітрені породи; 3 – граніти; 4 – базальти; 5 – тектонічні порушення

У Криму найбільшими є Шархинське родовище гранодіоритів і Мармурове мармуризованих вапняків, інші невеликі за запасами.

В Закарпатті розповсюджені родовища андезитів (Рокосівське, Королівське, Кленовецьке), ріолітів (Косинське), перлітів (Мужієвське).

Крім цього слід відмітити Висачківське та Козубівське родовища діабазів у Полтавській області; невеликі родовища органогенного вапняку в Одеській, Миколаївській, Херсонській областях; вапняків і пісковиків – у Львівській, Тернопільській та Хмельницькій областях.

В Україні нараховується біля 400 підприємств, що випускають буро-щебелеву продукцію (ВАТ „Гніванський кар'єр”, Токівський кар'єр, Новопавлівський кар'єр, ВАТ „Малинський каменедробильний завод, Запорізький кар'єр, Клесівський кар'єр „Діорит”). Діючі підприємства забезпечені розвіданими запасами на 20–25 років, є перспективи розширення мінерально-сировинної бази будівельних матеріалів.

## ДЕКОРАТИВНЕ КАМІННЯ

### Загальні відомості

Декоративне каміння використовується для оздоблення будівель і споруд, виготовлення елементів інтер'єру (підвіконь, колон, куль) та екстер'єру (садово-паркових скульптур, тротуарних плит, бордюрів, бруківки, шашки), монументальних пам'ятників, цокольних і накривних плит, архітектурно-будівельних виробів, оздоблення ландшафт-

них парків тощо. Декоративні гірські породи УЩ почали використовуватись наприкінці ХІХ ст. Як приклад можна відмітити використання гранітів Корнінського родовища для оздоблення постаменту пам'ятника Богдану Хмельницькому в 1888 р. Масове використання гранітів, габро, лабрадоритів з родовищ УЩ почалося в 20–30-х рр. ХХ ст. при будівництві московського метрополітену та інших споруд суспільно-масового призначення. Тільки для оздоблення станцій метро в Москві було використано більше 200 тис. м<sup>2</sup> мармуру, граніту, мармурового оніксу, родоніту та інших порід. У 40–50-ті рр. значно підвищились вимоги до зовнішнього оздоблення державних і суспільних будівель та споруд. У зв'язку з цим зростає зацікавленість архітекторів природним камінням як міцним і гарним оздоблювальним матеріалом. Постійне вдосконалення технології видобутку й обробки каміння дозволяє значно розширити масштаби його використання.

### Галузі використання та вимоги до сировини

Виділяють такі напрямки використання каміння:

- Будівлі (адміністративні, культурно-побутового призначення, навчальні заклади, вокзали, промислові підприємства, житлові та ін.);
- Споруди (станції метрополітенів, підземні переходи, фонтани й декоративні басейни, стадіони, підпори мостів, огорожі, набережні та ін.);
- монументи та пам'ятники, скульптури, меморіальні дошки;
- деталі машин паперової, керамічної, цементної, фарфоро-фаянсової, електротехнічної, металургійної та інших галузей промисловості;
- шляхове та садово-паркове будівництво;
- предмети народного споживання.

Відповідно до використання природного каміння до нього висуваються вимоги за розмірами, формою, зовнішнім виглядом та іншими якісними показниками [1, 2, 16, 21, 25, 50, 52, 56, 58]. Облицювальні плити найширше використовуються в будівництві будівель та споруд і є основним видом продукції, яка виготовляється каменепереробними підприємствами. Плити облицювальні виготовляються методом розпилу міцних гірських порід – кварциту, граніту, габро, лабрадориту, сіеніту, діориту, базальту; порід середньої міцності – діабазу, порфіриту, андезиту, гнейсу, трахіту, мармуру, мармуризованого вапняку, конгломерату, природної брекчії; порід з низькою міцністю – пісковіку, вапняку, доломіту, вулканічного туфу, гіпсу, черепашнику.

Розміри плит, відповідно до технічних вимог, правила приймання, методи випробування, маркування, упаковка, транспортування й зберігання регламентуються ДСТУ Б В.2.7-37-95. Облицювальні плити мають виготовлятися з прямокутною та квадратною формою, допус-

кається за погодженням сторін виробництво плит косокутної форми. Допустимі відхилення від розмірів і якості лицьової поверхні не повинні перевищувати: за товщиною  $\pm 3$  мм, за довжиною й шириною  $\pm 1$  мм. Розміри каверн і раковин на плитах з травертину, туфу й черепашнику не повинні перевищувати 50 мм.

Плити не повинні мати тріщин і віспин на поверхні. На плитах з кольорового мармуру та мармуризованого вапняку допускаються тріщини, що проглядаються не більше, як на третину ширини плити, які не погіршують експлуатаційних і декоративних якостей плит. Плити та вироби із зазначеними тріщинами мають застосовуватись для внутрішніх робіт. На лицьовій поверхні плит і виробів допускаються прожилки та смуги, якщо вони не погіршують їх декоративних властивостей.

Облицювальні плити випускаються з такими фактурами обробки лицьової поверхні: полірована – з дзеркальним блиском, чітким відбиттям предметів, без слідів оброблення попередньої операції; лощена – без слідів оброблення попередньої операції та з повним виявленням малюнку каміння; шліфувана – рівномірно шорстка зі слідами оброблення, отриманими тільки при шліфуванні, з висотою нерівностей рельєфу до 0,5 мм; пиляна – нерівномірно шорстка з висотою нерівностей рельєфу до 2 мм; оброблена ультразвуком – з виявленим кольором і малюнком каміння; термооброблена – шорстка зі слідами луцення з нерівностями рельєфу заввишки 5 мм; "скеля" – обколена з висотою нерівностей рельєфу від 50 до 200 мм без слідів інструмента.

З відходів, що утворюються при виробництві архітектурно-будівельних виробів і розпилюванні плит, виготовляють штучні облицювальні плити з використанням неорганічних чи синтетичних в'язучих. Залежно від способу виготовлення плити поділяються на пресовані (формовані); пиляні зі штучно відформованих блоків; склеєні зі шматків каміння. Фактура лицьової поверхні плит може бути полірованою, лощеною, шліфованою, пиляною.

Основними факторами, що визначають практичну цінність гірських порід як декоративного каміння, є їх художньо-естетична якість, довговічність, блочність та фізико-механічні властивості. Загальні технічні умови для блоків з природного каміння для виробництва облицювальних виробів зазначені в ДСТУ Б В.2.7-59-97, а для плит та виробів з природного каміння в ДСТУ Б В.2.7-37-95.

Художньо-естетична якість (декоративність) природного каміння є однією з найважливіших ознак, що визначає придатність гірських порід до виготовлення архітектурно-оздоблювальних і монументальних виробів, елементів інтер'єру та екстер'єру будівель та споруд. Під цим терміном розуміють сукупність позитивних зовнішніх ознак декоративності гірських порід,

включаючи забарвлення та малюнок. Забарвлення гірських порід обумовлене їх петрографічним і хімічним складом, домішками, залежить від кольору породоутворюючих і інших мінералів. Кварц найчастіше є безколірним, рідше буває чорним, ніжно-рожевим, блакитним. Польові шпати можуть мати червоне, рожеве, жовте, біле, сіре або чорне забарвлення в залежності від складу і вмісту оксидів заліза. Рогова обманка та епідот темнять природний камінь, надаючи йому зеленкуватого відтінку. Амазонітові граніти мають блакитно-зелений відтінок внаслідок наявності в їх складі амазоніту. Синє або блакитне забарвлення деяких різновидів лужних сієнітів пов'язане з наявністю в цій породі содаліту.

Малюнок утворюється поєднанням структури, текстури породи і кольоровою тональністю мінеральних компонентів, що її складають. За цими ознаками декоративне каміння поділяється на категорії:

з декоративними структурами – крупно- й гігантозернисті для гранітів кольорових і біло-сірих, лабрадоритів, габроноритів і анортозитів; середньо- й дрібнозернисті – для кварцитів, гранітів сірих, сієнітів, діоритів, гранодіоритів, пісковиків, мармурів, вапняків тощо;

з недекоративними структурами – середньо- й дрібнозернисті для гранітів кольорових і біло-сірих, лабрадоритів, габроноритів і анортозитів; крупнозернисті – для кварцитів, гранітів сірих, сієнітів, діоритів, гранодіоритів, пісковиків, мармурів, вапняків і таке інше.

Особливості текстури та структури по різному впливають на художньо-естетичну якість декоративного каміння. Наприклад, вважають, що крупнозернисті та порфіроподібні різновиди найбільше придатні для кольорових гранітів, оскільки вони підвищують виразність малюнка й забарвлення каміння.

За колористичною характеристикою гірські породи поділяються на хроматичні, що характеризуються широким діапазоном кольорів і відтінків та їх різноманітним поєднанням (граніти, кольорові мармури, кварцити червоного, рожевого, коричневого, зеленого та близьких до них кольорів різного ступеня насиченості); ахроматичні, представлені чорним, сірим і білим камінням (габроїди, амфіболіти, шунгітові сланці, сірі граніти, мармури, кварцити, гіпси).

Довговічність є одним з найважливіших критеріїв оцінки якості декоративного каміння при його використанні в будівництві та архітектурі (табл. 63). Практика показує, що використання гірських порід III і IV категорії довговічності для зовнішнього облицювання в межах північної частини України є недоцільним. Довговічність декоративного каміння суттєво підвищує полірована фактура обробки лицьової поверхні, на якій не затримуються агресивні речовини та атмосферні чинники.

**Таблиця 63****Класифікація природного каміння за довговічністю**

Категорія довговічності	Породи	Строк служби, р.
I (дуже довговічні)	Кварцит, дрібнозернистий граніт	500-650
II (довговічні)	Граніти крупнозернисті, сієніти, габро, лабрадорити, вулканічні туфи	220-350
III (відносно довговічні)	Білі мармури, щільні пісковики, щільні вапняки	75-150
IV (недовговічні)	Кольорові мармури, пористі вапняки, гіпси й ангідрити	20-75

Блочність – один з основних факторів, що визначає рентабельність розробки родовищ декоративного каміння. Це теоретично можливий вихід блоків гірських порід, які відповідають вимогам промисловості, він визначається природною тріщинуватістю. Тріщини зазвичай поділяються на позадозжні (S), поперечні (Q), первинно-шаруваті (L), діагональні (D).

Характерною особливістю більшості родовищ декоративного граніту УЩ є невелика тріщинуватість, тобто висока блочність. Отримання великих блоків правильної паралелепіпедальної форми можливе на Янцівському, Кудашівському, Трикратненському, Новоданилівському, Межиріцькому, Софіївському, Капустинському, Омелянівському та інших родовищах. Розміри блоків граніту, як правило, відповідають вимогам зовнішньоекономічних угод. Природні блоки відповідно до ДСТУ Б В.2.7-59-97 за об'ємом поділяються на п'ять груп (табл. 64).

**Таблиця 64****Групи блоків природного каміння в залежності від їх об'єму**

Група	Об'єм, м <sup>3</sup>
I	понад 5,0
II	3,51-5,0
III	2,01-3,5
IV	1,01-2,0
V	0,71-1,0
VI	0,01-0,7

Фізико-механічні властивості гірських порід визначають технологію їх видобутку та обробки, напрямки практичного використання. Тому при виборі декоративного каміння необхідно брати до уваги показники його міцності та морозостійкості, водовбирання, пористість, стираємість (табл. 65).



Таблиця 65

## Технічні вимоги, що висуваються до різних типів гірських порід

Породи	М, не менше	мрз, не менше	К, не менше
Граніт, діорит, сієніт, габро, кварцит	90	Мрз50	1
Лабрадорит, базальт, діабаз, андезит	60	Мрз50	1
Мармур і мармуризований вапняк	50	Мрз25	0,7
Пісковик	30	Мрз25	0,7
Вапняк щільний і доломіт	20	Мрз25	0,65
Травертин	20	Мрз25	0,7
Туф вулканічний фельзитовий	20	Мрз15	0,7
Гіпсовий камінь	15	Не нормується	0,65
Вапняк пористий	5	Мрз15	0,65
Туфи вулканічні інших типів	5	Мрз25	0,7

М – межа міцності при стискуванні, МПа, мрз – марка за морозостійкістю, К – коефіцієнт пониження міцності при насиченні водою

Оцінка стираємості є важливою для гірських порід, які використовуються для вистилання підлоги, тротуарів, виготовлення східців тощо. В ДСТУ Б В.2.7-59-97 зазначено, що стираємість при слабкому русі людей (менше 500 чел./год.) повинна бути не більшою 2,2 г/см<sup>2</sup> і не більшою 0,5 г/см<sup>2</sup> – при інтенсивному русі (більше 1000 чел./год. – метро, вокзали, магазини, спортивні комплекси тощо).

Водовбирання гірських порід впливає на їх міцність і морозостійкість. Для магматичних порід воно складає 0,2-0,7 %, для інших – не більше 30 %. При водовбиранні 0,8 % декоративний камінь має майже "абсолютну" морозостійкість. Основним фактором, який визначає водовбирання гірських порід, є їх пористість, за якою вони поділяються на низько- (менше 5 %), середньо- (5-10 %) і високопористі (до 20-30 %). До каміння, яке використовується для викладання стін, висуваються також вимоги теплопровідності.

Велике значення для оцінки якості декоративного каміння має твердість гірських порід, за якою вони поділяються на три категорії: тверді, середньої твердості та м'які. Залежно від цього підбирається технологія видобутку та обробки гірських порід, від якої залежить детальність обробки архітектурних елементів з декоративного каміння для оздоблення будівель і споруд, можливість різьблення по ньому.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

За походженням гірські породи, що використовуються як декоративне каміння, можуть бути магматичними (граніти, гранодіорити,

діорити, сієніти, габро, лабрадорити, діабазы, базальти, андезити, ріоліти, вулканічні туфи), метаморфічними (мармури, гнейси, сланці, кварцити, родоніт), осадовими (пісковики, вапняки, доломіти, черепашники, конгломерати, гіпси, ангідрити).

**Магматичні гірські породи** утворюються в результаті застигання й кристалізації магми. Якщо цей процес проходить на глибині, утворюються повнокристалічні інтрузивні породи; на денній поверхні – ефузивні, які відрізняються афанітовою або скловатою структурою. За формою залягання тіла інтрузивних порід поділяються на: конкордантні (згідні з нашаруванням вміщуючих порід – лаколіти, лополіти, факоліти, сіли) і дискордантні (незгідні з вміщуючими породами – батоліти, штоки, дайки, інтрузивні жили, вулканічні некки). Магматичні породи розрізняються за хімічним складом, співвідношенням породоутворюючих мінералів і петрогенних елементів: O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti, H. За вмістом SiO<sub>2</sub> вони поділяються на кислі (75-65 %), середні (65-52 %), основні (52-45 %), ультраосновні (< 45 %) і лужні. Мінеральний склад магматичних порід досить різноманітний, однак найбільш поширеними є польові шпати, амфіболи, піроксени, слюди, в меншій кількості – олівін, нефелін, лейцит, магнетит, апатит та ін. Серед глибинних інтрузивних порід кислого складу найбільше поширення мають граніти та деякі інші гірські породи, близькі до них за петрографічним складом і структурою (гранодіорити, діорити, габро).

Граніт – абісальна порода з повнокристалічною структурою. Основними породоутворюючими мінералами є кварц (25-35 %), калієвий польовий шпат (35-40 %), кислий плагіоклаз (15-25 %), біотит (5-15 %), мусковіт, рогова обманка; акцесорні – апатит, циркон, магнетит, турмалін, серицит та ін. Кварц знаходиться в вигляді безбарвних, димчасто-сірих, чорних, інколи слабо рожевих зерен неправильної форми. Ортоклаз має рожеве, м'ясо-червоне, сірувато-біле забарвлення й легко ідентифікується за спаяністю та скляним блиском на її площинах. У залежності від величини зерен розрізняють велико-, середньо- та дрібнозернисті структури граніту. Якщо на фоні основної маси породи виділяються більші за розмірами мінерали, така структура називається порфіровидною (граніти Капустинського, Войнівського, Ташлицького родовищ). Порфіровидні, великозернисті біотит-роговообманкові граніти з великими зональними виділеннями (овоїдами) калієвого польового шпату й плагіоклазу називаються рапаківі.

Середні породи містять 52-65 % SiO<sub>2</sub> і мають все ще більш високий вміст світлих мінералів (ортоклаз, мікроклін, плагіоклаз), ніж темних (рогова обманка, біотит). Ця група порід представлена діоритами, кварцовими діоритами та сієнітами.

Основні породи вміщують 45-52 % SiO<sub>2</sub>. Головними породоутворюючими мінералами є основний плагіоклаз (від лабрадору до анортиту), ромбічний і моноклінний піроксени (авгіт та ін.), рогова обманка, рідше зустрічаються олівін, біотит. Група цих порід представлена габро, норитами, анортозитами та лабрадоритами. Габро має сіре, темно-сіре, зеленкувато-сіре, чорне забарвлення та дрібно-середньозернисту структуру. Порода, утворена майже цілком мінералом лабрадором, називається лабрадоритом. Вона має характерну для цього мінералу іризацію в блакитних, зелених і жовтих тонах.

Ефузивні породи є аналогами інтрузивних за хімічним складом. Наприклад, ріоліт є аналогом граніту, андезит – діориту, трахіт – сієніту, базальт – габро. Ефузивні породи поширені переважно в областях молодого складчастості (райони інтенсивної вулканічної діяльності). Найбільше поширення серед усіх ефузивних порід мають базальти.

Мінеральний склад **метаморфічних гірських порід** різноманітний. Вони можуть бути як мономінеральними – кварцит, мармур, так і полімінеральними – гнейси, сланці тощо. Головні породоутворюючі мінерали представлені кварцом, польовими шпатами, слюдами, піроксенами та амфіболами. Такі метаморфічні породи, як мармур, мігматити, гнейси, мармуризовані вапняки, переважно залягають у шаруватій або лінзоподібній формі.

Мармур – це зерниста метаморфічна порода, яка складається переважно з мінералу кальциту. Утворюються вони при перекристалізації вапняків. За розміром зерен виділяють дрібно-, середньо- та великозернисті мармури.

Кварцити – це щільні зернисті породи масивної будови, складені кварцом. Вони є досить міцними й виділяються великою твердістю та стійкістю при вивітрянні. Колір кварцитів переважно сірий, червоний, рожевий. Як оздоблювальний матеріал практичне значення також мають кварцитоподібні пісковики.

Гнейси – глибоко метаморфізовані породи, які характеризуються шаруватою будовою, складаються з кварцу, польового шпату, кольорових мінералів. Найпоширеніші біотитові та роговообманкові гнейси.

**Осадкові гірські породи** утворюються в результаті руйнування осадових, метаморфічних, магматичних і вулканогенно-уламкових порід, подальшого їх відкладення та перетворення (діагенезу). Ці процеси є фізико-хімічними, хімічними та органічними й регулюються динамікою та умовами середовища осадконагромадження (склад і концентрація розчинів, кислотність і лужність, окисно-відновний потенціал та ін.). За генетичними ознаками, тобто за умовами утворення, всі осадові породи поділяються на три групи: уламкові (механічні та кластичні), хімічні (хемогенні) та органігенні.

Генетичний тип та геоструктурна позиція родовищ декоративного каменю обумовлює особливості геологічної будови і складу родовищ, умови їх залягання. Так, наприклад, родовища декоративних гранітоїдів приурочені до великих міжформаційних інтрузій, плутонів, батолітів, що обумовлює їх великі розміри. Габро, габро-анортозити, габронорити найчастіше приурочені до лаколітів, тобто до напівсферичних або еліпсоподібних інтрузивних тіл. Для інтрузивних тіл характерна зміна структури при переході від ядерної частини інтрузії до її периферії – від крупно- та середньозернистих до дрібнозернистих. Це обумовлює зміну анізотропних властивостей породи, зокрема, інтенсивності тріщинуватості, що пояснює зниження якісних характеристик блоків гранітоїдів у периферійних зонах інтрузій.

Для покладів мармурів характерна більш інтенсивна тріщинуватість, ніж для інших декоративних порід, а густина й орієнтування тріщин цих родовищ меншою мірою підпорядковуються закономірностям впорядкованої будови. Ступінь тріщинуватості мармуризованих вапняків, конгломератів і оніксів значно вищий, ніж мармурів. Для родовищ мармуризованих вапняків і доломітизованих мармурів характерна наявність жильних включень гранітів і мігматитів.

## Родовища України

Україні належить близько 5 % світових ресурсів декоративного каміння, хоча вона займає лише 0,4 % площі світової суші. Майже одна третина (200 тис. км<sup>2</sup>) території припадає на УЩ, де відомі родовища унікально забарвлених гранітів, діоритів, лабрадоритів, габро та інших різновидів високоякісного декоративного каміння. У 1997 р. українська сировина експортувалась до 19 країн світу, що у вартісному еквіваленті становило близько 3,5 млрд дол. США, головними споживачами декоративного каміння були країни СНД та Балтії (44 %), особливо Росія (19 %), Польща (28 %), а також Італія (11 %), Туреччина (10 %), Тайвань (9 %) та інші.

На території України виділяється п'ять основних геоструктурних одиниць, які є перспективними для видобутку декоративного каміння (рис. 55): УЩ (граніт, граносієніт, гранодіорит, габро, лабрадорит, кварцит, мармур); Донбас (мармур, мармуризований вапняк, пісковик, гіпс, ангідрит); Карпати (мармур, мармуризований вапняк, андезит, туф); Крим (мармуризований і органогенний вапняк, трас, діорит); Волино-Подільська плита (пісковик, гіпс, травертин, мармуризований вапняк). Всього в Україні відомо 166 родовищ облицювального каміння (табл. 66), розподіл яких по областям наведено в табл. 67.



**Рис. 55. Карта перспективних площ декоративного камення України**  
 1 – породи кристалічного фундаменту (граніти, гнейси та ін.); 2 – вапняки силурійські, мармуризовані; 3 – пісковики девонські; 4 – гіпс неогеновий; 5 – мармури, вапняки тріасові, юрські і туфи неогенові; 6 – вапняки юрські, мармуризовані; 7 – вапняки крейдові і палеогенові; 8 – вапняки неогенові

**Таблиця 66**  
**Запаси декоративного камення на 01.01.2004 (тис. м<sup>3</sup>) [35]**

Вид сировини	Кількість родовищ		Запаси на 01.01.2004 р.		Видобуток, 2003 р.
	Всього	Розробляються	Всього	Розробляються	
Граніт	53	34	168886	108003,9	85,38
Гранодіорит	3	1	6259,8	3012,8	10,81
Граносієніт	2	–	6135	–	–
Чарнокіт	2	–	1795	–	–
Лабрадорит	22	15	39883	31771,5	32,3
Габро-анортозит	1	1	679,6	679,6	11,9
Габро	34	14	33588,2	19362,2	62,31
Габронорит	3	1	13765,8	13144,8	28,6
Габро-діабаз	1	1	1370,0	1370,0	–
Монзоніт	1	1	143,4	143,4	6,1
Туф	5	2	15497,0	72	0,9
Андезит	3	3	2581	2581	1,6

Сієніт	2	–	8101	–	–
Доломіт	3	–	17882	–	–
Мармур	3	1	3890,7	76,7	6,2
Вапняк	14	3	27816	1507,6	0,7
Травертин	2	1	32,0	29,0	–
Пісковик	5	2	9827,1	6369,7	1,3
Гіпс	5	1	2316,0	42,0	–
Ріоліт	2	–	995,5	–	–
<b>Всього</b>	<b>166</b>	<b>80</b>	<b>371485</b>	<b>188095,2</b>	<b>249,2</b>

**Таблиця 67**

**Запаси декоративного каміння на 01.01.1998 по областях (тис. м<sup>3</sup>)**

Республіка, область	Кількість родовищ		Запаси на 01.01.1998		Видобуток, 1997 р.
	Всього	Розробляється	Всього	Розробляється	
АР Крим	3	1	9678	427	0
Вінницька	5	4	11506	10908	3
Дніпропетровська	4	3	26109	25399	12
Донецька	4	0	12458	0	0
Житомирська	67	36	121614	75382	64
Закарпатська	19	5	30761	2980	6
Запорізька	3	2	11923	8636	0
Івано-Франківська	3	0	1708	0	0
Київська	1	1	6251	6251	3
Кіровоградська	11	7	70865	64298	41
Луганська	3	0	2122	0	0
Львівська	2	1	550	42	0
Миколаївська	9	7	32695	28780	3
Одеська	1	0	572	0	0
Рівненська	8	4	15332	6999	1
Тернопільська	5	5	7248	7248	3
Хмельницька	1	0	3	0	0
Черкаська	5	3	15639	13268	11
Чернівецька	1	0	414	0	0
<b>Всього</b>	<b>155</b>	<b>79</b>	<b>377445</b>	<b>250628</b>	<b>147</b>

Головним регіоном поширення родовищ облицовального каміння є УЩ, де розвинені архейські граніти мокромосковського, токівського, демуринаського комплексів; ультраметаморфічні гранітоїди бердичівського, житомирського, уманського, кіровоградського, салтичанського, анадольського комплексів; крупні палеопротерозойські плутони: Коростенський, Новоукраїнський, Корсунь-Новомиргородський, Південнокальчицький, Хлібодарівський, в будові яких приймають участь габро, анортозити, граніти, гранітирапакові, сієніти, граносієніти, що є цінною облицовальною сировиною.

**Габро та габронорити** представлені родовищами Сліпчицьке, Головинське, Букинське й Горбулівське в Житомирській області, Броніславське та Ясногорське – в Рівненській. На особливу увагу заслуговують інтенсивно чорні дрібно-середньозернисті габронорити родовищ Сліпчицьке й Букинське, що за декоративністю не поступаються своїм аналогам з ПАР – "Рустенбург" і "Белфаст". Розробляються габроїди Коростенського і Корсунь-Новомиргородського плутонів (Сліпчицьке, Букинське, Бистрійське, Ямпільське, Торчинське, Шадурівське, Губенківське, Слобідське родовища).

**Сліпчицьке родовище габронориту** відпрацьовується кар'єром площею 380 тис. м<sup>2</sup>, глибиною 25 м, де видобувається зеленувато-чорний середньозернистий габронорит та крупнозернистий лабрадорит. Потужність покрівлі 2–16 м. Вихід блоків – 6,3–22,0 %, габронорити придатні для виготовлення облицювальних плит, пам'ятників, блоків, бруківки, дорожніх шашок, буту та щебеню, використовувалися при облицюванні мавзолею В.І. Леніна, інших пам'ятників у Москві, Києві та інших містах країн СНД. Річна продуктивність кар'єру (тис. м<sup>3</sup>): блоків – 2,6; тесаних виробів – 17; шашок – 15; бутового каміння – 13; щебеню – 36. Запаси габронориту складають 13 млн м<sup>3</sup> (A+B+C<sub>1</sub>), лабрадориту – 8 млн м<sup>3</sup>.

**Лабрадорити** приурочені головним чином до Коростенського плутону (Житомирська область). За декоративністю серед них виділяють три основні різновиди:

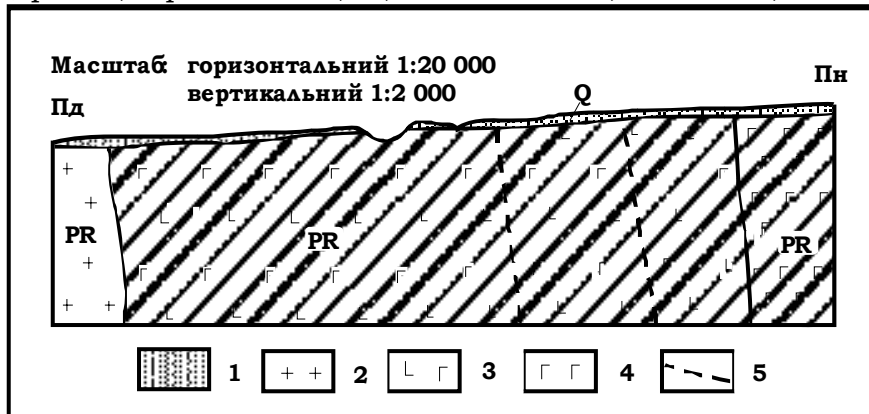
- темно-сірі й чорні головинського типу з розміром зерен до 10–12 см з синьою, зелено-блакитною та золотистою іризацією (родовища Головинське, Федорівське, Горбулівське, Слобідське в Житомирській області);
- світло-сірі й сірі турчинського типу з розмірами зерен до 3 см з блакитною та сріблястою іризацією (Синій Камінь, Кам'яна піч, Гута Добринське в Житомирській; Лікарівське в Кіровоградській областях);
- сірі, світло-сірі кропивнянського типу середньо-великозернисті, інколи слабо порфіровидні, без іризації (Кропивнянське, Васьковицьке, Ісаківське в Житомирській області).

У декоративному відношенні найбільший попит мають перші дві групи іризуючих різновидів лабрадориту. Лабрадорити з темно-сірим і чорним забарвленням залягають серед габроїдів у вигляді тіл лінзоподібної та штокової форми. Більшість з них характеризується високою блочністю (родовища Головинське, Кам'янобрідське, Осниківське). Світлі різновиди зустрічаються рідше і мають невелику блочність.

Україна – єдина країна в СНД і Європі, що має розвідані промислові запаси іризуючих лабрадоритів. На міжнародному ринку найбільшої уваги заслуговують кам'янобрідський, головинський, осниківський, добринський лабрадорити з інтенсивною іризацією кристалів лабрадору розміром від 0,5-1 до 10-15 см, кількість яких досягає 500-

600 штук/1 м<sup>2</sup>, в середньому 170 штук/1 м<sup>2</sup>. Надзвичайною декоративністю також відзначаються сірі та світло-сірі іризуючі лабрадорити родовищ Синій Камінь і Кам'яна Піч, які за зовнішнім виглядом подібні до норвезьких лурвікітів торгової марки "Блю Пьорл".

**Головинське родовище** лабрадориту розташоване на правому березі р. Бистрівка біля с. Головино Черняхівського району Житомирської області (рис. 56), складено лінзами лабрадоритів серед палеопротерозойських гранітів, габроноритів і габроїдів. Лабрадорит темно-сірий до чорного, нерівномірnozернистий, крупnozернистий, порфіровидний. Структура гіпідіоморфnozерниста, текстура масивна. Вічка представлені іризуючими в яскраво-синіх і синьо-блакитних тонах призматичними кристалами плагіоклазу. На площі в 1 м<sup>2</sup> налічується близько 250–300 іризуючих вічок. Мінералогічний склад (%): лабрадор – 59; піроксен – 23,11; олівін – 10–21; біотит – 0,40.



**Рис. 56. Головинське родовище лабрадоритів (схематичний геологічний розріз за матеріалами Р.Гнітецького, 1971)**

1 – ґрунт, суглинки; 2 – граніти; 3 – лабрадорити; 4 – габро; 5 – тектонічні порушення

Фізико-механічні властивості лабрадориту Головинського родовища: об'ємна маса – 2,61–2,94 г/см<sup>3</sup>; водовбирання – 0,1–1 %; міцність при стискуванні – 1175–2308 кгс/м<sup>2</sup>; стираємість – 0,5–1,4 г/см<sup>2</sup>.

На родовищі розвинуті тріщини окремоті: вертикальні першої системи (Q); вертикальні другої системи (S); похилі тріщини третьої системи (L); діагональні тріщини (D). Незважаючи на несприятливе розташування тріщин, у кар'єрі видобувають блоки об'ємом до 5–6 м<sup>3</sup>.

Лабрадорит Головинського родовища добре піддається розпилу та поліруванню до дзеркального блиску. Погодо- та морозостійкий. Найкращими фактурами обробки є полірована та "скеля". Іризуючі лабрадорити головинського типу користуються великою популярністю у



всьому світі (постаменти пам'ятників В.І.Леніну в Московському Кремлі, Елісті, Донецьку, Орджонікідзе, Полтаві, оздоблення московського, петербурзького, тбіліського, бакинського метрополітенів, багатьох адміністративних споруд у столицях держав СНД). Річне виробництво на кар'єрі (тис. м<sup>3</sup>) бутового каміння – 4,3; тесано-полірованих виробів – 5; товарних блоків для облицювальних плит і пам'ятників – 0,64. Запаси лабрадоритів на родовищі 13,7 млн м<sup>3</sup> (A+B+C<sub>1</sub>).

Родовища **гранітів** за декоративними характеристиками можна об'єднати в чотири групи:

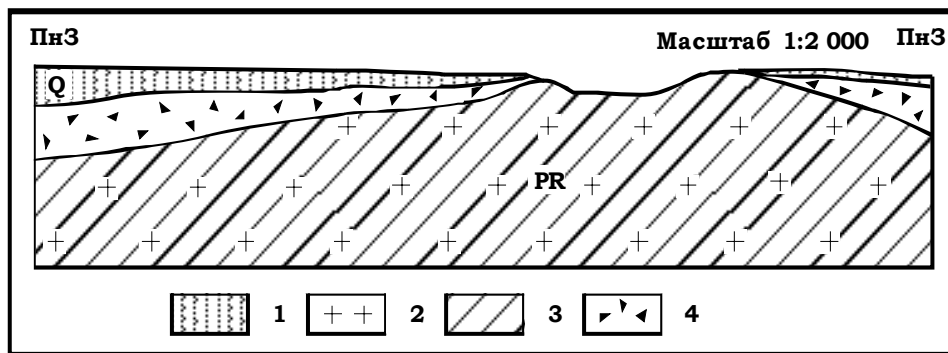
- світло-сірі, сірі граніти зі слабким блакитним і зелено-блакитним відтінками, дрібно- й середньозернисті однорідні (житомирський і антонівський типи), розвинуті в Житомирській, Запорізькій і Київській областях (родовища Богуславське, Янцівське, Уманське, Салтичанське, Житомирське, Човнівське, Мочулянське);
- порфіровидні середньо- і крупнозернисті граніти з подібним забарвленням, розвинені в Житомирській, Кіровоградській, Миколаївській областях (Коростишівське, Костянтинівське, Кудашівське, Жежелівське, Клесівське, Покостівське, Танське);
- червоні, рожеві, коричнево- та сіро-рожеві граніти різних відтінків і структур, розвинені в Житомирській (Омелянівське, Лезниківське, Дідковицьке, Корнинське), Кіровоградській (Капустинське, Войнівське, Горіхівське), Миколаївській (Новоданилівське, Трикратненське), Дніпропетровській (Токівське) і Рівненській (Осмалінське) областях;
- сіро-зелені (Маслівське, Кубинське).

У декоративному відношенні найціннішими є червоні та рожеві граніти третьої групи. Міжнародного визнання серед них набули граніт родовища Капустинське (торгова марка "Россо Сантьяго") та рожево-червоний крупнозернистий граніт родовища Омелянівське ("Россо Толедо"), які не поступаються за своїми характеристиками аналогічним елітним гранітам Фінляндії ("Кармен Ред"), Швеції ("Ванга"), Бразилії ("Капао Боніто"). Високі декоративні і фізико-механічні властивості гранітів родовищ Войнівське, Межиріцьке, Дідковицьке, Токівське визначають перспективність їх поширення на міжнародному ринку природного каміння.

У межах УЩ також знаходяться темно-зелені, зеленкувато-сірі граніти-рапаківі Коростенського та Корсунь-Новомиргородського масивів (родовище Мирнянське в Житомирській області). На території Миколаївської та Кіровоградської областей розробляються родовища темно-сірих і сіро-чорних чарнокітів – Семенівське та Іванівське. В Донецькій області є декілька родовищ темно-сірих до чорних сієнітів і граносієнітів (родовища Чердаклинське, Хлібодарівське). Тут же зустрічаються лужні содалітові сієніти з плямистим малюнком яскраво-синього кольору (маріуполіти). Перспективу використання як декора-

тивне каміння мають світло-рожевий граніт Ольшаницького родовища у Київській області, сірий рівномірно-зернистий граніт Курчицького родовища, сірий гранодіорит Тригурівського родовища в Житомирській та Климентовичського в Хмельницькій області, червоний крупнозернистий граніт Мігуєвського родовища в Кіровоградській області та ін.

**Омелянівське родовище** граніту розташоване біля с. Омелянівка Коростенського району Житомирської області (рис. 57). Воно складено протерозойськими гранітами з характерною паралелепіпедальною окремістю правильної форми. Забарвлення порід червоно-рожеве, структура крупнозерниста, рапаківіподібна. Граніти мають витриманий по площі малюнок, який обумовлений забарвленням і макроструктурою породоутворюючих мінералів. Мінералогічний склад граніту (%): мікроклін – 20–80 %; плагіоклаз – 10–30 %; кварц – 15–70 %; інші – до 10 %. Фізико-механічні властивості граніту: об'ємна маса – 2,6–2,64 г/см<sup>3</sup>; водовбирання – 0,15–1,03 %; стираємість – 0,23–0,97 г/см<sup>2</sup>; міцність на стиснення – 62,7–147,8 МПа (627–1478 кгс/см<sup>2</sup>); пористість – 0,31–2,48 %. Гірничотехнічні умови розробки родовища сприятливі, потужність покривних порід 0,3–4,8 м. Балансові запаси родовища на 1997 р. за категоріями А+В+С<sub>1</sub> становили 4 млн м<sup>3</sup>. Граніт добре піддається інструментальній обробці та поліруванню. Використовується для оздоблення будівель і споруд.



**Рис. 57. Родовище гранітів Омелянівське (за матеріалами Г. Калініна)**  
1 – ґрунт, суглинки; 2 – граніти; 3 – продуктивна товща; 4 – вивітрені породи

**Лизницьке родовище** складено червоними середньозернистими гранітами коростенського комплексу, які мають високі декоративні якості, використовувалися при облицюванні мавзолею В.І.Леніна, для постаментів пам'ятників в Ялті, Кишиневі та інших містах, але останній час використовуються тільки для було-щебеневої продукції через нерівномірне забарвлення і низьку блочність. Запаси родовища

складають за категоріями А+В+С<sub>1</sub> 24 млн м<sup>3</sup>. Річна продуктивність (тис. м<sup>3</sup>) буту – 32; щебеню – 20; тесаній продукції – 3.

**Корнинське родовище** складено сірими та рожево-сірими порфіровидними гранітами житомирського комплексу, які розробляються на блоки, бут і щебінь Цим гранітом облицьований постамент пам'ятника Богдану Хмельницькому в Києві, В.І.Леніну – на каналі Москва – Волга, він використовувався при спорудженні станцій метро в Москві, Києві, Петербурзі, облицьованні фасадів багатьох будинків у Києві. Своєрідний вигляд цим гранітам надають великі (до кількох метрів) ксеноліти біотитових гнейсів і амфіболітів, жили аплітоїдного чи пегматоїдного граніту. Граніт придатний для виготовлення облицювальних матеріалів, тесаних виробів, буту, щебеню. Запаси родовища 12,5 млн м<sup>3</sup> (А+В+С<sub>1</sub>). Річна продуктивність кар'єру складала: бут – 11 тис. м<sup>3</sup>, щебінь – 12 тис. м<sup>3</sup>, тесане каміння – 7 тис. м<sup>3</sup>, блоки – 0,7 тис. м<sup>3</sup>.

**Токівське родовище** знаходиться в центральній частині однойменного масиву гранітів мезоархею. Граніти родовища світло-і рожево-сірі, рожево-червоні, середньо- і крупнозернисті, слабо порфіровидні, з ксенолітами роговообманкового гнейсу, жилами кварцу і пегматоїдного граніту, розробляються на бут і щебінь, використовуються як облицювальний камінь (пам'ятники В.І.Леніну в Харкові, Запоріжжі, Дніпропетровську, Тамбові, М.Щорсу – в Києві, будинки та станції метро у м. Києві). Запаси складають 70,6 млн м<sup>3</sup> (А+В+С<sub>1</sub>), річне виробництво – понад 50 тис. м<sup>3</sup> буту, більше 30 тис. м<sup>3</sup> щебеню.

**Капустянське родовище** складено яскраво-червоним порфіробластичним гранітом новоукраїнського комплексу, який відноситься до найкращих сортів облицювально-декоративного каміння і широко застосовується для прикрашання фасадів будинків, станцій метро та інших споруд у м. Києві та інших містах України, в значних кількостях експортується. Запаси родовища складають понад 15 млн м<sup>3</sup>.

**Жежелівське родовище** складено темно-сірими середньо- крупнозернистими гранітами бердичівського комплексу з поодинокими ксенолітами кристалічних сланців, гнейсів, кальцифірів. Запаси граніту складають більше 4 млн м<sup>3</sup>. Річний видобуток в свій час складав 15 тис. м<sup>3</sup> блочної продукції, 55 тис. м<sup>3</sup> буту і 17 тис. м<sup>3</sup> щебеню.

**Янцівське родовище** складено сірими, світло-сірими, сірувато-рожевими середньозернистими гранітами мокромосковського комплексу, з яких виготовлені пам'ятники В.І.Леніну в Московському Кремлі, в Одесі, Нижньому Новгороді, Кизилі, С. Косіору – в Києві, ним облицьовані станції метрополітену в Києві та Москві, палац культури „Україна” в Києві. Запаси родовища 15–20 млн м<sup>3</sup>.

**Кудашівське родовище** складено рожевими, сірими середньозернистими, тріщинуватими гранітами демуринського комплексу. З ньо-

го споруджений пам'ятник Карлу Марксу в Москві, облицьовані будинки і станції метро в Києві, Москві, Санкт-Петербурзі. Запаси родовища сягають 50 млн м<sup>3</sup>, річний видобуток понад 40 тис. м<sup>3</sup>.

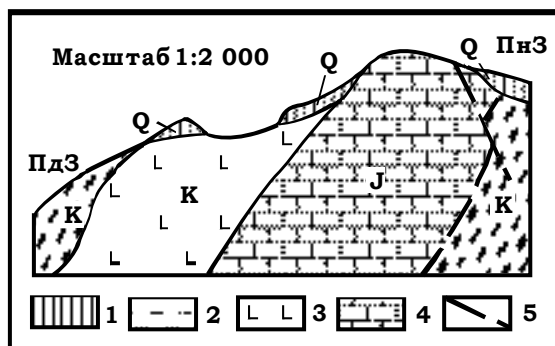
Досить цікавими є родовища декоративного каміння в Донбасі: Лідинське, сірого з рожевим відтінком граніту, Чердаклінське – майже чорного сієніту, Хлібодарівське – сірого до чорного граносієніту. Вони мають задовільну блочність і гарні фізико-механічні властивості.

**Мармури і мармуризовані вапняки** поширені на УЩ (родовища Козіївське, Радомишльське, Негребівське), в Закарпатті (Великокам'янецьке, Новоселицьке, Діловецьке, Головатицьке, Малорозинське, Гора Соколина, Полунське), в Донбасі (Христище, Корулька, Каракубське, Докучаєвське, Новопавлівське), Придністров'ї, Криму (Гаспринське, Балаклавське, Біюк-Янкойське, Каранське, Мармурова Балка).

Родовища мармуру в Закарпатті в основному випускають білу та кольорову крихту (Діловецьке), перспективні для отримання якісної високо-декоративної продукції (Великокам'янецьке, Печерне, Пригодиштя, Кам'янілі, Довгорунь, Сауляк). Мармуром з цих родовищ оздоблені станції Університетська та Арсенальна у Києві.

**Великокам'янецьке родовище** мармуризованого вапняку знаходиться біля с. Верхня Новоселиця Тячівського району Закарпатської області (рис. 58). Виділяють різновиди: кріноїдні рожеві та червоні, червоні брекчієвидні та конгломератовидні, червоні смугасті брекчієвидні та жовті з різними відтінками. Об'ємна маса 2680–2690 кг/м<sup>3</sup>. Межа міцності при стискуванні 128–150 МПа (1280–1500 кгс/см<sup>2</sup>). Стираємість 1,47–2,77 г/см<sup>2</sup>, блочність 0,5–2,5 м<sup>3</sup>. Родовище приурочене до антиклінальної складки, яка складена верхньоюрськими вапняками. Гірничотехнічні і гідрогеологічні умови експлуатації сприятливі, потужність покривних порід 1–5 м. Запаси складають 1 млн м<sup>3</sup>. Мармуризований вапняк добре обробляється й полірується, може використовуватися для внутрішнього оздоблення будівель і споруд.

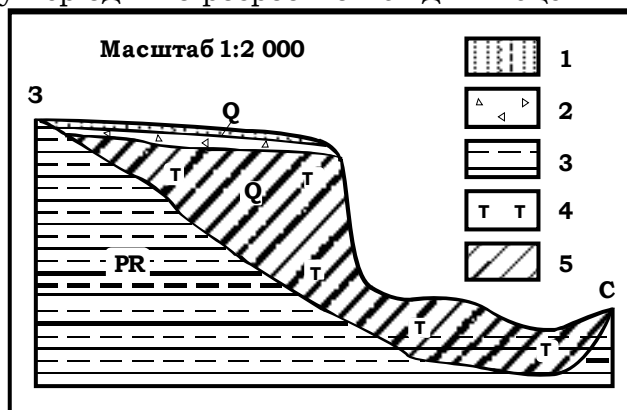
Серед інших треба відмітити родовища мшанкових, оолітових і нумулітових вапняків білого та жовтуватого-білого кольору в Криму (Бодракське-Альмінське, Скелясте, Кримбальське, Інкерманське, Білогорське); травертину – в Хмельницькій (Великокужелівське); туфів – в Закарпатській (Беретянське); пісковиків – в Тернопільській (Буданівське, Застінківське, Тербовлянське), Луганській (Троїцьке), Івано-Франківській (Городницьке, Бабинське) областях, гіпсу та ангідриту – в Придністров'ї (Тростянецьке, Колоколинське, Приозерне, Мамалізьке, Журавнівське, Добрівлянське), які мають високу декоративність і практичний інтерес для використання їх у будівництві та архітектурі.



**Рис. 58. Великокамінецьке родовище мармуризованих вапняків (схематичний геологічний розріз за матеріалами Ю.Петліченко)**

1 – ґрунт, суглинки; 2 – мергелі; 3 – порфірити; 4 – вапняки мармуризовані; 5 – тектонічні порушення.

**Великокужелівське родовище** травертину розташоване біля с. Велика Кужелівка Дунаєвецького району Хмельницької області (рис. 59). Травертин світло-сірий з кремовим відтінком до рожевого, від дрібно- й середньо- до крупно-пористого, з великою кількістю каверн. Найбільш цінним різновидом є дрібнопористий. Об'ємна маса 1670–2180 кг/м<sup>3</sup>, межа міцності при стискуванні 21,3–30 МПа (213–300 кгс/см<sup>2</sup>), пористість 18,4–35 %, водовбирання 4,9–14,5 %. Травертин використовується для оздоблення внутрішніх приміщень, щільні різновиди – для зовнішнього оздоблення. Великокужелівське родовище травертину періодично розробляється для місцевих потреб.



**Рис. 59. Великокужелівське родовище травертину (за матеріалами В.Хохи, 1977)**

1 – ґрунт, 2 – кора вивітрювання; 3 – аргіліти; 4 – травертин; 5 – продуктивна товща

**Беретянське родовище** туфів розташоване біля с. Ганичі Тячівського району Закарпатської області. Туфи – світло-зелені, інколи сіруваті дрібнозернисті щільні породи. В стратиграфічному відношенні вони належать до горизонту новоселицьких туфів гельвету. Їх потужність коливається від 10–15 до 120–200 м. У минулому в кар'єрі видобувалися блоки об'ємом 0,5–1,5 м<sup>3</sup>. Туфи мають порівняно високу міцність при стискуванні та низьке водовбирання. Об'ємна маса 2110 кг/м<sup>3</sup>. Межа міцності при стискуванні 118 МПа (1180 кгс/см<sup>2</sup>). Пористість 7 %. Водовбирання 2,56 %. Добра оброблюваність і висока декоративність дозволяють використовувати їх для оздоблення інтер'єру будівель, у садово-парковому будівництві, виробництві мозаїчних плит. Туфи видобуваються в невеликих об'ємах для потреб при місцевому будівництві.

## ПИЛЯЛЬНЕ КАМІННЯ

### Загальні відомості

Пиляльне (стінове каміння) – це основний будівельний матеріал для одержання стінових блоків. Застосування їх у будівництві сягає 60–70 % від загального об'єму виготовлених стінових блоків у державі. Будівництво 1 м<sup>3</sup> стіни з пиляльного каміння є в 1,5–2 рази більш економічним, ніж з будь-якого іншого будівельного матеріалу. Крім того, застосування блоків виключає необхідність облицювання стін.

Пиляльне каміння одержують, головним чином, з вапняків, туфів, доломітів, пісковиків, гіпсового каміння, інших м'яких порід випилюванням готових блоків з масивів гірських порід або шляхом розпилювання блоків-заготовок, які призначаються для викладення зовнішніх та внутрішніх стін, фундаментів та інших частин будівель і споруд.

### Галузі використання та вимоги до сировини

Вимоги до якості гірських порід, які використовуються для виготовлення пиляльного (стінового) каміння, встановлені чинним у СНД ГОСТ 4001-77 "Камни стеновые из горных пород. Технические условия" та ГОСТ 15884-79 "Блоки стеновые из природного камня. Технические условия". Стандартами лімітуються об'ємна маса, водовбирання, коефіцієнт розм'якшення, морозостійкість, міцність гірських порід, а також нормативні розміри та зовнішній вид блоків. Стінове ка-

міння не повинно мати прошарків глини та мергелю, тріщин. За міцністю пиляльне каміння поділяється на 14 марок, від 4 до 400.

Граніт, гнейс, діорит, сієніт, габро, лабрадорит та інші відносяться до групи твердого каміння. До каміння середньої твердості (3–5 за шкалою Мооса) відносять вивержені, метаморфічні та осадові породи, на обробку яких витрачається менше часу. Палітра каміння середньої твердості значно багатша, ніж твердого. В цій групі можна зустріти майже всі кольори світлового спектра й усі ступені світлості ахроматичного ряду. Головним чином його використовують як стіновий матеріал, але каміння з гарними декоративними властивостями придатне для зовнішнього та внутрішнього облицювання. До групи м'якого каміння відносять породи з твердістю менше 3, це гіпсове й талькове каміння, слабкий вапняк – черепашиник.

Розробка родовищ пиляльного каміння проходить шляхом розпилювання масивів порід каменерізними машинами на блоки певного розміру та правильної геометричної форми. На деяких родовищах застосовують механічні пили та фрезерні верстати. Машини ріжуть черепашиник міцністю до 3 МПа на вирізки розміром 19x24x49 см та 19x19x39 см. Фрезерні верстати обробляють каміння міцністю до 40 МПа довжиною до 48 і висотою до 40 см.

Вапняки й туфи, які застосовуються для виготовлення стінового каміння, повинні мати об'ємну масу 900–2200 кг/м<sup>3</sup>, межу міцності при стисканні 0,4–50 МПа, морозостійкість не нижче Мрз15, коефіцієнт розм'якшення 0,6–0,7. Великі стінові блоки виготовляють з гірських порід з об'ємною масою до 2200 кг/м<sup>3</sup> і межею міцності 2,5 МПа й вище. Великі стінові блоки, що призначаються для механізованої укладки, мають розміри від 30x80x90 до 300x100x50 см.

Кам'яні матеріали також класифікують за такими ознаками:

- за об'ємною масою – звичайні (важкі) – 1800 кг/м<sup>3</sup>, легкі – менше 1800 кг/м<sup>3</sup>;
- за межею міцності при стисканні: звичайні – 100–1000, легкі – 4–200;
- за ступенем морозостійкості: звичайні – Мрз15–500, легкі – Мрз10–25;
- за ступенем водостійкості (коефіцієнтом розм'якшення) – 0,6–1.

У залежності від фізико-механічних якостей і будови вихідної гірської породи блоки поділяють на чотири групи: I – з граніту, сієніту, діориту, лабрадориту, габро, кварциту, базальту, діабазу; II – з мармуру, брекчії, конгломератів, карбонатних порід, гіпсового каміння; III – з вапняку і пісковика; IV – з вулканічного туфу.

Розміри й об'єм блоків залежать від гірської породи, з якої вони виготовлені. Найменший розмір блоків з туфу – 0,2–0,4 м<sup>3</sup>, найбільший – 0,7–1,0 м<sup>3</sup>, а з граніту – 0,5–3 м<sup>3</sup>.

## Родовища України

**Родовища піляльного каміння** представлені вапняками, мергелем, крейдою, опоками, туфами, які розповсюджені в Криму (біля м. Інкерман та по р. Бодрак), Причорноморській западині (Біла Криниця, Себинське, Кам'яна Балка, Крива Балка, Будинське, Гуляй Балка, Ковальське), на Волино-Подільській плиті, в Закарпатті (Новоселиця, Тур'я Пасіка, Вільховиці, Бистриця). В Україні відкрито і розвідано 181 родовища піляльних вапняків із запасами 1,2 млрд м<sup>3</sup>, з яких розробляються 117 з річним видобутком 1,2 млн м<sup>3</sup>, а також 5 родовищ мергелю (запаси 45,6 млн м<sup>3</sup>), одне – крейди (3,6 млн м<sup>3</sup>), 2 – опоки (6,8 млн м<sup>3</sup>), 2 – туфів (910 тис. м<sup>3</sup>), але жодне з них не експлуатується.

У 1997 році в Україні піляльне каміння видобувалося в дванадцяти областях, на 109 родовищах було видобуто 1070 тис. м<sup>3</sup>. Найбільша кількість сировини припадає на вапняк (94,6 % запасів), але є родовища мергелю (48 %), крейди (0,3 %), опок (0,27 %) і туфу (0,01 %) (табл. 68).

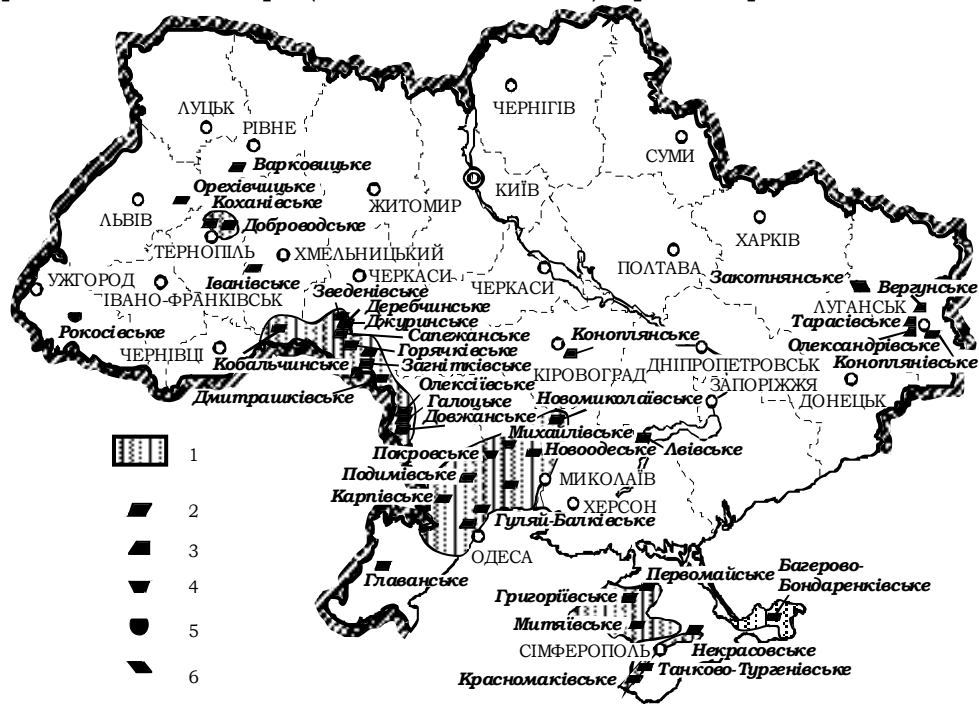
**Таблиця 68**

**Запаси піляльного каміння України (на 01.01.1998), тис. м<sup>3</sup>**

Область	Кількість родовищ		Запаси на 01.01.1998		Видобуток, 1997 р.
	Всього	Розробляється	Всього	Розробляється	
АР Крим	85	53	340684	224481	774
Вінницька	27	16	122710	66877	67
Дніпропетровська	1	1	5119	5119	0
Закарпатська	3	3	562	562	11
Запорізька	1	0	128	0	0
Івано-Франківська	1	0	6220	0	0
Кіровоградська	1	0	4987	0	0
Луганська	5	1	48923	15153	2
Львівська	1	0	857	0	0
Миколаївська	13	9	45651	38023	34
Одеська	30	19	293918	240570	104
Рівненська	1	1	424	424	0
Тернопільська	2	1	5443	2862	0
Херсонська	2	2	6148	6148	7
Хмельницька	4	1	30983	873	0
Чернівецька	4	2	117786	35222	71
<b>Всього</b>	<b>181</b>	<b>109</b>	<b>1030543</b>	<b>636314</b>	<b>1070</b>



На території України виділяється шість перспективних площ родовищ піляльного каміння (рис. 60). Характерними є Інкерманське і Танківське родовища піляльного вапняку в Криму, Сапежанське, Сокирнянське Лиса Гора (піляльний вапняк) Придністров'я.



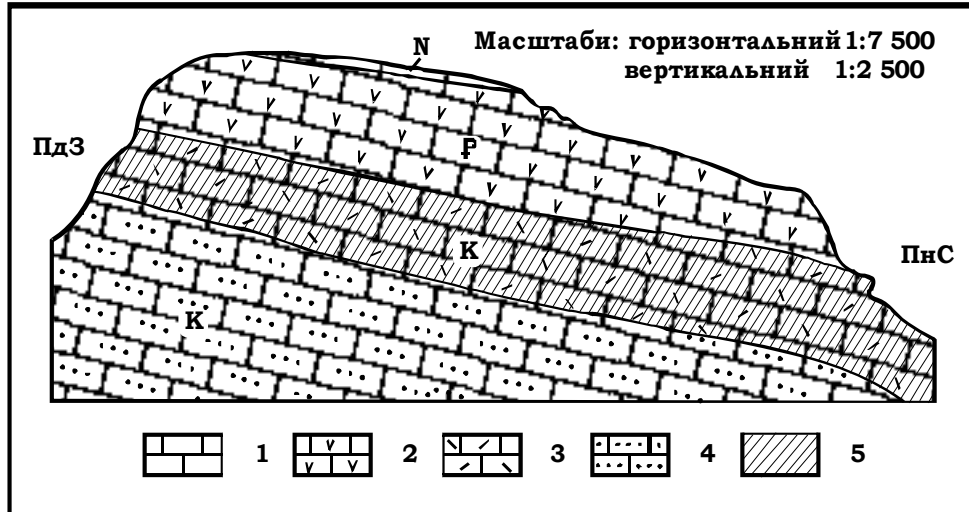
**Рис. 60.** Карта перспективних площ України на піляльне каміння  
1 – площа, що перспективна на піляльне каміння; 2 – вапняки; 3 – мергелі; 4 – опоки; 5 – туфи; 6 – крейда

**Інкерманське родовище** (рис. 61) складається з крейдових палеогенових і неогенових відкладів. Корисною копалиною є детритові тонко- й мікрозернисті крейдові вапняки потужністю 10–37 м.

У розрізі **Танківського родовища** (рис. 62) беруть участь крейдові, палеогенові й четвертинні відклади. Товща корисної копалини складається з крейдових мшанкових вапняків потужністю більше 50 м і палеогенових форамініферових вапняків потужністю 10–30 м.

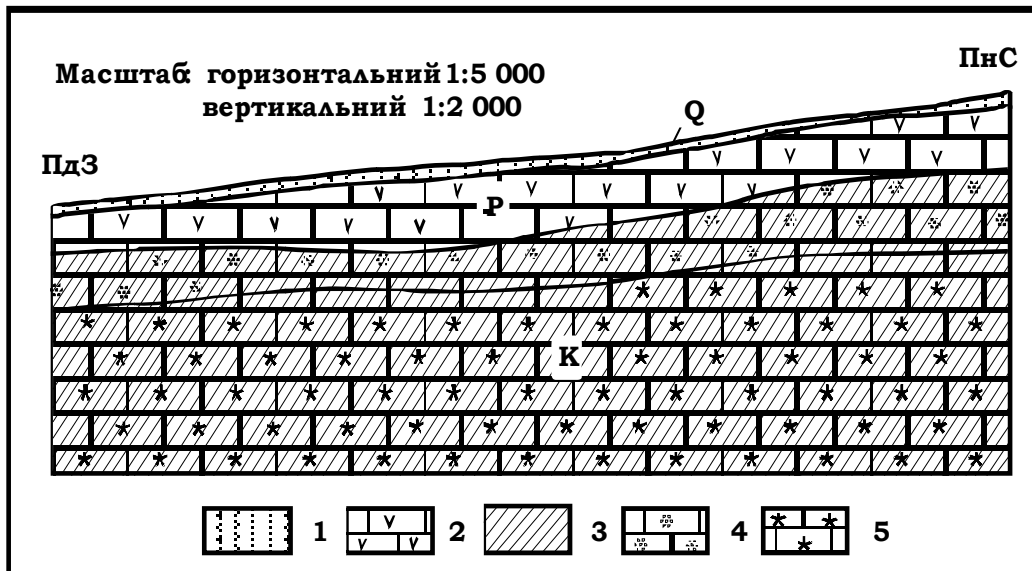
У геологічній будові родовищ Придністровської площі беруть участь неогенові та четвертинні відклади. На **Сапежанському родовищі** (рис. 63) товща корисних копалин – вапняк детрито-черепашниковий і детрито-оолітовий загальною потужністю до 15 м.

На **Сокирнянському родовищі** (рис. 64), розріз якого складають піски, вапняки, глини та суглинки, корисною копалиною є оолітовий і детрито-оолітовий вапняк потужністю до 14 м.



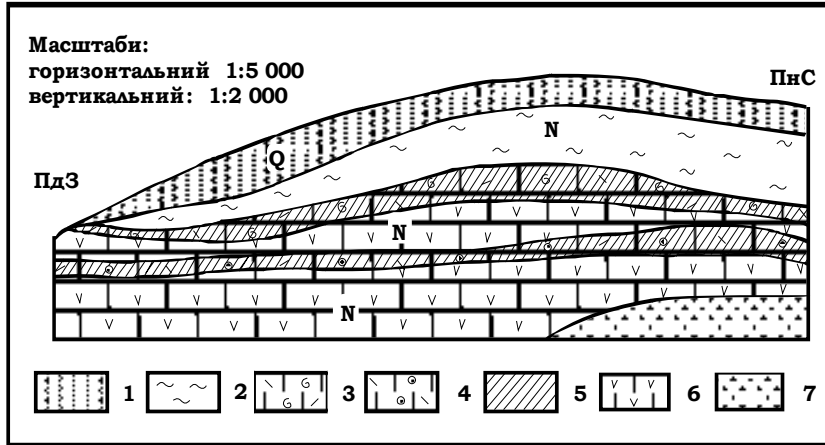
**Рис. 61. Інкерманське родовище вапняки піяльних (схематичний геологічний розріз за матеріалами К.Затона, 1965)**

1 – вапняки; 2 – вапняки перекристалізовані; 3 – вапняки піяльні детритові, тонко-мікротерністі; 4 – вапняки піскуваті; 5 – товща корисної копалини



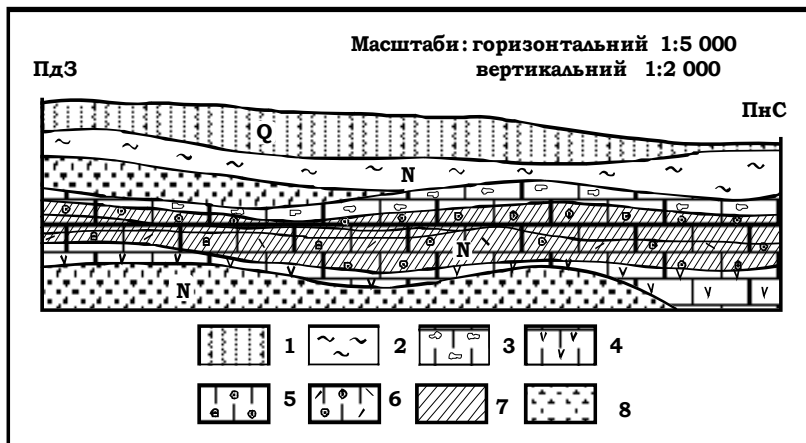
**Рис. 62. Танківське родовище піяльних вапняків (схематичний геологічний розріз за матеріалами Е.Трубнікової, 1960)**

1 – ґрунт, суглинки, супісі; 2 – вапняки перекристалізовані; 3–5 – вапняки піяльні (3), форамініферові (4), мшанкові (5)



**Рис. 63. Сапезжанське родовище піляльних вапняків (схематичний геологічний розріз за матеріалами Н.Вінниченко, 1964)**

1 – ґрунт, суглинки, супісі; 2 – глини; 3–5 – вапняки піляльні: 3 – детрито–ракушечні; 4 – детрито–оолітові; 5 – товща корисної копалини; 6 – вапняки перекристалізовані; 7 – піски



**Рис. 64. Сокирянське родовище піляльних вапняків (схематичний геологічний розріз за матеріалами А.Калчева, 1965)**

1 – ґрунт, суглинки, супісі; 2 – глини; 3 – 4 – вапняки: 3 – уламкові, 4 – перекристалізовані; 5 – 7 – вапняки піляльні: 5 – оолітові, 6 – детрито–оолітові, 7 – товща корисної копалини; 8 – пісковики

**Родовище Лиса Гора** (рис. 65) складається, головним чином, з неогенових вапняків, іноді з лінзами глин, які перекриті малопотужними четвертинними відкладами. Корисною копалиною є детрито-черепашниковий вапняк потужністю до 8 м. Розкриту товщу крім че-

твертинних відкладів складають уламкові вапняки. Загальна потужність розкривних порід – до 50 м.



**Рис. 65. Родовище піляльних вапняків Лиса Гора, (схематичний геологічний розріз за матеріалами Е.Сичової, 1961)**

1 – ґрунт, суглинки; 2 – глини, супісі; 3 – вапняки уламкові; 4 – вапняки детрито-ракушечні; 5 – товща корисної копалини; 6 – вапняки перекристалізовані

Прикладами родовищ піляльної крейди можуть бути Слобода-Яришевське та Немийське з загальними запасами 3,5млн м<sup>3</sup> в Вінницькій області, Закотнянське в Донецькій. Родовища піляльного мергелю відомі в Луганській (Олександрівське, Тарасівське, Вергунське), і Кіровоградській області (Коноплярське); опок – в Миколаївській (Покровське, Михайлівське); туфів – в Закарпатській (Ковачське, Сокирницьке, Рокосівське).

## СИРОВИНА ДЛЯ В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

До мінеральних в'язучих відносять неорганічні порошкоподібні матеріали, отримані при розмеленні обпалених порід, які при взаємодії з водою чи з сольовими розчинами утворюють пластичну масу, яка швидко перетворюється на тверде каменеподібне тіло на повітрі (цемент, вапно, гіпс) чи у воді (гідралічне вапно, портландцемент, романцемент та ін.), або в спеціальних умовах (автоклавні в'язучі).

Основними різновидами в'язучої (цементної) сировини є вапняки, мергелі, крейда, глини, суглинки, гіпс, ангідрит, а також активні і гідралічні добавки, в якості яких можна застосовувати різноманітні породи чи матеріали, які підвищують вміст Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: залізна руда, піритові ограрки, залісті сланці, базальти та їх туфи, діатомі-

ти, спонголіти, трепели, опоки, попіл, зола, шлаки і таке інше. Всі вони відносяться до мінеральної сировини подвійного (багатоцільового) використання і описані в інших розділах підручника, тому тут наводиться тільки стисла загальна характеристика цементної сировини, а детальний опис надається тільки для гіпсу і ангідриту.

## КАРБОНАТНІ ПОРОДИ

### Загальні відомості

До цієї групи гірських порід відносяться вапняки, мармури, крейда, доломіти, мергелі, а також магнезити й сидерити; вони використовуються в найрізноманітніших галузях промисловості, зокрема для виробництва будівельних матеріалів. У складі карбонатних порід переважають мінерали класу карбонатів (від лат. *carbo* – вугілля – солі вугільної кислоти): кальцит, доломіт та ін., головним чином, осадового походження, хоча трапляються карбонати магматичного (карбонатити) та гідротермального генезису [8–11].

**Вапняк** – осадова гірська порода, що складається з кальциту, рідше з арагоніту, може містити домішок доломіту, глинистих мінералів, опалу, халцедону, кварцу, оксидів і гідроксидів заліза і марганцю, піриту, глауконіту, фосфатів, гіпсу, органічної речовини тощо. Хімічний склад чистих вапняків наближається до хімічного складу кальциту; вапняки з глинистими домішками називаються глинястими вапняками (95–75 %  $\text{CaCO}_3$  і 5–25 % глини) або мергелями (75–50 %  $\text{CaCO}_3$  і 25–50 % глини). Колір вапняків залежить від характеру домішок: чисті вапняки мають біле, світло-сіре та жовтувате забарвлення; темно-сірий і чорний кольори обумовлюються наявністю глинистих частинок та органічного матеріалу, зелений – глини, глауконіту, сполук закисного заліза, бурий або червонуватий – оксидних сполук заліза.

Серед вапняків за походженням виділяються органогенні, хемогенні, уламкові та перекристалізовані різновиди. Органогенні (біогенні) вапняки складаються з решток організмів, виділяють вапняки-черепашники (форамініферові, пелециподові та ін.) та органогенно-детритові вапняки, які складаються з уламків черепашок; органічні рештки скріплюються кальцитовим цементом з пелітоморфною чи мікрозернистою структурою. Різновидом органогенних вапняків є рифові біогермні вапняки, складені рештками вапняних водоростей, коралів, молюсків, форамініфер. До органогенних порід відноситься і біла писальна крейда – м'яка, дрібнозерниста, пориста (до 50 %) однорідна порода, що складається з решток коколітофорид (одноклі-

тинних вапняних водоростей) і форамініфер, кристалів кальциту та порошкуватого кальциту.

Хемогенні вапняки зустрічаються у вигляді мікрозернистих і пелітоморфних, оолітових і псевдооолітових відмін. Пелітоморфні вапняки складаються з лапятих частинок кальциту розміром менших за 0,005 мм, мають раковистий злам і називаються літографськими. Оолітові та псевдооолітові вапняки складені зернами концентричної або радіально-променистої будови, або ж без таких структур (псевдоооліти), розміром до кількох міліметрів. Утворюються вони в процесі седиментації та діагенезу; центрами обростання можуть бути уламки карбонатних черепашок, кварцу, польових шпатів.

Уламкові вапняки складаються з уламків карбонатних порід і вапнякових організмів різної форми та розмірів, котрі цементуються пелітоморфним або зернистим кальцитом. Різновидом уламкових вапняків є детритові, що складені кутастими уламками й практично позбавлені цементу. Такі вапняки майже завжди утворюються на невеликій глибині протягом періодів уповільненого осадконагромадження в результаті розмивання давніших карбонатних товщ.

Перекристалізовані вапняки формуються за рахунок вапняків різного походження в результаті процесів катагенезу та метагенезу. Вони мають кристалічно-зернистий (від мікро- до грубозернистого) й мармуризований вигляд і найчастіше залягають серед геосинклінальних інтенсивно перетворених осадових порід.

**Доломіт** – осадова гірська порода, складена доломітом  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  з домішками кальциту, магнезиту, сидериту, анкериту, родохрозиту, теригенних і глинистих мінералів, гіпсу, галіту та ін. Вони поділяються на первинно-осадові, сингенетичні, діагенетичні та епігенетичні, а за літологічними ознаками – на кристалічні, оолітові, з реліктовими структурами заміщення, органогенні, уламкові, доломітове борошно. Між доломітами й вапняками існує безперервний ряд карбонатних порід, крайніми членами якого є чисті вапняки та чисті доломіти.

**Мармур** – повнокристалічна метаморфічна гірська порода, що складається переважно з кальциту й доломіту з домішками кварцу, халцедону, графіту, гематиту, піриту, лімоніту, хлориту та ін. Домішки по-різному впливають на якість мармуру. Деякі з них, наприклад, лімоніт і гетит, в одних випадках підвищують його декоративні властивості, в інших, навпаки – знижують. Такі домішки, як халцедон, кремій, кварц спричиняють труднощі видобутку й технологічної обробки мармуру. Дуже підвищує декоративність мармуру просвічуваність – здатність породи пропускати світло на деяку глибину, особливо це важливо для статуарного мармуру. Знаменитий мармур з родовища Карара в Італії просвічує на глибину 3–4 см.

**Мергель** – осадова гірська порода, перехідна між карбонатними й глинистими породами, з вмістом глинистих частинок 20–70 %; типові мергелі містять не більше 5 % доломіту. Виділяють мергелі (20–40 % глинистої речовини), глинисті мергелі (40–70 %) і натуральні цементні мергелі (натурали), які містять 75–80 %  $\text{CaCO}_3$  і можуть використовуватись у виробництві портландцементу без будь-яких добавок. Мергелі однорідні за структурою, дрібнозернисті, у вологому стані трохи пластичні. Вони світло забарвлені, трапляються відміни червоного, коричневого та фіолетового кольорів. Як домішки в мергелях можуть бути присутніми органічні рештки, кластичні зерна кварцу та інших мінералів, сульфати, оксиди заліза, глауконіт тощо. Характерні структури – алевропелітова і псамопелітова. Мергелі утворюються за умов одночасного відкладання глинистого та карбонатного матеріалу.

### Галузі використання та вимоги до сировини

Використання цементу в будівництві має багатовікову історію. На початку XIX сторіччя розпочалося промислове виробництво так званого натурального цементу чи натурала, який змінив цементи пуццоланового типу, що застосовувалися раніше. Наприкінці XIX століття з'явився портландцемент, який відрізняється більш високими показниками, особливо міцністю і швидкістю застигання. З тих часів якість цементу постійно підвищується.

Родовища карбонатних порід розробляються, як правило, відкритим способом. Вони широко застосовуються в будівельній промисловості (виробництво вапняних розчинів, різних видів цементу й вапна, молотого каменю), металургії (флюси, футерування печей, агломерація), хімічній промисловості (виробництво азоту, соди, хлорованого вапна, карбиду, целюлози, гуми), сільському господарстві (нейтралізація кислих ґрунтів, добрива, фуражні добавки), харчовій промисловості (на виробництво 1 т цукру з буряків витрачається від 0,25 до 0,5 т вапняку), скляній і керамічній галузях промисловості.

До в'язучих відносяться будівельні матеріали, котрі, змішуючись у порошокоподібному стані з водою, набувають пластичності, а згодом твердіють у вигляді міцної кам'яної маси. Деякі з них кам'яніють і зберігають міцність тільки на повітрі – повітряне вапно й будівельний гіпс (алебастр), інші виявляють ці властивості й під водою – гідралічне вапно та різноманітні типи цементу (нім. *Zement*, від лат. *caementum* – щєбінь, битий камінь). Останні використовуються будівельною промисловістю у величезних кількостях.

Процес виробництва цементу полягає у випалюванні при температурі близько 1450° С суміші вапняку й глини або мергелю натуралу та

в наступному розмелюванні отриманого матеріалу (цементного клінкеру) до стану дрібного порошку, який і є основною складовою цементу. Серед сполук, що утворюються в процесі випалювання, найважливішою вважається аліт ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), оскільки саме він, взаємодіючи з водою, швидко твердіє протягом трьох послідовних стадій. Перша стадія відбувається за схемою:



Протягом другої стадії (схоплювання цементу) з цементного розчину виділяється аморфний гідроксид кальцію, котрий огортає зерна цементу та перетворює їх на зв'язну масу. Третя стадія – кристалізація або тверднення: частинки гідроксиду кальцію ростуть у вигляді довгих голчастих кристалів, котрі ущільнюють масу силікату кальцію, що обумовлює підвищення механічної міцності цементу.

Головне значення серед в'язучих будівельних матеріалів має портландцемент (від подібності за кольором до портландського вапняку, поширеного на півострові Портленд на півдні Англії). Портландцемент – це тонкий порошок, що складається на 80–95 % з цементного клінкеру та містить 3–6 % гіпсу й до 15 % так званих активних мінеральних додатків. Головною вимогою до цементної сировини є вміст оксидів, у тому числі у цементному клінкері – продукті змішування та обпалювання сировини. Співвідношення оксидів устанавлюється рядом коефіцієнтів:

- 1) силікатний модуль  $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} - 1,7-3,5$
- 2) глиноземистий модуль  $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} - 1,0-3,5;$
- 3) гідралічний модуль  $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} - 1,7-2,4;$
- 4) коефіцієнт насиченості Кінда-Джанга

$$\frac{\text{CaO} - (1,65 \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,35 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 0,7 \text{SiO}_2)}{2,8 \text{SiO}_2} - 0,85-0,95.$$

Коефіцієнт насичення (КН) показує, яка частина  $\text{CaO}$  у клінкері зв'язана з кремнеземом у формі аліту, причому враховується, що частина  $\text{CaO}$  вступає у взаємодію з глиноземом, оксидом заліза й сірчаним ангідридом. Для кращих типів цементу КН повинен бути 0,90–0,95; якщо КН більший за 1, то частина оксиду кальцію залишається вільною і при твердненні цементу буде гаситись пізніше, що викличе руйнування бетону. За силікатного модуля менше 2, сировинна суміш стає легкоплавкою, що викликає труднощі в процесі випалювання, а коли він більший 3, то суміш гірше спікається й цемент повільно схоплюється. Від величини гідралічного модуля залежить швидкість схоплювання й тверднення цементу – вона тим більша, чим він вищий.



До шкідливих домішок, котрі погіршують якість портландцементу, відносяться MgO і луги: допустимий вміст MgO у клінкері не повинен перевищувати 5 %, а лугів 1,2 %; окрім того, відповідним стандартом лімітується вміст SO<sub>3</sub>, котрий у портландцементі повинен становити не менше 1,5 і не більше 3,5 %. В карбонатній сировині вміст MgO не повинен перевищувати 2,5 %, SO<sub>3</sub> – 1 %, FeS – 2–3 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,5 %, вміст CaO не повинне бути менш за 40 %, небажаним є домішки кварцу та інших зерен. В глинистій сировині значення силікатного модуля повинні бути в інтервалі 1,7–3,5; глиноземистого – 1,0–2,5; а вміст оксидів: SiO<sub>2</sub> – 50–65 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 15–20 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 6–10 %: небажаними є концентрації SO<sub>3</sub> понад 1,5 % [38].

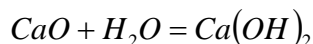
Іншим різновидом цементу є глиноземистий, який отримують сплавленням тонко розмеленої суміші бокситу з вапняком. Він твердне набагато скоріше, ніж силікатний, і стійкіший до впливу морської води, хоча й набагато дорожчий за портландцемент. Кислототривкий цемент – це суміш тонко розмеленого кварцового піску з активними кремнеземистими додатками (трепел, опоки). Він використовується при футеруванні хімічної апаратури, замінюючи цінніший свинець. Романцемент порівняно з портландцементом виробляється з сировини, біднішої на оксид кальцію й випалюється при значно нижчих (850–1100° С) температурах.

У виробництві будівельного вапна, для приготування будівельних розчинів і бетонів та випуску силікатної цегли, застосовуються вапняки, доломіти, крейда, а також мергелісті відміни цих порід. Для отримання повітряного вапна придатні карбонатні породи з вмістом CaCO<sub>3</sub> не менше 47 % і MgCO<sub>3</sub> не більше 5 %, для гідравлічного вапна – породи, що містять не менше 72 % CaCO<sub>3</sub> і 8 % MgCO<sub>3</sub>.

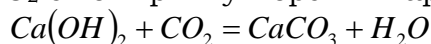
Для виробництва будівельного вапна спочатку отримують негашене вапно (CaO) шляхом випалювання карбонату кальцію в шахтних або обертальних печах:



Гашене вапно (Ca(OH)<sub>2</sub>) утворюється при додаванні води до оксиду кальцію:



Суміш гашеного вапна з піском і водою називається вапняним розчином, яким скріплюють цеглу при муруванні стін. Твердіння вапна відбувається спочатку через випаровування води, а далі – у результаті поглинання CO<sub>2</sub> з повітря й утворення карбонату кальцію:



Будівельний гіпс отримують з природної сировини ("гіпсового каменю") шляхом випалювання при температурах 130–180° С і наступ-

ного розмелювання до тонкого порошку. В процесі нагрівання гіпс ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) втрачає три чверті кристалізаційної води й переходить у алебастр або палений гіпс ( $2CaSO_4 \cdot H_2O$ ). Алебастр, змішаний з водою, швидко твердіє, знову перетворюючись на гіпс. Природний камінь для виробництва алебастру повинен містити не менше 92 % ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) і мати щільну дрібнозернисту структуру. Гіпс використовується також як додаток у виробництві портландцементу, гіпсошлакового та ангідритового цементу.

Активними додатками називаються речовини, що вводяться до складу в'язучих матеріалів і сприяють їх твердненню під водою, підвищують густину в'язучих розчинів, їх пружність і стійкість щодо хімічної дії кислот і солей. Такі добавки можуть бути природними й штучними. До природних (мінеральних) належать деякі осадові (опоки, трепели, діатоміти) та вулканічні (пуцолани, траси, пемзи) породи, а також "глієжі" чи порцеланіти (глина, випалена в результаті підземних пожеж у вугільних пластах). Штучні представлені гранульованими доменними шлаками й золою від спалювання вугілля. Мінеральний додаток вважається активним, якщо він забезпечує: а) закінчення схоплювання розчину, виготовленого на основі додатку та гідратного вапна, не пізніше 7 діб після розчинення; б) водостійкість зразка того ж розчину протягом (не раніше) 3 діб після закінчення схоплювання. Вміст  $SO_3$  в діатомітах, трепелах, опоках і глієжах не повинен бути більшим за 3 %, крім того в глієжах вміст розчинного глинозему також не повинен перевищувати 3 %.

### Економічні відомості

Виробництво цементу і вапна є однією з найголовніших складових будівельної галузі світу. Родовища різних типів в'язучої сировини широко розповсюджені у всіх країнах і інтенсивно розробляються, особливо в промислово розвинених країнах. Світовий видобуток цементної сировини щорічно сягає сотень мільйонів тонн, а саме: 1200 млн т карбонатних, 230 млн т глинистих порід, 119 млн т гіпсу та ангідриду, 8,3 млн т опал-кристобалітових порід (трепела, опоки та ін.).

Світове виробництво цементу сягає 2,5 млрд т на рік, лідирують Китай, Індія, США, Японія, Росія та інші країни (табл. 69), причому Китай виробляє цементу в 7 разів більше, ніж Індія (яка займає друге місце) і в 10 разів більше США (третє місце). У виробництві вапна на першому місці також знаходиться Китай (24 млн т), далі ідуть США (20), Японія (8,6), Росія (8) та інші (табл. 70).

Значні запаси цементної сировини зосереджені в країнах СНД – в Росії, Україні, Казахстані, де відомо понад 300 родовищ із запасами карбонатних порід 18 млрд т, глинистих – 4, гідравлічних добавок – 1; розробляється понад 160 родовищах, де видобувається 170 млн т карбонатних, 30 – глинистих порід, 7 млн т гідравлічних добавок.

Середня ціна цементу на ринках США (\$/т) складала: 2001 р. – 76,50; 2002 р. – 76,00; 2003 р. – 75,00; 2004 р. – 79,50; 2005 р. – 91,00; 2006 – 98,00 [70, 71]. В 2005 р. в США середня ціна 1 т негашеного вапна дорівнювала 70,10 \$, гашеного вапна – 91,10 \$ [70].

**Таблиця 69**

**Виробництво цементу, млн т [71]**

Країна	Виробництво цементу		Річний об'єм клінкеру	
	2005	2006	2005	2006
Бразилія	36,7	37	45	45
В'єтнам	29	33	17	20
Єгипет	29	29	35	35
Індія	145	155	150	150
Індонезія	37	40	42	42
Іран	32,7	33	34	35
Іспанія	50,3	50	42	42
Італія	46,4	46	46	46
Китай	1040	1100	950	980
Мексика	36	40	40	40
Німеччина	30,6	30	31	31
Південна Корея	51,4	52	62	62
Росія	48,7	54	65	65
Саудівська Аравія	26,1	26	24	27
США	101	101	104	104
Таїланд	37,9	40	50	50
Туреччина	42,8	45	40	41
Франція	21,3	21	22	22
Японія	69,6	68	74	74
Інші країни	400	500	327	389
<b>Всього</b>	<b>2310</b>	<b>2500</b>	<b>2200</b>	<b>2300</b>

**Таблиця 70**

**Виробництво вапна, тис т [70]**

Країна	2001	2002	2003	2004	2005
Австралія	1500	1500	1500	1500	1500
Австрія	2000	2000	2000	2000	2000
Бельгія	2000	2000	2000	2000	2000
Бразилія	6300	6500	6500	6500	6500

Болгарія	2025	1136	2902	2900	2500
Велика Британія	2500	2000	2000	2000	2000
В'єтнам	1352	1426	1450	1500	1650
Єгипет	800	800	800	800	800
Індія	910	900	900	900	920
Іран	2000	2200	2300	2500	2500
Іспанія	1700	1800	1800	1800	1800
Італія	3500	3000	3000	3000	3000
Канада	2213	2248	2216	2200	2250
Китай	22000	22500	23000	23500	24000
Колумбія	1300	1300	1300	1300	1300
Мексика	4800	5100	5700	5700	5700
Німеччина	6630	6620	6637	6680	6700
ПАР	1615	1585	1518	1738	1400
Польща	2049	1960	1955	1950	2000
Росія	8000	8000	8000	8000	8000
Румунія	1790	1829	2025	2000	2000
Словаччина	816	912	847	850	850
Словенія	1434	1636	1500	1500	1500
США	18900	17900	19200	20000	20000
Тайвань	800	750	800	800	800
Туреччина	3200	3300	3300	3400	3400
Франція	3000	3000	3000	3000	3000
Чилі	1000	1000	1000	1000	1000
Чехія	1300	1120	1263	1300	1300
Японія	7586	7420	7953	8507	8600
Інші країни	6140	6340	6220	6220	6230
<b>Всього</b>	<b>121000</b>	<b>120000</b>	<b>125000</b>	<b>127000</b>	<b>127000</b>

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Переважає більшість карбонатних порід має осадове походження, але частина з них утворюється за рахунок ендегенних (карбонатити, гідротермальні доломіти) і метаморфічних (мармури, кальцифіри) процесів. Частка порід карбонатного складу серед осадових утворень земної кори становить близько 20 %. Карбонатні формації поширені як у складчастих геосинклінальних спорудах, так і на платформах.

Геосинклінальні карбонатні товщі представлені переважно вапняками з підпорядкованою кількістю доломітових горизонтів. Їм притаманне темно-сіре, майже чорне забарвлення, хоча трапляються і білі й червоні мікрозернисті різновиди. Текстура може бути верствуватою, плитчастою, масивною; зустрічаються брекчієві та конгломератоподібні текстури. Нерідко спостерігається окремлення вапняків чи

наявність крем'яних жовен; часом фіксуються цілі горизонти кремєнистих порід і мергелів. Потужність карбонатних геосинклінальних формацій сягає багатьох сотень, інколи – перших тисяч метрів. Формуються вони протягом епох загального опускання й незначного привнесення уламкового матеріалу, головним чином в умовах теплового клімату, найчастіше на мілководді.

До самостійної формації відносяться рифові вапняки, складені скелетами породоутворюючих організмів – коралів, моховаток, водоростей, строматопор тощо. Вони практично не містять уламкових частинок, відрізняються масивною або нечітко вираженою грубоверстуватою текстурою та лінзоподібною чи стовпчастою формою залягання. Розмах рифових споруд по вертикалі становить сотні й більше метрів, вони розташовуються вздовж границь зон з різною інтенсивністю низхідних рухів. В Україні представником рифових вапняків неогенового віку є Товтри, що простягаються з північного заходу на південний схід більш ніж на 200 км.

Платформні карбонатні товщі складені переважно чистими або доломітованими вапняками. Серед вапняків часто зустрічаються незначні за потужністю пачки й верстви глин; інколи – кремєнисті стяжіння. Вапнякам властиве світло-сіре, світло-жовте або зеленкуватосіре забарвлення, рідше зустрічаються чорні чи темно-сірі відміни. Залягають вони у вигляді витриманих горизонтів порівняно невеликої потужності; це стосується й масивних рифових різновидів. Для платформних карбонатних порід характерні уламкові та оолітові вапняки. Вапнякові формації часто зустрічаються разом з кварцово-піщаними чи глинистими товщами, а доломітові – з червонобарвними та солено-сними утвореннями.

За умовами формування карбонатні породи поділяються на органігенні, хемогенні, уламкові і перекристалізовані.

Органогенні вапняки складені залишками рослин і тварин з вапняним скелетом. Розрізняють біогерми – прижиттєві скупчення прикріплених організмів і біоценози – прижиттєві асоціації флори й фауни, які мешкали спільно на певній ділянці дна водного басейну. До біогермів відносяться рифові вапняки: коралові, моховаткові, водоростеві, строматопорові тощо; до біоценозів – форамініфероводоростеві, форамініфероводоростево-криноїдні, форамініферові та інші. Ще один різновид – танатоценози – сукупність відмерлих організмів, серед яких фіксуються рештки різноманітної фауни: брахіопод, пелеципод, криноїдей, форамініфер. Біогенне походження, напевно, мають деякі мікрозернисті вапняки, зокрема крейда – пелагічний осадок теплих морів, що формувався на глибинах 100–500 метрів, складений рештками водоростей (коколітофорид) і форамініфер з чи-

сленними ходами мулоїдів, які повністю переробили первинний матеріал. Особливостями крейди є відсутність верстуватості, слабка зцементованість і приуроченість тільки до відкладів крейдової системи.

Хемогенні вапняки формуються протягом седиментогенезу й раннього діагенезу. Безпосереднє хімічне нагромадження  $\text{CaCO}_3$  відбувається й у сучасних морях та континентальних водоймах аридних зон з утворенням пелітоморфних і оолітових вапняків, а також карбонатних конкрецій у теригенних породах. Особливо сприятливі умови для хімічного нагромадження  $\text{CaCO}_3$  виникають за наявності морської течії з глибини до берега. В холодній воді розчинність  $\text{CO}_2$  більша, ніж у теплій, тому недонасичені карбонатом кальцію глибинні води, втрачаючи вуглекислий газ, стають пересиченими поблизу берега. Саме це спричиняє нагромадження значних товщ мікрозернистого кальциту в теплих мілководних морях, де зона рухливих вод і перенасичення досягає дна, поблизу якого завжди знаходиться достатня кількість центрів кристалізації.

До вапняків хімічного генезису відносяться травертини (вапняні туфи) та натічні маси карбонатів у печерах (сталактити, сталагміти й сталактати), котрі зростають у місцях виходів на поверхню джерел підземних вод з високим вмістом розчинних карбонатів кальцію.

Уламкові вапняки утворюються в результаті дроблення й перемивання більш давніх вапняків, механічного руйнування скелетів вапняних організмів у прибіжній смузі, в зонах хвилювання та припливно-відпливних течій; мушлі можуть також подрібнюватись мулоїдами. В геосинклінальних областях, на відміну від платформних, вони формують потужні товщі; таким же шляхом утворюється переважна частина мілководних карбонатних осадків сучасних морів. Вапняки уламкового походження складені заокругленими зернами кальциту розміром 2–0,2 мм; зовні вони часом схожі на оолітові, але під мікроскопом встановлюється відсутність концентричної будови частинок, які є уламками брахіопод, пелеципод, моховаток, що перетворилися на піщинки, зцементовані дрібнозернистим кальцитом. Їх особливістю є наявність на поверхні уламків облямівок грануляції з мікрозернистого кальциту. Часто в породі міститься домішок кварцових зерен; їй властива коса верстуватість. Типові уламкові вапняки формуються на невеликій глибині, особливо в періоди уповільненого осадконагромадження в результаті розмивання давніших карбонатних горизонтів.

Перекристалізовані вапняки утворюються протягом діагенезу й епігенезу, коли первинні ознаки їх походження й будови завуальовуються в результаті росту стійкіших крупних кристалів і розчинення дрібніших. Виникають кристалічно-зернисті та мармуризовані вапняки з різними розмірами кристалів кальциту: мікрозернисті (0,005–

0,05 мм), дрібнозернисті (0,05–0,25 мм), середньозернисті (0,25–0,5 мм), крупнозернисті (0,5–1 мм), грубозернисті (понад 1 мм); у мармуризованих відмінах мінеральні індивіди можуть досягати кількох сантиметрів. На платформах перекристалізація здійснюється під хімічною дією підземних вод; у геосинклінальних областях вона обумовлюється підвищенням температури й тиску.

За величиною запасів карбонатних порід виділяються родовища (млн т): дуже дрібні – менше 10, дрібні – 10–50, середні – 50–100, великі – 100–300, дуже великі – більше 300.

## Родовища України

Родовища сировини для виробництва в'язучих матеріалів поширені в багатьох регіонах України. Виділяється п'ять перспективних площ такої сировини: Деснянська, Наддністрянська, Сіверсько-Донецька, Причорноморська та Кримська (рис. 66). Кількість відомих родовищ становить сотні, більше двохсот розвідані за промисловими категоріями, серед яких близько 100 розробляються. Карбонатні породи (вапняки, крейда, мергель) які можливо розробляти кар'єрним способом, відомі в північному борті ДДЗ, в Донбасі, Причорноморській западині, в Криму, на Волино-Подільській плиті, у Львівській мульді, в Українських Карпатах; глиниста сировина широко розповсюджена на всій території країни, а гідравлічні добавки мають локальне поширення на Поділлі, у Донбасі, Львівській області, Криму й Закарпатті. Дані про запаси в'язучої сировини наведені в табл. 71.

Таблиця 71

Запаси цементної сировини (тис. т) [37]

Вид сировини	Кількість родовищ		Запаси на 01.01.2004 р.		Видобуток, 2003 р.
	Всього	Розробляються	Всього	Розробляються	
Вапняк	11	6	1035460	527380	3853
Мергель	5	4	787787	714363	1401
Глина	6	4	500854	405609	1850
Суглинок	2	1	227606	169889	402
Крейда	3	3	960766	873901	3545
Гіпс	2	1	57638	51564	84
Діатоміт	1	–	7447	–	–
Каолін	3	1	44679	4240	14
Опока	2	1	20202	20202	–
Спонголіт	1	1	31720	31720	0
Трепел	1	–	16802	–	–
<b>Всього</b>	<b>37</b>	<b>23</b>	<b>3697361</b>	<b>2798848</b>	<b>11123</b>



**Рис. 66. Карта перспективних площ України на в'язучі матеріали**  
 1 – перспективні площі, 2 – вапняки, 3 – крейда, 4 – мергелі, 5 – глини, 6 – гіпс

По областях України родовища вапняку, мергелю, глини, суглинку і крейди розподіляються таким чином: Донецька – 5: Амвросіївське (мергель), Балка Широка (крейда), Балка Мокра (опока), Карпівське (мергель, крейда), Краматорське (крейда); Дніпропетровська – 1: Жовтокам'янське (вапняк, глина); Івано-Франківська – 2: Межигірсько-Дубовецьке (мергель, глина), Дубовецьке (вапняк); АР Крим – 1: Бахчисарайське (мергель, суглинок); Львівська – 4: Добрянське (вапняк), Качувське (глина, суглинок), Рава-Руська (спонголіт), Пісківське (гіпс); Миколаївська – 1: Григорівське (вапняк, глина); Одеська – 1: Єлизаветівське (вапняк, глина); Рівненська – 1: Здобунівське (крейда, суглинок, глина); Харківська – 1: Шебелинське (крейда, глина); Хмельницька – 1: Гуменецьке (вапняк, глина, суглинок) [35].

Цементна сировина представлена карбонатними породами (вапняки, крейда, мергелі), глинами, гіпсом, гідралічними додатками (траси, трепели та ін.), запаси яких перевищують 3 млрд т. Найбільше значення в Україні мають: Амвросіївське родовище у Донецькій, Шебелинське – в Харківській, Здобунівське – у Рівненській, Гуменецьке – у Хмельницькій, Миколаївське – у Львівській областях.



Карбонатні породи України мають значний віковий діапазон – від докембрію до антропогену, але їх розподіл за літологічними, мінеральними та хімічними особливостями в різних системах неоднаковий. Палеозойські вапняки й доломіти складають 60 % від загального обсягу осадових товщ, тоді як мезо-кайнозойські – 20 % і представлені вони переважно мергелями та крейдою. Карбонатні породи тяжіють до таласократичних періодів: силуру, середнього та верхнього девону, нижнього карбону, середньої та верхньої юри, верхньої крейди.

Найдавніші на території України вапняки (ордовицькі та силурійські) розповсюджені в Наддністрів'ї та на Волино-Поділлі. В Донбасі карбонатні товщі входять до складу різних структурно-стратиграфічних комплексів, починаючи з ранньокам'яновугільних відкладів на південному схилі Донецького кряжу, з яких у цементному виробництві використовуються вапняки горизонту F чистяківської світи, що відслонюються в басейні р. Кринки, а також сірі вапняки волноваської світи. Значно вище в розрізі розташовані юрські органогенні вапняки північно-західних окраїн Донбасу. У вигляді смуги екзотичних скель вапняки цього ж віку відомі в Закарпатті, особливо їх багато в гірській частині Криму. Карбонатні поклади верхньої крейди відомі у Донбасі, в північно-східному борті ДДЗ, на Волино-Поділлі, в Криму; палеогену – в Криму (нумулітові вапняки з околиць Сімферополя); неогенів – в Наддністрів'ї, Причорномор'ї, Степовому Криму.

**Деснянська площа** охоплює територію Чернігівської та Сумської областей (Новгород-Сіверське, Заруцьке, Шечківське та інші родовища). Запаси цементної сировини в Чернігівській області (на 01.01.1989 р.) становили (млн т): крейди – 241, глин і суглинків – 64; крейди – 35. У Сумській області розташовані родовища крейди із запасами 52 млн т і гіпсу – 576 тис. т.

**Новгород-Сіверське родовище** крейди та глини знаходиться на південно-західній околиці однойменного населеного пункту. Корисною копалиною є біла однорідна писальна крейда крейдової системи, яка залягає у вигляді пластоподібного покладу, перекритого товщею четвертинних суглинків і піщано-глинистих порід. Потужність розкритих утворень 7–41 м (у середньому 26 м); на глибині 58 м є горизонт мергелю (2 м). Хімічний склад крейди (%):  $\text{SiO}_2$  – 0,88–3,84,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,08–0,99,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,07–0,20,  $\text{CaO}$  – 52,76–55,06,  $\text{MgO}$  – 0,1–0,73 (решта –  $\text{CO}_2$ ). Силікатний модуль – 6,2–9,6; глиноземний модуль – 2,5–4,2. Розкриті глинисті породи можуть бути використаними у виробництві цементу за умови введення до сирової вапняної суміші, окрім залізо-вмісних додатків, 3,5–4,0 % бокситу, що підтверджується технологічними випробуваннями.

**Заруцьке родовище** розташоване поблизу однойменного залізничного роз'їзду на правому схилі долини р. Клевань. Корисна товща

представлена білою однорідною тріщинуватою крейдою (до 200 м), котра підстиляється мергелем, а перекривається четвертинними пісками та суглинками (5-10 м). Вологість крейди 22-25 %; молота крейда відповідає маркам Б і В; склад шихти для випалювання вапна – 10 частин крейди та 1 частина кам'яного вугілля. Хімічний склад крейди (%): СаО – 93,50–98,05, інші оксиди – 0,46–0,98, нерозчинний залишок – 0,36–1,54.

**Наддністрянська площа** знаходиться в межах Львівської, Івано-Франківської, Тернопільської, Хмельницької, Чернівецької, частково – Волинської, Рівненської, Вінницької областей; невеликі родовища вапняків є також у Закарпатській області. Запаси (на 01.01.1989 р.) цементної сировини становили (млн т): вапняку – 507, крейди – 200, мергелю – 42, глини й суглинків – 234, гіпсу – 13, спонголіту – 25; сировини для отримання будівельного вапна й гіпсу: вапняку – 340, крейди – 71, гіпсу – 116.

**Розвадівське родовище** вапняків і глин розташоване поблизу залізничної станції Миколаїв-Дороговиже (Львівська область), на лівому березі Дністра. Корисними копалинами є неогенові вапняки (масивні кавернозні, черепашникові, літотамнієві) і глини сірого або зеленкувато-сірого кольору, мулисті, часом пластичні. Потужність вапняків змінюється від 3 до 27 м, глин від 1–2 до 38 м. Розкриті породи представлені четвертинними глинами, суглинками, пісками потужністю 0,5–20. Силікатний модуль вапняків – 2,33, глиноземний – 2,85. Глини та вапняки придатні для виробництва цементу марок 400, 500.

**Рава-Руське родовище** спонголітів знаходиться у Львівській області, складається з двох ділянок: Гути Зеленої та Потилицької. Корисною копалиною є спонголіт крейдової системи сірий щільний легкий з верствами перекристалізованих вапняків. Потужність спонголітів Потилицької ділянки – 22–50 м, Гути Зеленої – 3,5–22,1 м. Розкриті породи – четвертинні суглинки та глини потужністю до 3,5 м. Хімічний склад спонголітів (%): SiO<sub>2</sub> – 46,1–54,3, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,8–6,7, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2,1–2,7, СаО – 18,9–24,9, MgO – 0,4–1,3 (решта – СО<sub>2</sub>); природна вологість – 18,2–24,5, активність – 153,9–328,93 мг/л. Сировина використовується як додаток до цементу марок 400 і 500.

Ці родовища є сировинною базою Миколаївського цементно-гірничого комбінату, до складу якого входять цехи: гірничий (кар'єри вапняків, глин, опок), сировинний, випалювання, розмелювання, транспортно-пакувальний. Продукція (близько 2 млн. т), що випускається, представлена портландцементом різного призначення: для шляхового покриття, рядового, швидкотверднучого й пуцоланового.

**Здолбунівське родовище** крейди (рис. 67) знаходиться у Рівненській області, на східній окраїні м. Здолбунов, складено білою писа-

льною крейдою пізньокрейдового віку потужністю 10–48 м, яка перекрита четвертинними суглинками, пісками, ґрунтово-рослинним шаром (5–25 м). Хімічний склад крейди (в %):  $\text{SiO}_2$  – 1,5,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,6,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,2,  $\text{CaO}$  – 54,5,  $\text{MgO}$  – 0,2;  $\text{CaCO}_3$  – 98,8. Модулі: силікатний – 0,18–10,01, глиноземний – 0,8–11,9. У нижній частині покладів крейди експлуатаційним кар'єром розкрито водоносний горизонт, що обумовлює водоприток до 1000 м<sup>3</sup>/добу. Крейда в суміші з глинами Могиланського родовища, яке розташоване на схід (25 км) від Здолбунова, та лесоподібними суглинками покрівлі (у співвідношенні 1:1) забезпечує отримання цементу марок 400 і 500. Родовище експлуатується Здолбунівським цементно-шиферним комбінатом, продукція якого – близько 3 млн. т цементу різних марок та понад 100 млн плиток шиферу.



**Рис. 67. Здолбунівське родовище крейди (схематичний геологічний розріз за матеріалами Д.Кожевина, 1954)**

1 – ґрунт, суглинки заісовані; 2 – суглинки; 3 – піски; 4 – пісковики; 5 – крейда

**Гуменецьке** комплексне (вапняки й глини) родовище розміщене в Кам'янець-Подільському районі Хмельницької області, приурочене до Подільської рифогенної зони, складеної неогеновими біогермними вапняками (рис. 68), які представлені різноманітними літологічними відмінами: рифові (смугасті літотамнієві, літотамнієво-верметусові, водоростево-моховатко-верметусові, грудкуваті літотамнієві, з літотамнієвими кулями, верметусові), біогермні верстуваті й устричні; тафогермні (форамініферові); органогенно-уламкові; хемогенні; глинисті, мергелісті. Родовище складається з двох ділянок – Гуменецької та Колибаївської. Корисна копалина Гуменецької ділянки – вапняки рифові перекристалізовані та детритові літотамнієві з середньою потужністю 85 м; розкривні породи – четвертинні суглинки та кора вивітрювання вапняків (4,6 м); Колибаївської – неогенові й четвертинні верстуваті карбонатні глини потужністю 5–33 м (у середньому 15 м);

розкривні породи – ґрунтово-рослинний шар (0,3–1,2 м). Родовище експлуатується Кам'янець-Подільським цементним заводом.



**Рис. 68. Гуменецьке родовище вапняків і глин (схематичний геологічний розріз за матеріалами А.Андрєєва, 1961)**

1 – ґрунт, суглинки записочені; 2–4 – вапняки серпулево-водоростеві (2), детритові (3), літотамнієві (4); 5 – піски, пісковики

**Нігинсько-Вербецьке** родовище вапняків розташоване на північній околиці с. Вербка Кам'янець-Подільського району Хмельницької області. До корисної копалини відноситься вапняк рифогенний літотамнієвий і детритовий. Потужність вапняків 48–70 м; потужність розкривних порід 0,2–10 м. Фізико-механічні властивості вапняку: об'ємна маса – 1,76–2,67 г/см<sup>3</sup>; водовбирання – 0,5–5,05 %; природна вологість – 1,5 %; межа міцності на стискання в сухому стані – 22–128 МПа, у водонасиченому – 20,4–26 МПа; зношування щебеню в поличному барабані – 29,8–32,5 %; опір щебеню удару на копрі ПМ – 44–68; вміст у щебені лещадних зерен – 5–10,8 %; морозостійкість – 25. Вапняк придатний для виробництва бутового каменю, щебеню, будівельного вапна; запаси перевищують 100 млн т.

**Межигірсько-Дубовецьке родовище** складено шарами потужністю 44,5–76,3 м (середня 56,0) світло-, голубувато- і темно-сірих мергелів крейди з високою щільністю, тріщинуватістю, неявно вираженою шаруватістю. Виділяються мергелі-натурали (СаО 40–44%) і глинисті мергелі (СаО 15–40%). Вище шарів мергелю розташовуються гіпси (0,7–7,9 м). Запаси мергелів категорій А+В+С<sub>1</sub> складають 34,8 млн т, С<sub>2</sub> – 47,7 млн т; гіпсу – А+С<sub>1</sub> – 3,8 млн т; залишок запасів на 01.01.2006 р. склав (млн т): мергелів – 24,9; гіпсу 3,8. Родовище розробляється ВАТ „Івано-Франківськцемент”.

**Дубовецьке родовище** представлено вапняками і мергелистими вапняками верхньої крейди середньою потужністю 95 м, які заляга-

ють під четвертинними суглинками на глибині 1,0–14,5 м, частково перекриваються мергелями. Вапняки придатні для виробництва цементу марок 400, 500, будівельного вапна. Запаси (A+B+C<sub>1</sub>) складають 21,5 млн т, у тому числі вапняків, придатних для виробництва соди і магнею, – 15,4 млн т, залишок запасів на 01.01.2006 р. – 14,6 млн т. Родовище розробляється ВАТ „Івано-Франківськцемент”.

**Сіверсько-Донецька** площа охоплює територію Луганської, Харківської, Донецької областей. Запаси (на 01.01.1989 р.) цементної сировини (млн т) становлять: крейди – 406, мергелю – 472, глин і суглинків – 114, гіпсу – 23, кременистих порід – 37; сировини для будівельного вапна й гіпсу: вапняку – 36, крейди – 300, гіпсу – 333.

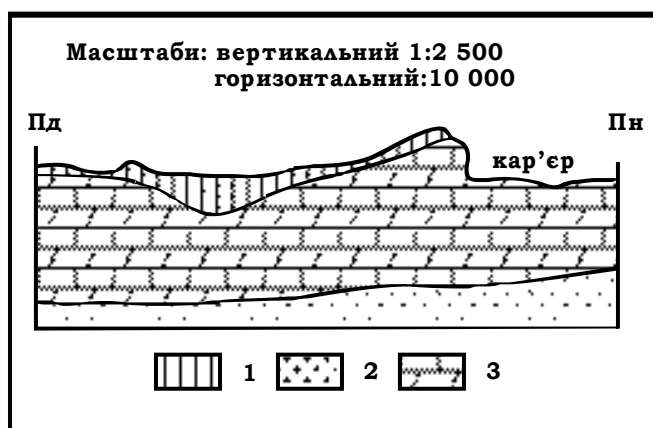
**Шебелинське родовище** крейди й глин знаходиться у Харківській області, на правому березі р. Сіверський Донець в районі Шебелинського газового промислу, на північно-східному схилі Глазунівського склепіння Шебелинського підняття, складене крейдою і мергелями крейдової системи, палеогеновими і четвертинними глинами, які відповідають вимогам до глинистого компоненту цементної сировинної суміші, придатні для отримання високоміцного, тампонажного і жаростійкого цементу. Корисна копалина – крейда крейдової системи (56,4 м) і четвертинна жовто-зелена й червоно-бура глина (до 30 м); середня потужність розкритих суглинків – 2,9 м. Природна вологість: крейди – 21,14–27,7 %; глини жовто-зеленої – 22,5–23,8 %, червоно-бурої – 1,74 %. Запаси (млн т) крейди категорій A+B+C<sub>1</sub> – 309, C<sub>2</sub> – 6,5; глин четвертинних – 38,5; глин палеогенових – 59,7; залишок запасів на 01.01.2006 р. крейди – 229; глин четвертинних і палеогенових – 71. Родовище розробляється ВАТ „Балцем”.

У Харківській області розміщені також Куп'янське родовище крейди і глин та Великобурлуцьке родовище діатомітів.

У Донбасі розвідані численні великі родовища, серед яких особливо цінними є родовище мергелю Амвросіївське, крейди – Балка Широка, опок – Балка Мокра, мергелів і крейди – Карпівське, які є сировинною базою Краматорського цементно-шиферного комбінату і Єнакіївського цементного заводу.

**Амвросіївське родовище** мергелю знаходиться в районі однойменної залізничної станції в верхів'ї балки Білий Яр за 24 км від діючого заводу. У будові родовища беруть участь породи середнього карбону і крейди (рис. 69); мергелі входять до складу відкладів кампанського ярусу. Потужність товщі до 140 м, глибина залягання підошви пласта від 20 до 180 м. Мергелі сірого кольору, щільні, масивні, у зоні вивітрювання (30–40 м) – сірувато-білі, пухкі, тріщинуваті. Корисна копалина підстиляється кварц-глауконітовими пісковиками або глинистими сланцями кам'яновугільного віку. За вмістом CaCO<sub>3</sub>

виділяють чотири типи мергелів: піщанисті ( $\text{CaCO}_3$  – 55–73 %); звичайні ( $\text{CaCO}_3$  76–78 %); строкатого складу ( $\text{CaCO}_3$  65–82 %); глинисті ( $\text{CaCO}_3$  менше 70 %). Корисна копалина перших двох типів складає так звану "ланцюжкову" зону, інших – зону "гіллячкову", котра включає п'ять пачок: Ia, I, II, III і IV. Балансові запаси (A+B+C<sub>1</sub>) складають 647 млн т, на 01.01.2006 р. залишок запасів – 346,8 млн т. Родовище розробляється ВАТ „Донцемент”.



**Рис. 69. Амвросіївське родовище мергелів (схематичний геологічний розріз за матеріалами Р.Воробйова, 1966)**

1 – ґрунт, суглинки записочені; 2 – мергелі; 3 – піски, пісковики

**Карпівське родовище** представлене крейдою потужністю 3,8–43,7 м (середня 16,1) і цементним мергелем потужністю 50,6–158 м (середня 67,4). Запаси крейди (A+B+C<sub>1</sub>) складають 25 млн т; мергелю (B+C<sub>1</sub>) – 105 млн т; залишок на 01.01.2006 р. складає (млн т): крейда – 24; мергель – 103. Родовище розробляється ВАТ „Донцемент”.

**Краматорське родовище** представлене білою писальною крейдою (75 м) з прошарками жовен чорних кременів, яка перекрита глинами, суглинками, пісками із включеннями кременів (0,3–10,6 м). Глини придатні для використання як шихта при виробництві цементу. Запаси крейди категорії A+B+C складають 48,8 млн т, залишок запасів на 01.01.2006 р. – 17 млн т. Родовище розробляється ВАТ „Краматорський цементно-шиферний комбінат – ПУШКА”.

Крім того в Запорізькій області відоме **Жовтокам'янське родовище** вапняків, представлене оолітово-детритовими й оолітовими вапняками неогену потужністю 1,8–16,6 м (середня 9,1 м); цементними суглинками потужністю 2,1–10,5 м (середня 6,4) і цементними червоно-бурими глинами потужністю до 13,6 м (середня 6,6), які перекривають вапняки. Балансові запаси (млн т) вапняків (A+B+C<sub>1</sub>) 60,3; глин

– 20,5; залишок на 01.01.2006 р.: вапняків – 39,5, глин – 10. Родовище розробляється ВАТ „Кривий Ріг – Цемент”.

**Причорноморська площа** знаходиться на території Одеської, Миколаївської, Херсонської та Дніпропетровської областей. Запаси цементної сировини (1989 р.) становлять (млн т): вапняку – 196, глини й суглинку – 107, кременистих порід – 17,6; сировини для будівельного вапна й гіпсу: вапняку – 184. Найважливішими родовищами є Григорівське вапняків і глин та Михайлівське опок і вапняків в Миколаївській області, Жовтокам'янське родовище вапняків і глин в Дніпропетровській області (сировинна база Криворізького цементно-гірничого комбінату з виробничою потужністю до 3 млн т продукції на рік).

**Григорівське родовище** знаходиться поблизу с. Тернувате, на правому березі Південного Бугу й складається з двох ділянок: Новогригорівської та Григорівської; геологічний розріз родовища має такий вигляд:

Грунтово-рослинний шар .....	0,5–1,0 м
Суглинки лесоподібні .....	0,3–20,5 м
Піски різнозернисті з верствами глин .....	2,5–30,0 м
Вапняки сірі детритово-черепашкові перекристалізовані .....	0,3–5,0 м
Глини зеленкувато-сірі пластичні карбонатні .....	0,4–23,9 м
Вапняки масивні черепашкові з верствами оолітових вапняків і мергелю .....	10,0–22,0 м
Чергування глин, пісків та оолітових вапняків .....	1,0–8,0 м

Вапняки й глини придатні для отримання цементу марок 400 і вище; розробляються Ольшанським цементним заводом потужністю до 3 млн т. Запаси (млн т) вапняків категорії А+В+С<sub>1</sub> складають 69,7, глин – 13,5, суглинків – 39; залишок запасів на 01.01.2006 р. вапняків – 24, глин 3, суглинків – 31,6.

**Михайлівське родовище** розташоване на північній окраїні с. Михайлівки. Корисними копалинами є вапняки оолітово-детритові (середня потужність 12,6 м) та опока мергелиста (середня потужність 9,5 м). Вапняки придатні для виготовлення будівельного вапна, а опоки – для використання як гідравлічна добавка до цементу та як стіновий матеріал за умови застосування зовнішньої штукатурки.

**Добрянське родовище** представлене літотамнієвими піскуватими і детритовими вапняками нижнього тортопу потужністю 1,0–6,9 м (детритусові – до 33,5 м). Запаси сировини (А+В+С<sub>1</sub> складають 198 млн т, залишок запасів на 01.01.2006 р. – 136. Вапняки придатні для вироблення портланд-цементу. Родовище розробляється ВАТ „Миколаївцемент”. Суглинки і глини, що залягають у розкритті вапняків, використовуються цегельними заводами.

**Слизаветівське родовище** складене (зверху): ґрунтово-рослинним шаром (0,2–0,8 м), лесоподібними суглинками (0,2–12,8 м), червоно-

бурими глинами (1,3–10,4 м), вапняками (біля 11 м), сірватозеленими глинами (0,2–4,0 м), кварцовими пісками. Вміст СаО у вапняках складає від 44,00 до 51,85%), вони придатні для виробництва портландцементу.

**Кримська площа** розміщена в межах Кримського півострова. Запаси сировини для виробництва цементу (станом на 01.01.1989 р.) становили (млн т): мергелю – 169,6, глин і суглинків – 3,2, кременистих порід – 0,7; для випалювання на вапно: вапняку – 148,5, крейди – 0,7, гіпсу – 4.

**Бахчисарайське родовище** мергелю знаходиться поблизу міста Бахчисарай на південно-східному схилі третього пасма Кримських гір, складено мергелями еоцену, перекритими четвертинними суглинками. Поклади корисної копалини представлені: 1) четвертинними вапнистими суглинками; 2) глинистими мергелями альмінського й верхів качинського ярусів (СаО 19–41 %), потужністю від 1,0–2,0 до 78,6 м (середня 26); 3) вапнистими мергелями качинського ярусу (СаО понад 41,6 %), потужністю 25,5 до 71,7 м (середня 54,2). Карбонатність породи зростає з глибиною; хімічний склад мергелів наведений в табл. 72. Суглинки і мергелі придатні для виробництва портландцементного клінкеру.

**Таблиця 72**

**Хімічний склад мергелів Бахчисарайського родовища**

Верста	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	СаО	MgO	SO <sub>3</sub>	М о д у л і	
							Силікатний	Глиноземний
3	23,10	7,95	2,80	33,97	1,50	1,20	2,18	2,97
4	15,50	5,09	1,84	39,75	1,44	1,30	2,39	3,07
5	11,05	3,25	1,30	43,50	1,25	1,20	3,25	2,60
6	7,99	2,45	1,45	47,20	0,78	0,65	2,11	1,87
7	8,20	2,96	1,50	47,54	1,01	0,77	1,68	2,12



## ГІПС ТА АНГІДРИТ

### Загальні відомості

Гіпс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  та ангідрит  $\text{CaSO}_4$  – сульфатно-галогенні породи (евапорити), складені відповідними мінералами з домішками уламкових частинок, глинистої речовини, піриту, сірки, карбонатів, галіту, бітумів. Крім мономінеральних порід відомі також гіпсові утворення, що складаються з тонкої суміші дрібних кристалів гіпсу з піщано-глинистим або вапняно-глинистим матеріалом; вони мають місцеві назви – гажа, ганджа, ганч (Центральна Азія, Кавказ). Назва *гіпс* походить від гр. *γυψος* – крейда, вапно, що, у свою чергу, має семітське походження, оскільки є відповідні терміни в арабській, давньоєврейській та акадській мовах; за іншою версією, у Стародавній Греції так називали сам мінерал та продукти його випалювання. *Ангідрит* означає буквально "безводний". *Алебастр* – від гр. *αλαβαστρος*, що походить з єгипетської назви будівельного гіпсу, – відміна гіпсу у вигляді суцільних мас різної зернистості аж до щільних зливних прозорих чи напівпрозорих і дрібнозернистих мармуроподібних.

Розрізняються такі відміни гіпсу: крупнокристалічний листовий, тонковолокнистий з шовковистим полиском (селеніт), зернистий, землистий, очковий порфірової будови. Колір гіпсових верств чисто білий, рожевий або жовтуватий. Ангідрит зустрічається у вигляді зернистих мас блакитно-сірого, рідше білого та червонуватого кольорів.

Часто гіпси й ангідрити чергуються один з одним, на глибинах 150–300 м від поверхні ангідрит переходить у гіпс, що супроводжується значним (30–60 %) збільшенням об'єму. Можуть бути і зворотні переходи. У зв'язку з неодноразовою перекристалізацією для гіпсу й ангідриту типовими є гетеробластові та гранобластові структури, що підкреслюються зубчастими поєднаннями зерен різного розміру. Зустрічаються безладно-лускувата й волокниста структури.

Гіпсові й ангідритові відклади можуть бути первинними або вторинними. Первинне утворення відбувається в лагунах і соляних озерах при випаровуванні води в умовах жаркого посушливого клімату. Залежно від складу й температури води в осад випадає або гіпс, або ангідрит. Вторинні нагромадження гіпсу виникають у процесі епігенетичного перетворення ангідриту; більшість великих родовищ гіпсу утворилася, мабуть, саме таким шляхом. Коли відбувається відновлення гіпсу бітумами, то утворюється вільна сірка, поклади якої асоціюють з гіпсоангідритовими товщами.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Найголовнішими галузями застосування гіпсу й ангідриту є такі: виробництво гіпсових в'язучих речовин – будівельного гіпсу, високоміцного гіпсу, формувального гіпсу, естрихгіпсу, медичного гіпсу; отримання цементу – гіпсошлакового, ангідритового, спеціального, портландцементу (як додаток); хімічна промисловість – сірчана кислота, сульфат-амоній; сільське господарство – гіпсування ґрунтів, паперова промисловість – як наповнювач.

Переважає більшість гіпсової сировини використовується для виготовлення в'язучих матеріалів, які отримують шляхом термічної обробки природного гіпсу. Найширше застосування знаходить будівельний або штукатурний гіпс (алебастр), котрий складається, в основному, з напівводяного гіпсу. Він виробляється шляхом випалювання гіпсового каменю при температурі 107–120°C з наступним або попереднім розмелюванням на тонкий порошок. Випалювання здійснюється в камерних, кільцевих, шахтних і обертових печах, у варильних котлах і установках для випалювання в завислому стані. Перехід у напівводяний стан призводить до втрати 15,7 % первісної ваги, тому з однієї тонни гіпсового каменю виходить близько 840 кг штукатурного гіпсу. У результаті нагрівання гіпсового каменю в герметично закритих апаратах в атмосфері насиченої водяної пари утворюються крупні довгі голчасті кристали напівводяного гіпсу. Ця відміна має набагато вищу міцність, порівняно з випаленою у відкритих апаратах, і називається високоміцним гіпсом.

Сировина для штукатурного гіпсу повинна містити не менше 90 %  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (перший сорт) або 65 % (другий сорт) у попередньо висушеній речовині; товарний камінь має бути у шматках розміром від 50 до 300 мм чи у вигляді щебеню розміром від 5 до 50 мм. Відповідний стандарт на готову продукцію лімітує терміни захоплення, тонкість помелу й тимчасовий опір розтягненню. Постійних кондицій на гіпсовий камінь для інших в'язучих матеріалів немає й придатність сировини визначається за якістю кінцевої продукції. Вироби з високоміцного гіпсу мають тимчасовий опір стисканню 15–40 МПа, для звичайного штукатурного гіпсу цей показник становить 10–15 МПа.

Естрихгіпс виробляється з гіпсу чи ангідриту випалюванням при температурі 800–1000°C з наступним розмелюванням. Затверділий естрихгіпс має низьку теплопровідність, добре звукопоглинання та високу стійкість проти стирання. Він застосовується для влаштування підлог, цегляної кладки, виготовлення штучного мармуру тощо.

Формувальний гіпс використовують для виготовлення форм і моделей у керамічній, авіаційній, машинобудівній промисловості, форм

для литва з металів і сплавів, різноманітних виробних і скульптурних робіт. Його отримують з дуже чистого добірного гіпсового каменю.

Медичний гіпс є необхідним в ортопедії для виготовлення хірургічних пов'язок, зліпків, а також у стоматології – зняття відбитків зубних протезів. Сировину для медичного гіпсу вибирають особливо ретельно, зокрема, колір повинен бути обов'язково білим.

Гіпсошлаковий цемент – гідравлічна в'язуча речовина, яку отримують тонким подрібненням висушеного гранульованого доменного шлаку (80–85 %), двоводного гіпсу й портландцементного клінкеру. Використовується він при зведенні підземних і підводних споруд, особливо коли ті зазнають дії вилуговування та сульфатних розчинів.

Ангідритовий цемент – тонкорозмелені продукти випалювання двоводного гіпсу при температурі 600–700°C або природного ангідриту з різними додатками, що активізують схоплювання. Його застосовують для виготовлення будівельних розчинів, бетонів тощо.

У невипаленому вигляді природний тонко-розмелений гіпс має властивість перекристалізації та використовується як гіпсовий цемент при спорудженні одноповерхових будівель, відливанні архітектурних деталей та опорядженні фасадів споруд.

У процесі виробництва сірчаної кислоти і портландцементу висушений і зневоднений гіпс чи ангідрит разом з іншими компонентами випалюється в обертовій цементній печі до повного розкладу  $\text{CaSO}_4$  на  $\text{CaO}$  й  $\text{SO}_3$ . Сірчаний газ надходить до сірчанокислотних установок, а клінкер розмелюється для отримання портландцементу. Виробництво сульфату амонію – азотного добрива – споживає відносно небагато гіпсу й ангідриту, котрі в цьому випадку не повинні містити домішок глини, що є шкідливим, бо ускладнює технологічний процес.

Гіпс та ангідрит використовуються в сільському господарстві як добриво при вирощуванні бобових культур, конюшини та люцерни на підзолистих ґрунтах, а також на ґрунтах типу солонців і солончаків. Певних вимог до гіпсового каменю в цьому випадку не ставиться; домішок вуглекислого кальцію шкідливим не вважається.

У паперовому виробництві гіпс потрібен як наповнювач для деяких сортів паперу, оскільки за білизною він переважає найвищі сорти тальку й каоліну. Спеціальних стандартів для цього виду гіпсової сировини немає, але білизна (за Оствальдом) має становити 98,5–99 %, а вміст піщаних частинок бути не більше 0,5–3 %.

Рівномірно забарвлені відміни щільного гіпсу у вигляді полірованих плит можуть використовуватись як облицювальний матеріал при оздобленні інтер'єрів. Алебастр, котрий часто має ніжний рожевий чи жовтуватий колір з витонченим малюнком примхливих жилوک, а також волокнистий селеніт є недорогими виробними каменями.

## Економічні відомості

Значні поклади гіпсу й ангідриту відомі в багатьох країнах світу, серед відкладів практично всіх систем фанерозою, хоча найбільше промислове значення мають, напевно, пермські родовища. Світі запаси гіпсу складають біля 7 млрд т, великі родовища відомі у США, Канаді, Німеччині, Великій Британії, Греції, Мексиці, Індії, Колумбії, Франції, Італії, Болгарії, Польщі. Провідні експортери гіпсу й ангідриту – Канада, Таїланд, Іспанія; імпортери – США, Японія. В країнах СНД основна кількість запасів гіпсу, ангідриту й гіпсоносних порід зосереджена в Росії, Україні, Казахстані, Таджикистані (табл. 73).

Середня світова ціна гіпсу (\$/т) складала: 2001 р. – 8,44; 2002 р. – 7,31; 2003 р. – 6,90; 2004 р. – 7,21; 2005 р. – 7,48 [70, 71].

Таблиця 73

Видобуток, запаси, ресурси гіпсу, тис. т [70, 71]

Країна	Видобуток			Запаси	Ресурси
	2004	2005	2006		
Австралія	4000	4000	4000	н/зв	н/зв
Австрія	1000	1000	1000	н/зв	н/зв
Алжир	н/зв	1460	1460	н/зв	н/зв
Бразилія	1500	1480	1500	1300000	Великі
Велика Британія	1500	1500	1500	н/зв	н/зв
Єгипет	2000	2000	2000	н/зв	н/зв
Індія	2350	2400	2500	н/зв	н/зв
Іран	13000	13000	13000	н/зв	н/зв
Іспанія	11500	11500	11500	н/зв	н/зв
Італія	1200	1210	1220	н/зв	н/зв
Канада	9340	9400	9450	450000	Великі
Китай	7000	7300	7400	н/зв	н/зв
Мексика	7000	7200	7400	н/зв	н/зв
Німеччина	1750	1580	1580	н/зв	н/зв
Польща	1300	1300	1300	н/зв	н/зв
Росія	700	2200	2400	н/зв	н/зв
США	17200	21100	21200	700000	Великі
Таїланд	8000	6920	7100	н/зв	н/зв
Уругвай	1130	1130	1130	н/зв	н/зв
Франція	3500	3500	3500	н/зв	н/зв
Японія	5800	5890	5900	н/зв	н/зв
Інші країни	8250	10900	11000	н/зв	н/зв
<b>Всього</b>	<b>109000</b>	<b>118000</b>	<b>119000</b>	<b>Великі</b>	<b>Великі</b>

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Основні типи родовищ гіпсу: осадові (сингенетичні, епігенетичні), вторинні (залишкові, метасоматичні, вивітрювання). За запасами сировини (млн т) родовища гіпсу і ангідриту поділяються на дуже великі – 1000, великі – 100–1000, середні – 10–100, малі – 1–10.

Гіпси й ангідрити утворюються хімічним способом унаслідок випаровування справжніх розчинів за умов жаркого клімату. Найінтенсивніше утворення евапоритів характерне для морських басейнів з обмеженим водообміном і сприятливим тектонічним режимом (стійке занурення); континентальне соленагромадження завжди відіграло підпорядковану роль.

Зростання концентрації розчинів спричиняє випадіння солей в осад у певній послідовності залежно від складу початкового розчину та його температури. Наприклад, осадження ангідриту з чистого розчину є можливим лише за температури 63,5°C, нижче якої утворюється гіпс. У випадку насиченості розчину хлористим натрієм ангідрит випадає в осад уже за температури 30°C, яка ще більше знижується, коли розчин є насичений хлористим магнієм. З розчинів, наближених за складом до сучасної морської води, першими випадають карбонати, гіпс та ангідрит, згодом кам'яна сіль у супроводі сульфатів кальцію та магнію і тільки потім хлориди калію та магнію разом із сульфатами й галітом. Будова соляних пластів засвідчує перервність їх нагромадження й чергування з періодами розчинення. Переважна частина родовищ, особливо значних, розташовується в перехідних від платформ до геосинкліналей областях уздовж складчастих споруд.

Основні генетичні типи родовищ гіпсу та ангідриту осадові та кір вивітрювання.

**Осадові родовища** поділяються на сингенетичні та епігенетичні. Типовими формами гіпсових покладів осадового походження є пласти, лінзи, гнізда, версточки й прожилки у породах, що вміщують. Потужність окремих пластів досягає 20 м; часто гіпсові верстви чергуються з іншими породами, утворюючи світи пластів.

*Сингенетичні родовища* сформувалися одночасно із вмісними породами в результаті випадіння гіпсу й ангідриту в осад з істинних розчинів; вони мають відносно незначне поширення.

*Епігенетичні родовища* утворювались як наслідок гідратації сингенетичних ангідритів, що відбувалася під впливом низхідних вод на глибинах 100–150 м і супроводжувалася зростанням об'єму породи до 30 % і більше. На більших глибинах, навпаки, нестійким є гіпс, котрий дегідратується й переходить в ангідрит.

**Родовища кір вивітрювання** поділяються на залишкові, інфільтраційні, інфільтраційно-метасоматичні.

*Залишкові родовища* приурочені до "гіпсових шляп" у кепроках соляних куполів, де вони у вигляді гіпсоангідритового горизонту розташовуються в нижній частині, вище знаходиться пористий вапняк із сіркою, часом з асфальтом чи нафтою, котрий замінюється щільним вапняком. Сульфати кальцію є нерозчинним залишком солі (від 5 до 10 % первинної маси кам'яної чи калійної солі).

*Інфільтраційні родовища* виникають внаслідок розчинення розсіяного в осадових породах гіпсу, перенесення його поверхневими водами та перевідкладання в суміші з піщаними, глинистими та вапнистими компонентами у вигляді гіпсової гажі, глиногіпсу тощо.

*Інфільтраційно-метасоматичні родовища* формуються при дії на вапняки сірчанокислих вод; найкраще піддаються заміщенню пористі вапняки без істотних домішок глинистого матеріалу.

## Родовища України

Родовища гіпсу та ангідриту в Україні відомі в Донбасі (Попаснянське, Артемівське, Нирківське), Придністров'ї (Вовчинецьке), Криму (Елькеджі-Елінське), ДДЗ (Ровенське), Закарпатті. В Донбасі вони представлені плаstopодібними покладами (від 0,5 до 36 м) гіпсів у відкладах гіпсо-доломітової і соленосної товщ слов'янської та микитівської світ нижньої пермі; в Придністров'ї пов'язані з гіпсово-ангідритовим горизонтом міоцену; в Криму – з караганським і конкським горизонтами тортону; в ДДЗ – з кепроками соляних куполів девону (Ісаківський, Ровенський); в Закарпатті – з кепроками соляних куполів (Данилівська, Олександрівська соляні структури).

Державним балансом враховано 36 родовищ з балансовими запасами гіпсу та ангідриту (млн т) за категоріями А+В+С<sub>1</sub> – 488, С<sub>2</sub> – 168,7, позабалансовими – 23,6. Крім того, в охоронних зонах за категоріями А+В+С<sub>1</sub> рахується 33 млн т гіпсу. Серед загальних запасів запаси ангідриту становлять 17,6 млн т (А+В+С<sub>1</sub>) по 3 родовищах. В останні роки розроблялось 14 родовищ гіпсу із щорічним видобутком 450–600 тис. т. Ангідрит не розроблявся.

Найпоширенішими є пермські та неогенові родовища гіпсу та ангідриту.

**Пермські родовища** знаходяться в західній частині Донбасу, в межах Кальміус-Торецької та Бахмутської улоговин. Порооди нижньої пермі є слабо дислокованими, мають загальну потужність до 3000 м, поділяються на чотири світи: картамиську (мідистих пісковиків), микитівську (вапняково-доломітову), слов'янську (соленосну) та краматорську. Горизонти гіпсів та ангідритів поширені серед осадових утворень микитівсь-

кої та слов'янської світ. Микитівська світа представлена аргілітами й алевролітами, карбонатними породами, ангідритом, гіпсом і кам'яною сіллю. Слов'янська світа складається з пластів ангідриту, гіпсу, кам'яної солі та, меншою мірою, карбонатних і глинистих порід; потужність деяких пластів кам'яної солі досягає 40–45 м.

Донбас за кількістю запасів і видобутку гіпсу й ангідриту посідає перше місце в Україні; усі розвідані родовища сировини для виробництва в'язучих матеріалів знаходяться в районі Артемівська: Артемівське, Михайлівське (Деконське), Пшеничанське, Попасні Ліски, Нирківське, Покровське, Іванградське, Преображенсько-Соколовське, Майорське (Зайцівське). Перші чотири з них є найбільшими й нині розробляються; вони зосереджені в Бахмутській улоговині серед відкладів слов'янської світи, де утворюють майже горизонтальні пласти потужністю від 1 до 34 м.

**Артемівське родовище** (рис. 70) розташоване на північно-східній околиці м. Артемівськ, представлене пермськими гіпсами та ангідритами, які перешаровуються з аргілітами, алевролітами, вапняками й доломітами слов'янської і краматорської світ, перекритих теригенними відкладами тріасу, палеогену, неогену і четвертинної системи. Загальна потужність продуктивної товщі у середньому складає 53,5 м. Вміст  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  у товарному гіпсовому камені складає 94–94,8 %. Залягання верств на площі родовища не є витриманим – загальне полого падіння на захід-північний захід подекуди порушується перегинами. Породи представлені гіпсом, ангідритом, доломітизованими вапняками та мергелем, а також галітом, глинами, пісками й пісковиками. Гіпси родовища неоднорідні: первинні, утворені безпосередньо з ангідриту, – масивні переважно сірі з різними відтінками залежно від величини зерен, і вторинні, що виникли в результаті перекристалізації первинних, – пухкі білі або безбарвні. Ангідрит міститься в щільній блакитно-сірій чи світло-сірій дрібнозернистій породі, в якій де-не-де фіксуються карбонатні й глинясті включення та верстви, а також окремі зерна та прожилки гіпсу.



**Рис. 70. Артемівське родовище гіпсу (схематичний геологічний розріз за матеріалами П.Меліхової, 1961)**

1 - суглинки, глина; 2 - гіпс; 3 - аргіліт

У продуктивній товщі Артемівського родовища залягають 8 пластів ангідриту й гіпсу, з яких промислове значення мають I, II, IV та частково V пласти. Останній на північному сході родовища представлений ангідритом. Він є основним об'єктом експлуатації родовища. Потужності пластів гіпсу й ангідриту такі, м: I – 2,65–18; II – 1,85–6; III – 0–1,3; IV – 1,5–10,2; V – 9,1–23,6; VI – 0,3–3,3; VII – 5,5–8,5; VIII – 7–7,8. Залягання гіпсів доволі примхливе, вони утворюють лінзи, зібрані в пачки; деякі з лінз мають місцеві збільшення потужності, інші – скорочення. У покладах часто трапляються тонкі прожилки темно-сірого мергелю, інколи мергель утворює верстви потужністю до декількох метрів; звичайними є верстви й лінзи глин, вапняків та ангідриту.

Неоднорідності у складі пластів викликані переходами ангідриту в гіпс, перекристалізацією гіпсу, його вилуговуванням. Перетворення ангідриту в гіпс відбувається на глибині до 50 м від поверхні. Зерниста відміна гіпсу переходить у пухку цукроподібну на глибині 5–8 м, а поблизу карстових каналів і глибше. Глибина активної зони вилуговування гіпсу становить 15–20 м. За даними хімічних аналізів, усі горизонти гіпсу на родовищі мають постійний склад і за якісними показниками не відрізняються один від одного (табл. 74). Незначна кількість домішок у гіпсі поділяється на дві групи: сингенетичні – реліктовий ангідрит, карбонати, глиниста речовина та епігенетичні – глиниста речовина, привнесена поверхневими водами, яка часом надає породі червоного або рожевого забарвлення. Вміст сингенетичних домішок ближче до поверхні зменшується, проте зростає кількість епігенетичних, що обумовлюється процесами перетворення ангідриту в гіпс та міграцією карбонатів.



Запаси гіпсу за категоріями В+С<sub>1</sub> складають 147 млн т, С<sub>2</sub> – 28,6, крім того, в охоронних ціликах знаходяться запаси за категоріями В+С<sub>1</sub> – 24 млн т. Щорічний видобуток гіпсу – 25–30 тис. т.

**Таблиця 74**

**Середній хімічний склад промислових горизонтів гіпсу Артемівського родовища (%)**

Компоненти	I	II	IV	V
CaO	32,72	32,85	32,78	32,70
SO <sub>3</sub>	45,70	45,18	45,80	45,59
H <sub>2</sub> O	20,40	21,00	20,18	20,12
MgO	0,35	0,35	0,44	0,60
SiO <sub>2</sub>	0,40	0,56	0,27	0,44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	0,18	0,07	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	0,14	0,19	0,26
CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	96,66	96,08	96,85	95,40

**Михайлівське родовище** розташоване за 3 км на схід від станції Деконська на правому березі р. Мокра Плотва в межах північного крила Слов'яно-Бахмутської антикліналі, складається з двох ділянок – Західної та Східної. На родовищі у відкладах слов'янської світи виокремлюються п'ять пластів гіпсу, найпотужнішим з яких є перший: 22–32,5 м на Західній і 8–30,2 м на Східній ділянках. Він складається з чотирьох пачок, розділених верствами (0,5–1,2 м) мергелю, аргіліту й доломіту. Перша пачка (10–12 м) розкрита кар'єрами та штольнями, складена дрібнозернистим смугастим гіпсом. Друга пачка потужністю 5–8 м від нижньої відділена горизонтом білого пухкого загіпсованого мергелю, вона складена щільним білим, часом світло-сірим дрібнозернистим гіпсом. Третя пачка збереглася тільки на підвищених ділянках, де вона представлена в нижній частині (1 м) білим і сірим дрібнозернистим щільним гіпсом, а в верхній (1,5 м) – білим дрібнозернистим гіпсом з верствами крупнозернистого. Четверта пачка спостерігається тільки у вигляді фрагментів пласта білого пухкого ніздрюватого гіпсу потужністю до 2 м з вмістом CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O 97,03 %.

**Пшеничанське родовище** знаходиться на схилах долини р. Мокра Плотва за 1–2 км на північ від станції Пшенична; до його складу входять три ділянки: Правобережна, Лівобережна та Стряпівська. Продуктивна товща представлена породами нижньопермської слов'янської світи – гіпсами та аргілітами. До промислових пластів відносяться: на Лівобережній ділянці – IV потужністю 6–9 м, на Правобережній – I (22,5 м) і III (5,1–7,1 м), на Стряпівській – два пласти потужністю по 7,4–10 м. Хімічний склад гіпсу в межах родовища майже однаковий, вміст CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O змінюється від 72,89 до 95,67 %. Технологічні вла-

стивості гіпсу: залишок на ситі 918 отв./см<sup>2</sup> – 12–15,8 %, межа міцності при стисканні (МПа): через 1,5 год. – 5,76–7,22; висушеного до постійної ваги – 11,72–13,97; межа міцності на розтягнення (МПа): через 1,5 год. – 1,105–1,355; висушеного до постійної ваги – 1,835–2,29; терміни схоплювання: початок – 3–9 хв., закінчення – 7–11 хв. За якістю сировина придатна для виробництва будівельного гіпсу першого й другого ґатунку, як додаток до клінкеру в цементному виробництві.

**Родовище Попасні Ліски** за 9 км на північ від залізничної станції Микитівка, приурочене до відкладів слов'янської світи. Гіпс представлений двома пластами, розділеними прошарком (5,2–8,9 м) аргіліту. Нижній пласт складається з двох пачок потужністю 2,0–6,7 та 1,2–4,1 м, верхній має потужність 2,4–8,7 м. За вмістом CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O (93,95–96,57 %) – гіпсовий камінь відноситься до першого ґатунку. Середня об'ємна маса гіпсу 2,23 г/см<sup>3</sup>, він придатний для отримання гіпсу будівельного I сорту. Балансові запаси родовища (A+B+C<sub>1</sub>) складають 15,4 млн т; позабалансові – 0,6. Родовище не розробляється.

**Нирківське родовище** представлене 12 пластами (8 промислових) гіпсів в слов'янській світі, які складають монокліналь, ускладнену в південній частині флексурним перегином. Балансові запаси гіпсу категорій A+B+C<sub>1</sub> складають 19,9 млн т, позабалансові – 1,6; балансові запаси ангідриту (A+B+C<sub>1</sub>) – 725 тис. т; позабалансові – 122 тис. т.

**Неогенові родовища** гіпсу Придністров'я знаходяться на півдні Львівської (Піськівське), Тернопільської, Хмельницької (Завалівське, Кудриницьке), на півночі Івано-Франківської (Вовчинецьке) і Чернівецької (Мамалізьке, Скитське) областей. Вони відносяться до відкладів тортонського ярусу, розташовані в межах смуги, паралельної Дністру, довжиною 320, шириною 10–50 км. Гіпси становлять собою лагунну фацію, на північний схід заміщуються піщано-карбонатними осадами; потужність їх змінюється від 10 до 40 м. У покрівлі залягають карбонатно-глинисті породи косівської світи верхнього тортону, а в підошві – глауконіто-кварцові пісковики або літотамнієві вапняки нижнього тортону, інколи карбонатні горизонти верхньої крейди. На значній площі гіпси відслонюються на поверхні або перекриваються малопотужними четвертинними відкладами – в таких випадках їх закарстованість сягає 30–40 %. У зовнішній зоні Передкарпатського прогину, де глибина залягання збільшується, гіпси замінюються ангідритами. У районі м. Косова в гіпсах фіксуються потужні шари кам'яної солі, а далі на південний схід (на території Румунії), цьому горизонту відповідають соленосні породи.

Гіпсовій товщі притаманна неоднорідна будова. У її верхній частині (2–12 м) залягає жовтувато-сірий крупнокристалічний гіпс з кристалами довжиною 20–30 см, часто трапляються двійники "ластівчин хвіст".

Середня частина потужністю 2–5 м складена сірими верстуватими дрібнокристалічними відмінами, а нижня представлена світло-сірими товсто-шаруватими гіпсами, котрі інколи замінюються блакитно-сірими ангідритами, однак, така послідовність зміни різновидів гіпсу по вертикалі не завжди зберігається.

На границі з Передкарпатським прогином взаємодія з вуглеводнями нафтових і газових покладів призводить до метасоматичної заміни гіпсів сірчано-карбонатними утвореннями. Поклади таких метасоматичних сірконосних вапняків часом формують дуже значні родовища самородної сірки (Немирів, Язів, Розділ), оскільки перетворення гіпсів відбувалося нерівномірно – від утворення невеликих ліній сірчано-карбонатних порід до повного заміщення всієї гіпсової товщі.

Гіпсові поклади Придністров'я відзначаються хорошою якістю, що обумовлюється незначним вмістом сторонніх домішок, котрі можуть бути представленими кальцитом, доломітом, целестином, сіркою, баритом, гідроксидами заліза, органічною речовиною, малопотужними верствами глин, вапняків і пісків. Серед аутигенних мінералів виділяються седиментогенні (гіпс, ангідрит, кальцит, галіт), діагенетичні (кальцит, пірит, гідрослюда, глауконіт) і катагенетичні (гіпс, гідроксиди заліза). Серед алотигенних зустрічаються глинисті мінерали, кварц, польові шпати, гранат, циркон, турмалін, рутил, ставроліт, біотит, мусковіт, гіперстен, хлорит. Вміст гіпсу в покладах 93–98 %.

Гіпси придатні для виробництва гіпсу штукатурного, формувального, медичного та естрихгіпсу. Щільні відміни прихованокристалічного гіпсу добре поліруються й застосовуються як чудовий оздоблювальний матеріал інтер'єрів та для виготовлення художніх виробів. Усі розвідані родовища Придністров'я можуть розроблятися відкритим способом, причому потужність розкривних порід, як правило, менша за потужність корисної копалини. Гідрогеологічні умови сприятливі для експлуатації, оскільки водоносний горизонт знаходиться на межі верхньокрейдових і нижньотортонських відкладів, тобто нижче підосви гіпсової товщі, хоча зрідка її нижня частина буває обводненою.

Усього в Придністровському регіоні відкрито понад 20 родовищ гіпсу, з яких на 1999 р. розроблялося 5. Запаси на 01.01.98 становили 137 млн т, а видобуто було в 1997 р. 64 тис. т.

**Пісківське родовище** розташовано на окраїні с. Піски Миколаївського району. Корисна товща потужністю 5,6–21,3 м перекрита глинами, суглинками та ґрунтово-рослинним шаром середньою потужністю 2 м. Родовище розробляється Миколаївським цементно-гірничим комбінатом за допомогою кар'єру. Сировина використовується у вигляді додатків до цементу на Миколаївському та Здолбунівському за-

водах, а також для виробництва будівельного, формувального, медичного та скульптурного гіпсів на Щирецькому гіпсовому заводі.

**Вовчинецьке родовище** розташоване на 1 км північніше с. Вовчинець за 4,5 км на північний схід від залізничної станції Івано-Франківськ, представлене гіпсо-ангідритовою товщею, яка складається із двох шарів гіпсу та одного ангідриту загальною потужністю 26,8–38,0 м (в середньому 30 м). Корисною копалиною є сірий або рожевий чи жовтуватий дрібнокристалічний гіпс потужністю до 38 м. Потужність розкривних порід (суглинок, глина, вапняк) близько 6 м. Хімічний склад гіпсу, %: CaO – 32,85–40,2; SO<sub>3</sub> – 29,69–45,58; H<sub>2</sub>O – 12,24–19,92; частка гіпсу в породі від 63,8 до 98,0. Гіпс є високоякісною сировиною для отримання гіпсових в'язучих матеріалів. Щільна дрібнокристалічна будова та різноманітне забарвлення гіпсу дозволяють також розглядати його як матеріал для декоративних та опоряджувальних виробів. Із ангідриту можна виготовляти безвипальний ангідритовий цемент марки 500. Запаси гіпсу категорій А+В+С<sub>1</sub> складають 4,6 млн т; ангідриту – 5,1. Родовище не розробляється.

**Завалівське родовище** знаходиться на північній окраїні с. Завалля за 20 км на південний захід від залізничної станції Кам'янець-Подільський. До корисної копалини відноситься темно-сірий і бурувато-жовтий прихованокристалічний гіпс з гніздами та прожилками бурих кристалів; загальна будова монолітна великоблокова; потужність 8–23 м. Розкривні породи – суглинки щільні бурувато-жовті потужністю 1,5–6,0 м. Хімічний склад гіпсу, %: CaO – 28,26–31,86; SO<sub>3</sub> – 40,51–45,90; H<sub>2</sub>O – 18,8–20,9; нерозчинний залишок – 0,1–2,5. Гіпс може використовуватися у фарфоро-фаянсовому виробництві, на алебастрових заводах і для виготовлення штукатурного гіпсу.

**Кудриньке родовище** складається з двох ділянок поблизу с. Кудринці на лівому березі р. Збруч. Потужність покладу гіпсу сірого кольору до 22 м; розкривні породи (глина, вапняки, суглинки) мають потужність від 0,8 до 28,9 м. Хімічний склад корисної копалини, %: CaO – 31,5–32,7; SO<sub>3</sub> – 42,5–46,7; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,2–0,6; H<sub>2</sub>O – 18,5–20,2. Сировина придатна для виробництва будівельного гіпсу II сорту.

**Мамалізьке родовище** знаходиться за 4 км на північний схід від залізничної станції Мамаліга. Корисна копалина – щільний мономінеральний гіпс потужністю 27,0–37,0 м, котрий залягає під товщею (14–32 м) піщано-глинистих порід. Хімічний склад гіпсу, %: гіпс – 93,17–94,45; SO<sub>3</sub> – 42,78–46,47; H<sub>2</sub>O – 30,2; SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,25–2,20. Порода придатна для виробництва будівельного та формувального гіпсу.

**Скитське родовище** розташоване на правому березі Дністра за 0,5 км на південний захід від залізничної станції Скит. Корисна копалина – гіпс сірий з жовтуватим відтінком, часом тріщинуватий поту-

жністю 22 м; розкривними є піщано-глинисті породи (від 4,7 до 28,7 м). Хімічний склад, %: гіпс – 96,0–97,95; CaO – 31,8–32,95; SO<sub>3</sub> – 32,37–45,83; H<sub>2</sub>O – 20,0–21,4. Сировина може застосовуватися у виробництві високосортних штукатурного та формувального гіпсів.

Крім Донбасу та Придністров'я, на півдні України виявлені численні інфільтраційні поклади конкреційного гіпсу та глиногіпсу (Елькеджі-Елінське на Керченському півострові, Одеська область, Присивашшя). Невеликі залишкові родовища типу гіпсових шляп, утворені в результаті вилуговування девонської кам'яної солі, поширені в межах деяких соляних діапирових структур, наприклад, Роменської, у ДДЗ.

**Елькеджі-Елінське родовище** представлене пластом гіпсу потужністю 0,2–5,3 м (середня 2,6–4 м), який розділений на два шари: верхній крупнозернистий (2,3–4,6 м) і нижній дрібнокристалічний (0,2–1,0 м). Балансові запаси гіпсу категорій А+В+С<sub>1</sub> складають 3 млн т, позабалансові – 6 млн т. Родовище розроблялось кар'єром Кіровського гіпсового заводу, в останні роки не розробляється.

## ЦЕГЕЛЬНО-ЧЕРЕПИЧНА СИРОВИНА

### ГЛИНИСТІ ПОРОДИ

#### Загальні відомості

Цегла застосовувалась як заміник каменю в країнах, де не було виходів на поверхню скельних порід, з незапам'ятних часів (наприклад, Вавилонське царство). Найдавніша цегла не відрізнялася міцністю, оскільки вона висушувалася тільки на сонці. Пізніше у Вавилонії особливо в Римській імперії висока міцність цегли досягалася випалюванням у печах і покриттям поверхні поливою. В Європі, після перерви середніх віків, випалювання цегли відновилося в XIII ст.

Для виробництва цегли й черепиці, інших керамічних будівельних матеріалів найчастіше використовуються різноманітні відміни легкоплавких глин, суглинки, лес, мергельні глини, наглинок, аргіліти й піски. Таким чином, матеріал для виробництва цегли включає два компоненти – пластичний і непластичний, котрі або знаходяться в потрібних пропорціях у сировині, що визначається гранулометричним та мінералогічним аналізами, або ж з них отримують штучну суміш. В останньому випадку слід розрізняти головний і коригуючий матеріали; коригуючий додаток може бути чи пластичним, чи слутувати на-

повнювачем. До шкідливих домішок відносяться вапняні жовна ("дутики", "журавчики"), гіпс, органічна речовина, уламки порід тощо.

Легкоплавкі глини різних генетичних типів (переважно екзогенні – делювіальні, пролювіальні, алювіальні, льодовикові, флювіогляціальні, еолові, морські) та широкого вікового діапазону зустрічаються майже в усіх географічних зонах і країнах світу. Їх запаси, а тим більше потенційні ресурси, настільки великі, що навіть не піддаються скільки-небудь точному визначенню. Промисловість використовує переважно четвертинні глини, котрі залягають біля поверхні й потребують мінімального розкриття. Давніші родовища розробляються у випадку їх неглибокого залягання та за відсутності четвертинних.

Глинами називають мілкозернисті (менш 0,01 м) пластичні у вологому стані породи, які складаються переважно з глинистих мінералів. Саме на мінеральному складі і заснована класифікація глин. Глинисті мінерали – це переважно гідратовані складні алюмосилікати, іноді з частковим заміщенням алюмінію залізом і магнієм. Головні з них: каолінит, монтморилоніт, ілліт та інші гідрослюди, галлуазит, палигорскит, глауконіт, іноді зустрічаються аноксит, диккіт, накрит, бейделит, нонтроніт, аттапульгіт та ін. Відповідно, виділяють головні мінеральні типи глин: каолінітові, монтморилонітові, гідрослюдисті, галлуазитові, палигорскитові та ін. Найчастіше глини являють суміш різних мінералів у різних пропорціях.

Крім власне глинистих мінералів до складу глин можуть входити уламкові зерна кварцу, польових шпатів, слюд, інших мінералів та гірських порід, а також сингенетичні та епігенетичні карбонати, сульфати, фосфати, опал, сульфіді, оксиди та гідроксиди заліза й марганцю, солі, органічна речовина.

Глинисті породи традиційно вважаються осадовими утвореннями. Однак, доведено гідротермальне походження багатьох проявів і родовищ глинистої сировини, у тому числі відомих і великих (наприклад, родовища півострова Корнуол, Велика Британія). Широко розвинена низькотемпературна метасоматична формація аргілізитів, породи якої мають істотно глинистий склад. Таким чином, глинисті породи можуть мати як екзогенне, так і ендегенне походження.

Хімічний склад глин змінюється в широких межах, але головними складовими частинами, як правило, є кремнезем (30–70 %), глинозем (10–40 %) і вода (5–15 %); він залежить від мінерального складу і разом з гранулометричними особливостями визначає технологічні властивості сировини.

Глини, аргіліти й глинисті сланці становлять більше половини обсягу всіх осадових порід і займають проміжне положення між теригенними та хемогенними породами. Вони залягають у вигляді пластів і

лінз, або тіл неправильної форми в корі вивітрювання. Текстури здебільшого верстуваті, але трапляються й плямисті, брекчійоподібні та ін. Структури пелітові, алевропелітові та псамопелітові з численними відмінами залежно від ступеня кристалічності та наявності чи відсутності елементів орієнтованості пластинок.

За умовами утворення серед ендегенних глинистих порід (аргілізитів) можна виділити гідротермальні й сольфатарні, а серед гіпергенних – морські, лагунні, озерні, льодовикові, делювіально-пролювіальні, алювіальні, елювіальні (кори вивітрювання) типи. За мінеральним складом виділяються каолінітові, гідрослюдисті, монтморилонітові, полімінеральні різновиди, за ступенем літифікації – глини (слабо зцементовані), аргіліти і глинисті сланці (зцементовані).

Найважливішими фізико-хімічними і технологічними властивостями глин є пластичність, набухання, усадка, спіклькість, вогнетривкість, спученість, адсорбційна здатність, колір, а також водотривкість, хімічна інертність, можливість утворення суспензії та ін.

**Пластичність** – здатність глини утворювати з водою тісто, що під тиском набуває потрібної форми, зберігаючи її після зняття тиску та висушування, та ставати в результаті випалювання твердою, як камінь. Пластичність глини тим більша, чим вища її дисперсність; від пластичності залежить здатність глини зв'язувати частинки непластичних (пісних) матеріалів (кварцу, шамоту чи випаленої глини) в міцну однорідну масу. За допустимою кількістю пісних додатків (у %) виділяють глини зв'язувальні – понад 50, пластичні – до 50, пісні – до 20 і непластичні. Найвища пластичність властива високодисперсним монтморилонітовим глинам, далі розташовуються тонко-дисперсні каолінітові, бейделітові та гідрослюдисті глини; найменш пластичними є первинні каоліни. З реологічної точки зору пластичні глинясті маси наближаються до суспензій.

**Набухання** – властивість глин збільшувати об'єм при вбиранні води, залежно від мінерального й гранулометричного складу і набору адсорбованих глинистими мінералами катіонів. Цим обумовлюється порушення стійкості глинистих ґрунтів (спучування, осідання, зсув); максимальне набухання зафіксовано в монтморилонітових і бейделітових глинах, мінімальне – каолінітових, які практично не набухають.

**Усадка** – зменшення об'єму глини чи виготовленого з неї виробу в процесі висушування (повітряна усадка) або випалювання (вогнева). Повітряна змінюється від 1,5 до 10–13 %, вогнева за температури 1300°C сягає 23 %; для зменшення усадки до глини додають пісні матеріали.

Під **спіклькістю** розуміють здатність глин при випалюванні перетворюватись на тверду речовину – "черепок" – з високою міцністю, хімічною стійкістю, діелектричними та іншими цінними властивос-

тями. Спикання відбувається після виділення з глин конституційної води із зростанням температури та плавленням найлегкоплавкіших мінералів. Температура цього процесу змінюється для різних глин від 450 до 1400°C, що дозволяє поділяти глини на ті, що спікаються, і ті, що не спікаються при температурі 1350°C.

**Вогнетривкість** глини визначається температурою початку плавлення виготовленого з неї черепка. Глини поділяються на високовогнетривкі – понад 1700°C, середньовогнетривкі – 1700–1650°C, низьковогнетривкі – 1650–1580°C, тугоплавкі – 1580–1350°C і легкоплавкі – менше 1350°C. Найбільш високовогнетривкими є каоліни, каолінитові, гауазит-каолінитові та каолінит-гідромусковітові глини. Вогнетривкість глин вища за наявності вільних гідратів глинозему і знижується в присутності легкоплавких домішок (плавнів), до яких відносяться оксиди заліза, сульфіди, кальцит, сидерит, гіпс, сполуки титану й марганцю.

Істотне значення має величина інтервалу між температурами спікання та плавлення глин. Чим більшим є цей інтервал спікання, тим краще для перебігу технологічних процесів; загалом він може змінюватись від 100–150°C для легкоплавких глин до 350–400°C і навіть більше.

**Спучування** відбувається при випалюванні легкоплавких глин, аргілітів і глинястих сланців у результаті виділення газоподібних продуктів, котрі заповнюють пори, що не сполучаються між собою, утворюючи легкий матеріал для заповнення бетону – керамзит, аглопорит.

**Адсорбційні властивості** глин полягають у здатності глинистих мінералів (монтморилоніту, каолініту) поглинати й утримувати ті чи інші іони й молекули, зокрема, фарбники, смоли, інші колоїдні речовини, що використовується для очищення різноманітних матеріалів. Природні вибілювальні глини називаються фулеровими (сукнярськими) землями; відомими є вибілювальні глини, назви яких походять від місцевих топонімів: флоридин – від п-ва Флорида, США; монтморилоніт – від с. Монтморильон, Франція; гумбрин та асканіт – Грузія; гілябі – Азербайджан; кил – Крим.

**Забарвлення** глин, як сирих, так і випалених, має неабияке практичне значення й залежить від наявності тих чи інших домішок. У процесі сушіння глина світліє, а після випалювання змінює забарвлення, що дозволяє розрізнати темнопалені (червоний і коричневий черепок), світлопалені (кремовий, світло-жовтий і світло-рожевий) та білопалені (білий) глини.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Глини використовуються в керамічній промисловості для виготовлення виробів грубої та тонкої кераміки, у металургії як вогнетривкий



матеріал і складова частина формувальних сумішей, у будівництві для отримання штучних заповнювачів легких бетонів і як простий і дешевий будівельний матеріал (саманні будівлі, насипи, греблі), а також у паперовій, гумовій, пластмасовій, парфумерній, нафтопереробній, харчовій, текстильній, фармацевтичній, хімічній промисловості та для виготовлення бурових розчинів при бурінні розвідувальних та експлуатаційних на рідкі й газоподібні корисні копалини свердловин.

Груба й тонка кераміка відрізняються максимальною величиною частинок у черепку: 0,5–7 мм у першому випадку й 0,05–0,1 мм у другому. До виробів грубої кераміки відносяться будівельна цегла, черепиця, клинкер для бруківки, каналізаційні та дренажні труби, пічні кахлі, глиняний посуд тощо. Якість глини як сировини для виробництва будівельної кераміки державними стандартами та технічними умовами не регламентується; є тільки відповідні рекомендації для орієнтовної оцінки можливості використання глин у випуску певної продукції.

Головними показниками якості глин є:

- вогнетривкість: вогнетривкі – понад 1580°C, тугоплавкі – 1350–1580°C, легкоплавкі – менше 1350°C;
- вміст  $Al_2O_3 + TiO_2$ : високоосновні – понад 40 %, основні – 30–40 %, напівкислі – 15–30 %, кислі – менше 15 %;
- спікаєвість (за водовбиранням черепка): сильноспікаєві (до 2 %), середньоспікаєві (2–5), неспікаєві (більш 5);
- пластичність: високопластичні (понад 25), середньопластичні (15–25), помірнопластичні (7–15), малопластичні (менше 7), непластичні (не дають пластичного тіста);
- вміст тонкодисперсних фракцій: високодисперсні (вміст частинок менше 0,001 мм понад 60 %), дисперсні (20–60 %), грубодисперсні (менше 20 %);
- вміст оксидів-барвників ( $Fe_2O_3 + TiO_2$ ): дуже низький (до 1 %), низький ( $Fe_2O_3 < 1,5$ ,  $TiO_2 < 1$ ), середній ( $Fe_2O_3$  1,5–3,  $TiO_2 < 1-2$ ), високий ( $Fe_2O_3 > 3$ ,  $TiO_2 > 2$ );
- вміст крупнозернистих (понад 0,5 мм) включень: низький (не більше 1 %), середній (1–5 %), високий (понад 5 %).

Крім цього треба відмітити повітряну та вогневу усадку, інтервал спікаєвості (100–200 для легкоплавких і 300–400 для тугоплавких глин), можливість спучуватися (для керамічної промисловості відіграє негативну роль), колір після обпалювання (виділяють темно-, світло- і білопалені глини), набухання та ін.

У виробництві санітарно-технічних виробів застосовується збагачений каолін з уведенням до шихти пластичної вогнетривкої глини з високою зв'язувальною здатністю та низьким вмістом заліза і деяких інших додатків. Для виготовлення каналізаційних керамічних труб використовуються тугоплавкі й вогнетривкі глини з великим інтерва-

лом спікання та відносно високим вмістом заліза й лугів. Будівельна цегла виробляється з легкоплавких глин і суглинків різноманітного складу, що добре формуються й не дають деформацій і тріщин протягом сушіння й випалювання. Вони також повинні давати міцний і морозостійкий черепок після випалювання при температурі 900–1000°C. Оптимальними є помірнопластичні глини, оскільки надто пластичні потребують опіснюючих додатків – піску, битої цегли та ін. Допускається дисперсна та рівномірно розсіяна в породі вапнистість.

До тонкої кераміки відносяться фаянс і фарфор. Фаянсом називають глазуровані вироби зі щільним дрібнопористим і, як правило, білим черепком. Фарфор відрізняється щільним білим черепком без пор, що просвічує в тоненьких пластинках. Фаянсові й фарфорові вироби широко використовуються в промисловості та побуті. Тонка кераміка виробляється на основі спеціальної шихти – шлікеру, до складу якого входять каолін, кварц, польовий шпат і пластична вогнетривка глина як зв'язувальний матеріал.

Основними вимогами до якості фарфоро-фаянсової сировини є чистота й однорідність складу, хороша зв'язувальна здатність, широкий інтервал спікливості (150–200°C і більше) та висока вогнетривкість (1600–1670°C), мінімальний вміст оксидів-барвників і піщаних частинок, відсутність мінеральних включень, які дають виплавки та мушки (пірит, марказит, сидерит та ін.). Наприклад, за чеським стандартом, відкаламучений каолін повинен містити не більше 1,6 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$  і не більше 2 % залишку на ситі 0,063; міцність на згин має становити 1,5 МПа. Потрібно, щоб каолін добре розріджувався та заповнював форму. Такі властивості мають каоліни з розміром частинок менше 0,002 мм.

Значні кількості глин і каолінів використовуються для виготовлення вогнетривких виробів у металургії, скляній, вапняній, цементній і хімічній промисловості (футерування печей та ін.), а також у ливарній справі як складові частини формувальних сумішей. З метою запобігання великим усадкам, до вогнетривкої глини додають у розмеленому вигляді шамот – речовину, отриману при випалюванні цієї ж глини за температур до 1200–1350°C або до 500–800°C (низькопалений шамот); для цього можна також використовувати аргіліти, сухарі та інші глинисті породи, що не потребують випалювання.

Прискорене випалювання за температур 1000–1200°C легкоплавких глин, аргілітів та глинистих сланців дає змогу отримувати пористі легкі та малотеплопровідні матеріали для заповнення легких бетонів – керамзит і аглопорит. Керамзит – пориста склоподібна маса з розмірами пор від декількох мікронів до 1–5 мм. Об'ємна маса керамзиту – 150–1300 кг/м<sup>3</sup>. Аглопорит – легкий пористий матеріал, який отримують, спікаючи глинисту сировину й відходи видобутку, переробки і

спалювання вугілля в агломераційних машинах. За величиною гранул він поділяється на щебінь, гравій і пісок з об'ємною масою від 300 до 1100 кг/м<sup>3</sup>; міцність щебеню на стиск – 0,4–1,2 МПа. Склад шихти для отримання аглопориту визначають методом проб і помилок.

Глинисті породи є одним з компонентів цементної шихти, становлячи до 30–35 % від загальної маси. У цьому випадку вони мають бути легкоплавкими, сумарна кількість магnezії та сірчаного ангідриду не повинна перевищувати 4,5–6,0 %.

## Економічні відомості

Родовища глин зустрічаються повсюдно, практично у всіх країнах світу. Їх сумарний видобуток перевищує 60 млн т, найбільш інтенсивно вони розробляються у США, країнах СНД, Чехії, Німеччині, Бразилії, Великій Британії, Південній Кореї та інших країнах (табл. 75). Середня світова ціна на різні типи глин коливається від 6-7 до 100-130 \$/т (табл. 76).

Таблиця 75

### Видобуток глин, тис. т [70, 71]

Країна	Бентоніт		Валяльня глина (фулерова земля)		Каолін	
	2004	2006	2004	2006	2004	2006
Бразилія	200	221	-	-	2100	2400
Велика Британія	-	-	140	140	2400	2400
Греція	950	950	-	-	60	60
Іспанія	150	150	840	700	350	350
Італія	500	500	30	30	10	10
Мексика	470	450	155	110	800	900
Німеччина	405	400	500	-	3750	3770
Південна Корея	-	-	-	-	2780	3000
СНГ	750	800	-	-	6240	6240
США	4060	4620	3260	2980	7760	7740
Туреччина	850	900	-	-	400	600
Чехія	175	200	-	-	4000	4000
Інші країни	1990	2610	465	1200	13800	13300
<b>Всього</b>	<b>10500</b>	<b>11800</b>	<b>5390</b>	<b>5160</b>	<b>44500</b>	<b>44800</b>

Таблиця 76

### Середня світова ціна глин (\$/т) [70]

Різновиди	2001	2002	2003	2004	2005
Пластичні (комові) глини	42	42	43	44	40

Бентоніт	48	45	44	44	40
Глинисті породи	6	6	6	7	7
Вогнетривкі глини	20	24	28	28	29
Валяльная глина (фуле-рова земля)	92	90	96	101	98
Каолін	108	119	122	121	130

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

За походженням виділяються екзогенні і ендегенні типи родовищ глин.

До **екзогенних** відносяться уламкові, залишкові й осадові родовища.

**Уламкові** родовища поділяються на елювіальні, пролювіальні й делювіальні.

*Елювіальні* виникають як результат вивітрювання вапняків, доломітів, мергелів, коли карбонати розчиняються й виносяться, а глинистий залишок під впливом лужного середовища перетворюється на монтморилоніт. Такі глини залягають у вигляді тоненьких верств і примазок на стінках тріщин, поверхнях напластування, заповнюють карстові порожнини вапняків, зрідка заміщують цілком весь пласт. Потужність глинистих новоутворень, як правило, незначна (0,01–0,50 м), але часом може досягати 1–2 м.

*Делювіальні* родовища поширені на схилах річкових долин, пагорбів і гір; вони утворюють віяло- та конусоподібні поклади, невитримані у плані та розрізі, потужністю до 20 м і більше. Гранулометричний склад непостійний, часто трапляються уламки місцевих порід і мінералів. Глини відносяться до легкоплавких і використовуються у виробництві будівельної цегли, а в окремих випадках у цементній промисловості.

*Пролувіальні* родовища є відкладами тимчасових потоків, залягають у крайових частинах конусів виносу біля підніжжя гірських схилів, утворюють лінзоподібні поклади серед грубоуламкових і піщаних порід. Протяжність лінз досягає сотень метрів, потужність 1–10 м. Глинистий матеріал, як правило, погано відсортований, піщаний чи алевритовий, збагачений мінералами місцевої кори вивітрювання. Практичне значення таких покладів обмежене, вони використовуються для будівельних робіт та у виробництві грубої кераміки.

**Залишкові** родовища формуються в процесі вивітрювання гірських порід під впливом фізичних (температура, гідратація, кристалізація солей) і хімічних (розчинення, окиснення, відновлення, гідроліз) факторів в умовах вологого клімату та слабо розчленованого рельєфу.

Залежно від складу вихідних порід та кислотності-лужності середовища утворюються глини з різним мінеральним складом: каолінітові, галуазитові, монтморилонітові, гідрослюдисті. Вони завжди містять реліктові мінерали первинної породи, часто насичені гідроксидами заліза й відносяться до непластичних або слабопластичних різновидів, що обумовлює їх незначне практичне використання, за винятком первинних каолінів, котрі є продуктом вивітрювання кислих вивержених порід. У складі первинних каолінів поряд з переважаючим каолінітом присутні також галуазит і гідратизовані слюди; їх поклади мають плащеподібну, гніздову або карманоподібну форму з мінливими розмірами в плані, потужність від сантиметрів до десятків і навіть перших сотень метрів, залежно від глибини поширення процесів вивітрювання та збереженості кори вивітрювання від ерозії.

**Осадові** родовища утворюються при знесенні глинистого матеріалу з областей денудації та нагромадження у водних басейнах. Проте вони не відносяться до справжніх механічно-осадових покладів, оскільки глинисті мінерали вже відразу після свого утворення зазнають тих чи інших перетворень, що продовжуються протягом розмивання кори вивітрювання, перенесення, відкладання, діагенезу та епігенезу речовини в процесі так званого стадійного вивітрювання, обумовленого еволюцією фізико-хімічної обстановки і кислотності-лужності природного середовища. За умовами нагромадження осадові родовища поділяються на континентальні (озерні засолонені, озерні й озерно-болотні прісноводні, алювіальні, льодовикові, флювіогляціальні, еолові), лагунні (опріснених та засолонених лагун) і морські.

Родовища глин *засолонених озер* приурочені до областей з аридним кліматом, характеризуються відносно невеликими розмірами і потужністю покладів, чергуванням глинистих верств з піщаними, алевролітовими, мергельними, доломітовими й соляними породами, неоднорідністю гранулометричного складу, переважанням гідрослюд, монтморилоніту, хлориту з підпорядкованим значенням каолініту. Типовими домішками є карбонати (кальцит, доломіт), сульфіди, гіпс, галоїди. Промислове значення родовищ незначне.

*Озерні та озерно-болотні* родовища глин відрізняються однорідністю, тонкодисперсністю глинистих мінералів у внутрішніх частинах водоймищ. Ближче до берега глини стають піщанистими й поступово переходять у піски, вугілля, лігніти; вони часто містять рослинні, рідше фауністичні рештки. У мінеральному складі домінують каолініт, галуазит, гідрослюди; трапляються майже мономінеральні каоліни, часом з підвищеним вмістом гідратів глинозему. До можливих домішок належать сульфіди (пірит, марказит), карбонати (сидерит) й оксиди заліза. Лінзоподібні та пластові поклади цих родовищ досить ви-

тримані – до декількох квадратних кілометрів у плані при потужності до кількох десятків метрів. До цього типу відносяться найцінніші родовища вогнетривких глин, наприклад, на півночі Донецької області.

*Алювіальні* родовища глин приурочені до заплав і дельт річок, куди уламковий дисперсний матеріал потрапляє після розмиву, знесення й перевідкладення продуктів вивітрювання, як правило, під час повені, коли річкові води є, по суті, суспензію тонких частинок. Глинисті осадки є алевритистими і піщанистими, чергуються з алевритами і пісками, містять органічні домішки, верстви торфу, вугілля, грубозернистого піску. Мінеральний склад непостійний, оскільки залежить від типу вивітрювання та особливостей порід, що розмиваються, переважають гідрослюди, каолінит і монтморилоніт, рідше хлорит, зустрічаються мономінеральні глини. Поклади мають лінзоподібну та лінзоподібно-пластову форму, невеликі розміри; вони часто заміщуються алевритами і пісками. Річкові глини, як правило, легкоплавкі, використовуються у виробництві будівельної цегли та цементу.

*Льодовикові родовища* приурочені до моренних відкладів, тому породи, що їх складають, називають ще валунними глинами, хоч фактично це суглинки й супіски з великою кількістю грубоуламкового матеріалу – валунів, гравію, піску різної розмірності. Характерним є червоний і червоно-бурий колір, гідрослюдистий і гідрослюдисто-хлоритовий мінеральний склад. З легкоплавких льодовикових глин виготовляють цеглу.

*Флювіогляціальні* глини утворюються шляхом розмивання морен талими водами та перевідкладання матеріалу в озерах у вигляді стрічкових глин. Легкоплавкі гідрослюдисті та хлорит-гідрослюдисті флювіогляціальні глини застосовуються в цегельному й цементному виробництві.

*Елові* родовища складені, головним чином, лесами та лесоподібними утвореннями. Лес – це порода жовтувато- чи бурувато-сірого кольору, що містить частинки розміром 0,05–0,005 мм (до 60–95 %), котрі утримуються разом в окремому зразку завдяки міжмолекулярному зв'язку та цементації, але під дією незначного механічного зусилля або води легко розпадаються. У відслоненнях лес відрізняється стовпчастою окремістю й утворює вертикальні стінки; пористість його сягає 50 % і вище. Мінеральні компоненти представлені переважно кварцом з підпорядкованою кількістю польових шпатів, акцесорних і глинистих мінералів, кристалів і конкрецій ("журавчиків") кальциту, гіпсу, а також слюди, гідроксидів заліза, решток наземної флори та фауни. Лесоподібні породи, на відміну від власне лесів, містять більше пилюватих частинок і часом домішок грубоуламкового матеріалу аж до щебеню. Лесові породи використовуються для виготовлення цементу та будівельної цегли.

Родовища *опріснених лагун* формуються в мілководних морських затоках, що межують з пологою сушею вологих областей, у результаті значного притоку прісної води великих річок. Глинисті відклади чергуються з морськими й континентальними утвореннями, представленими пісками, алевритами, мергелями, вапняками, горючими сланцями, вугіллям, часом бокситами. Потужність лінз і пластів глин може коливатись від сантиметрів до багатьох метрів; за мінеральним складом вони гідрослюдисті, гідрослюдисто-каоолінітові й каоолінітові з домішкою хлориту, монтморилоніту, включеннями сидериту, кальциту, піриту, галоїдів, залишків рослин, солонуватоводної та морської фауни. Глини відносяться до вогнетривких і тугоплавких відмін.

Глини родовищ *солоних лагун* нагромаджуються в морських затоках за умов посушливого жаркого клімату без помітного надходження прісної води. Вони приурочені до карбонатно-теригенних, гіпсових і соляних товщ, де часто чергуються з горизонтами пісків, алевритів, мергелів, доломітів, вапняків та евапоритів. У складі глинистих мінералів головну роль відіграють гідрослюди, хлорити й гідрохлорити, рідше зустрічаються монтморилоніт, палигорськіт, гіпс, ангідрит, карбонати. Гранулометрія глин цього типу дуже мінлива; різноманітним буває також колір – яскравий коричнево-червоний, зелений, блакитний. Лінзоподібні поклади потужністю до декількох метрів відзначаються перервним поширенням.

*Узбережно-морські* родовища утворюються поблизу берега на глибинах 50-100 м там, де відносно рідко відбувається скаламучування осадків – у бухтах, затоках, між прибережними островами тощо. Глинисті мілководні відклади виникають, головним чином, у результаті коагуляції суспензій, що виносяться в море річками, та осідання матеріалу руйнування берегів хвилями. Мілководність відкладів засвідчується наявністю піщаних частинок, рослинного детриту та спор наземної флори, значної кількості тонкодисперсних мінералів, виникненням у відновному середовищі через високий вміст органічної речовини, поєднанням з опрісненими морськими або континентальними утвореннями. Глинисті мінерали представлені гідрослюдою, бейделітом, хлоритом, монтморилонітом, рідше каооліном, зустрічаються слюди, кальцит, сидерит, пірит, глауконіт. Лінзоподібні пласти глин чергуються з гравелітами, пісковиками, алевролітами, карбонатними породами, вугіллям; протяжність покладів досить різноманітна, потужність може досягати 10–15 м; за своїми особливостями сировина відноситься до тугоплавкої.

*Морські* родовища глин формуються на глибинах до 200-500 м, у віддаленій від берега частині шельфу, у стабільних умовах з незначною рухливістю води, що забезпечує переважання дрібнозернистих

відкладів та витриманість їх розрізу на значних площах. Повільне осідання глинистих частинок у спокійній воді обумовлює тонку горизонтальну верстуватість. За складом глинистих мінералів більш поширені гідрослюдисті бейделітові відміни, менш – монтморилонітові, а каолінит зустрічається як домішок разом з фосфатними, марганцевими та кремнеземистими включеннями, зернами піриту, сидериту, глауконіту, карбонатними й глинисто-карбонатними конкреціями, лусочками слюди на поверхнях напластування. Органічні рештки представлені фауною радіолярій, діатомей, планктонних форамініфер тощо. Глини цього типу залягають у вигляді пластів серед потужних (понад 100 м) алеврито-глинистих товщ на площі десятків і сотень квадратних кілометрів; вони є легкоплавкими та використовуються у виробництві будівельної цегли.

**Ендогенні родовища** поділяються на метаморфогенні і гідротермальні-метасоматичні.

**Метаморфогенні** родовища виникають як наслідок ущільнення, дегідратації, цементації та часткової перекристалізації первинних осадків у процесі діагенезу, епігенезу та початкових стадій метаморфізму. Кінцевим продуктом цих процесів є різноманітні аргіліти й глинисті сланці, серед яких промислове значення мають, перш за все, сухарні глини (флінтклей, тонштейн), що становлять собою каменеподібні (такі, що не розмокають у воді) каолінітові породи переважно білі та сірі з різноманітними відтінками, непластичні або слабопластичні (напівсухарні), щільні, часом з раковистим зламом. Як домішки можуть бути присутніми кварц, слюда й інші теригенні мінерали. Різновидом сухарних глин є кременівка – дуже щільна високовогнетривка каолінітова глина, котра в зламі нагадує кремій і дає невелику усадку при випалюванні, що особливо важливо в керамічному виробництві. Сухарні глини відносяться до вогнетривких і високовогнетривких (до 1750–1790°C). Рідкісною відміною аргілітів є порцеляніти (глієжі) – глини, випалені підземними пожежами та перетворені на фарфороподібні черепки або пористі шлакові маси, котрі використовуються як гідравлічний додаток до портландцементу.

До **гідротермально-метасоматичних** покладів глинистих порід відносяться гідротермальні аргілізити, які можуть утворюватися в ендо- і екзоконтактах інтрузій; у вулканогенних товщах без видимого зв'язку з інтрузіями; в осадових і метаморфічних породах на великій відстані від інтрузій. Аргілізити поділяються на дві формації – гідротермальну (епітермальну) та фумарольно-сульфатарну (синвулканічну), які відрізняються геологічними умовами утворення. Епітермальна аргілізація відбувається під час впровадження гранітоїдних інтрузивів, з якими пов'язані гідротермальні розчини, що викликають зміни



як змісних порід, так і гранітоїдів. Синвулканічна аргілізація супроводжує вулканічний процес, є доінтрузивною й обумовлена струменями газів, котрі підіймаються з глибини вздовж ослаблених зон розломів. Під дією гідротермальних розчинів силікатні породи перетворюються на глини. Кислі розчини й інтенсивне вилугування з повним винесенням катіонів спричиняють виникнення гідротермальних родовищ каоліну або каолінізацію зальбандів рудних жил. За умов менш інтенсивного вилугування, чи в результаті змін температури, пористості, хімізму утворюються, як правило, монтморилоніт, серицит і хлорит. Прикладом типових гідротермальних утворень можуть бути відомі родовища каоліну півострова Корнуол. Глинисті утворення іншого типу, не пов'язані з вулканізмом, можуть формуватися в особливих геологічних умовах у зонах розвантаження вуглекислих розсолів (Каліфорнія, Червоне море, півострів Челекен).

Родовища глин за величиною запасів (млн т) поділяються на великі (більше 20), середні (5–20), дрібні (менше 5).

## Родовища України

Цегельно-черепичні глини поширені практично в усіх регіонах України [40, 47, 49]. Серед них виділяються чудові пластичні відміни горизонту строкато-барвних глин (неоген), спондилові глини кийського над'ярусу (палеоген), червоно-бурі глини й лесоподібні суглинки четвертинного віку.

Глинисті породи України вивчали численні дослідники. Першу схематичну карту четвертинних відкладів як сировини для цегельно-черепичного виробництва склав П.К.Заморій в 1954 р. У 1969 р. була опублікована схема розташування корисних копалин у четвертинних відкладах, у 1972–1973 рр. узагальнюються матеріали розвідки понад 1500 родовищ, а в 1979 р. публікуються матеріали геологічного районування глинистої сировини для виробництва стінової кераміки, схематичні карти розміщення головних родовищ первинних і вторинних каолінів, вогнетривких і тугоплавких глин, іншої глинистої сировини. З 1985 р. "Геоінформ" Держкомгеології публікує геолого-економічні карти корисних копалин, у тому числі й глинистої сировини.

В Україні як цегельно-черепичну сировину використовують легкоплавкі глини, суглинки, рідше леси, аргіліти, глинисті сланці, каоліни, розповсюджені в ДДЗ, Донбасі (Кутейниківське, Рой-Олександрівське), на УЩ (Бершадське, Креницьке), Волино-Подільській плиті, Передкарпатському прогині (Івано-Франківське),

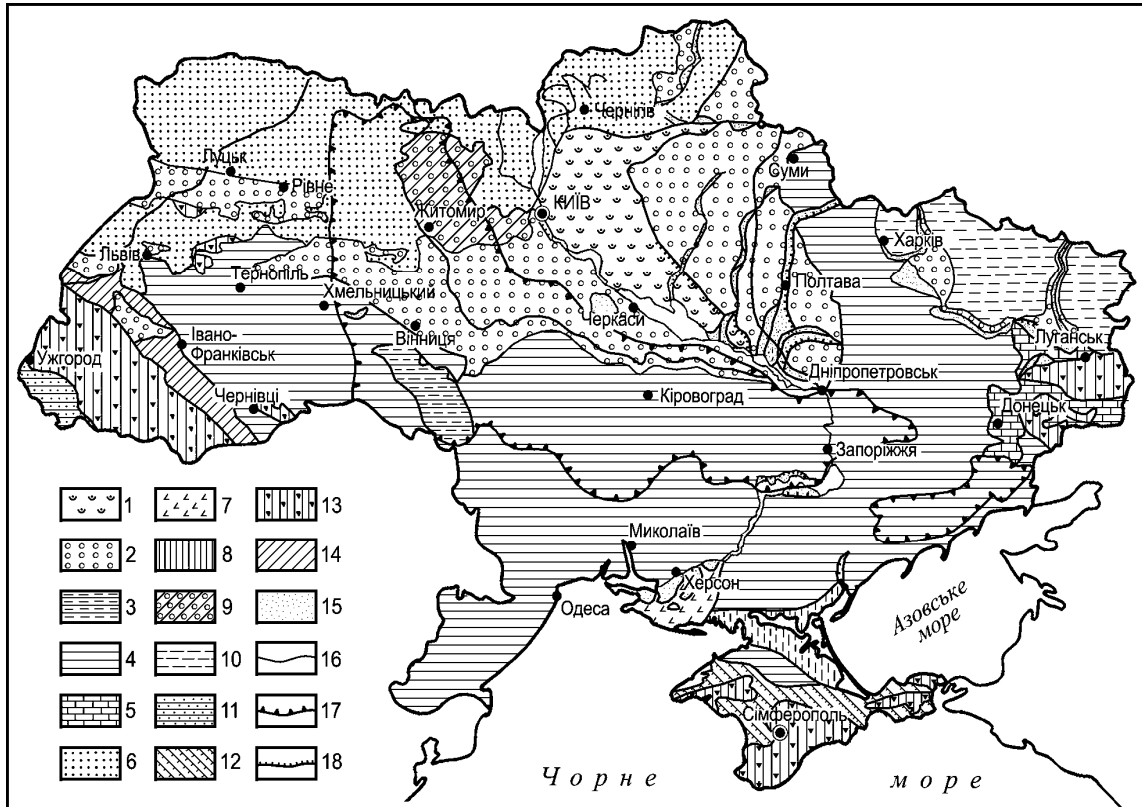
Причорноморській западині, Криму (рис. 71). Найбільш поширені четвертинні глини, менше – неогенові, палеогенові, крейдові, юрські, пермські, кам'яновугільні.

Державним балансом (на 01.01.2004 р.) враховано 1834 родовища глин (51 комплексне), балансові запаси яких складають за категоріями А+В+С<sub>1</sub> – 2395 млн м<sup>3</sup>, С<sub>2</sub> – 115, позабалансові – 89 [35]. Їх сировина придатна для виробництва черепиці, гончарної посуду й майоліки, облицювальної плитки, керамічних дренажних труб. Більшість родовищ дрібні (до 1000 тис. м<sup>3</sup>). Розробляється 144 родовища, загальний видобуток сировини складає 2,5 млн м<sup>3</sup> на рік, 21 готується до розробки.

Промислові запаси цегельно-черепичної сировини по областях України наведено в табл. 77.

Виділяється 8 провінцій, де зосереджені родовища глин, які поділяються на 24 субпровінції: Карпати (Закарпатська алювіальна рівнина, Складчасті Карпати, Передкарпатський прогин); Крим (неогенова степова рівнина, Індоло-Кубанський передовий прогин); Донбас (складчастий Донбас, передові прогини); УЩ (Волинська, Подільська, Центральна, Придніпровська, Приазовська); Воронезький масив (Північно-Східна, Західна, Південна, Південно-Західна); ДДЗ (Придніпровська низовина, Полтавська рівнина, Південно-Східна); Львівський прогин (Північна, Південна); Причорноморська западина (Північна, Південна)

Дочетвертинні глини й глинисті породи відомі серед кембрійських, тріасових, юрських, крейдових, палеогенових та неогенових відкладів. У промисловості найчастіше використовуються глини трьох останніх систем, тому особливості їх будови та процесів утворення покладено в основу виділення субпровінцій.



**Рис. 71. Четвертинні відклади як цегельно-черепична сировина виробництва [35]:**

1 – 8 – лесові породи: 1 – крупнопилуваті легкі суглинки; 2 – легкі і середні крупнопилуваті суглинки; 3 – збагачені включеннями  $\text{CaCO}_3$ ; 4 – важкі; 5 – важкі, збагачені  $\text{CaCO}_3$ ; 6 – флювіогляціальні та алювіальні піщані відклади; 7 – дуже легкі з невеликою кількістю карбонатних конкрецій; 8 – важкі, загіпсовані, карбонатні; 9 – моренні суглинки і глини; 10 – лесові породи, збагачені карбонатними включеннями; 11 – алювіальні утворення, збагачені галькою; 12 – елювіально-делювіальні суглинки і глини, карбонатні і гіпсоносні; 13 – елювій корінних порід; 14 – елювіально-делювіальні відклади; 15 – алювіальні і еолові піски; 16 – південна межа поширення морени; 17 – межі УЩ; 18 – уступи терас

**Таблиця 77**

**Промислові запаси цегельно-черепичної сировини України (на 01.01.1998)**

Область	Кількість родовищ		Запаси на 01.01.98		Видобуток, 1997 р.
	Всього	Розробляється	Всього	Розробляється	
<b>Цегельно-черепична сировина, тис. м<sup>3</sup></b>					
АР Крим	11	6	36214	16029	73

Вінницька	161	76	134305	67090	158
Волинська	31	16	38830	19443	60
Дніпропетровська	53	16	169652	33248	183
Донецька	60	19	189841	51628	18
Житомирська	80	37	76101	34616	22
Закарпатська	80	40	79610	38867	108
Запорізька	45	18	117470	23171	17
Івано-Франківська	72	30	145357	87643	106
Київська	106	37	178830	61589	329
Кіровоградська	62	26	72081	35168	119
Луганська	45	7	87567	18483	74
Львівська	89	40	129179	55842	235
Миколаївська	46	18	56768	11360	0
Одеська	58	30	86735	52499	33
Полтавська	96	52	97544	46102	211
Рівненська	49	31	43472	37761	98
Сумська	94	55	92766	44528	107
Тернопільська	86	55	70572	49704	141
Харківська	104	48	109740	46132	53
Херсонська	19	9	36496	14079	15
Хмельницька	121	67	93691	31954	200
Черкаська	100	40	101211	31639	50
Чернігівська	98	59	89283	50200	94
Чернівецька	78	33	67563	17664	24
<b>Всього</b>	<b>1844</b>	<b>865</b>	<b>2400878</b>	<b>971439</b>	<b>2528</b>

Протягом коливання рівня моря в крейді, палеогені, міоцені в замкнутих водоймах відбувався процес природного збагачення каоліну. В опріснених лагунах навколо Донецького кряжу нагромаджувався каоліновий матеріал, що надходив з УЩ, і гідрослюдисті осади, що утворювалися внаслідок руйнування метаморфізованих порід. У результаті сформувались унікальні родовища біло- й темно-палених вогнетривких і тугоплавких глин, що спікаються у великому інтервалі температур. У континентальних умовах замкнутого водного басейну в палеоген-неогеновий час відкладалися вогнетривкі глини Кіровоградської та Дніпропетровської областей, монтморилонітові глини боярської світи в Черкаській та подільській світи в Тернопільській областях. Палеогенове море збагатило відклади каоліном, про що свідчить унікальне Глухівське родовище в Сумській області. Верхня частина полтавських відкладів представлена континентальними строкатобарвними глинами – каоліновими на УЩ і його схилах, монтморилонітовими – в ДДЗ. Більш молоді червоно-бурі глини містять значну

кількість карбонатів, а на півдні – гіпсу. У сарматських і тортонських морських осадах переважає гідрослюдистий матеріал з Карпат.

Літологічні особливості четвертинних глин обумовлені віддаленістю від лінії максимального поширення зледеніння, мають зональний характер: льодовикова зона – моренні й флювіогляціальні суглинки; прильодовикова зона – леси; позальодовикова зона – делювіальні суглинки; зона Полісся – лесові останці та флювіогляціальні (післядніпровські) суглинки.

За віком глинисті утворення України поділяються на докайнозойські, палеогенові і четвертинні.

**Докайнозойські глини** з точки зору їх використання в цегельно-черепичному виробництві вивчені недостатньо. Виняток становлять хіба що нижньокрейдові глини Криму і палеозойські глини Донбасу.

В Донбасі частка глинистих порід в девоні складає 15–20 %, карбоні – від 8 до 40 %, пермі – від 5 до 42 %. У зоні вивітрювання (до 30 м від поверхні) аргіліти карбону разом з глинистими алевролітами часто бувають перетвореними на пластичну глину з різноманітним забарвленням: від світлої жовтувато-сірої до темно-сірої, рідше червоної та бурої. Ця глина переважно легкоплавка, використовується для виробництва будівельної цегли. Усього в регіоні розвідано понад 30 родовищ цегельної сировини в аргілітах карбону, найбільшими з яких є Авдіївське, Гродівське, Краматорське, Петрівське, Лисичанське, Матроське, Світланівське. Пермські аргіліти також є легкоплавкими й застосовуються лише в цегельно-черепичному виробництві, особливо строкато-забарвлені пластичні глини зони вивітрювання; розвідано близько 20 родовищ: Красногорівське, Очеретинське, Пролетарське, Фенольнянське тощо.

**Палеогенові глини** представлені мергелистими глинами київського надгоризонту, зеленими глинами харківського горизонту, строкатобарвними глинами полтавського надгоризонту.

**Мергелисті глини київського надгоризонту** відомі в літературі під назвою "спондилової глини" або "київського мергелю", представлені щільними високодисперсними глинистими породами зеленкувато-блакитного кольору, котрі інтенсивно реагують із соляною кислотою через високий вміст дисперсного карбонату кальцію. Вони поширені в Чернігівській, Сумській, Полтавській, Харківській областях, на сході Київської, в окремих районах Луганської, Вінницької, Рівненської областей. Найбільш повні розрізи можна спостерігати в крутому правому березі Дніпра від с. Старі Петрівці до міста Кременчука; іншим районом неглибокого залягання є північні частини Харківської та Луганської областей в басейні Сіверського Донця. Потужність глин змінюється від 6 до 40 м, глибина залягання – від одного до сотень метрів. Вони залягають переважно на пісках бучацького горизонту.

нту, інколи безпосередньо на кристалічних породах; перекриваються глауконітовими пісками харківської світи, піщано-глинистими відкладами полтавської серії, пліоценовими червоно-бурими глинами та четвертинними лесами.

У багатьох місцях України, особливо поблизу Києва, мергелиста глина з давніх пір видобувалася для виробництва високоякісної будівельної цегли жовтувато-зеленкуватого кольору, однак, її властивості дозволяють значно розширити сферу застосування. Вона може бути використана для виробництва керамічних блоків, кольорової личкувальної цегли і плиток, кольорового скла і поливи, литих кам'яних виробів, а також глино-вапняного та портландського цементів.

Глини київського надгоризонту поділяються на два горизонти: так званий "наглинок" (1-8 м) – малокарбонатна мергелиста глина, котра за хімічним складом і фізичними властивостями наближається до суглинків; карбонатна глина (20-25 м) з 25-50 %  $\text{CaCO}_3$ . За мінеральним складом вони є полімінеральними утвореннями, що складаються з кластичного матеріалу та дисперсної цементуючої речовини. Уламки представлені зернами кварцу та лусочками серициту; багато неправильних зерен глауконіту розміром 0,016 мм; менше хлоритизованого біотиту й польових шпатів. Акцесорні та рудні мінерали: епідотцоїзит, рутил, гранат, турмалін, апатит, магнетит, пірит. Кальцит міститься у вигляді окремих кристалів та їх агрегатів, значна частина кальциту заміщує рештки мікроорганізмів. У невеликій кількості трапляється гіпс і гіпсові конкреції. Цемент складений глинистою речовиною з дрібними кристалами та агрегатами кальциту.

Цегла, яку випалюють з мергелистої глини, відзначається приємним зеленкувато-жовтим кольором, високою механічною міцністю, достатньою пористістю. Опір стисненню 100-150 кг на  $\text{cm}^2$ , водовбирання 18-25 %, тріщинуватість і деформації відсутні. Глина легкоплавка (1120-1180°C). Спінання відбувається близько до температури плавлення, тому вона мало придатна як сировина для виробництва черепиці й клінкеру.

Температура плавлення "наглинку" 1150-1250°C, температура спікання 1100-1150°C. За певних умов його можна використовувати для виробництва черепиці разом з бурою чи строкатою глиною. Частіше він йде на виробництво цегли спільно з мергелистою глиною як опіснюючий додаток. Цегла при цьому виходить червоною, а для отримання зеленкувато-жовтої цегли слід застосовувати чисту мергелисту глину й проводити випалювання в слабко відновній атмосфері на малосірчаному паливі. Висококарбонатні відміни глини ( $\text{CaO}$  понад 20 %) малоприсадні для виробництва будівельної цегли, оскільки вона виходить дуже пористою й неміцною.

**Зелені глини харківського горизонту** поширені на Лівобережжі, де залягають на глауконітових пісках або на мергелистих глинах київського надгоризонту; потужність від 1 до 12 м. На родовищах зелених глин працюють цегельні заводи біля Харкова, Богодухова та Вовчанська. Часто вони розробляються спільно з мергелистими глинами та четвертинними глинистими породами. Макроскопічно глини харківського горизонту є пісною пухкою малозв'язною породою, котра у вологому стані має зелений, а в сухому – світлий жовтувато-зелений колір. Мікроструктура породи пелітоморфна, головними складовими є глиниста речовина, кварц, глауконіт, зустрічаються серицит, біотит, рутил та ін.; трапляються спікули губок, заміщені опалом.

**Строкатобарвні глини полтавського надгоризонту** поширені в Північній Україні в районах Чернігова – Новгород-Сіверська – Глухова; Сум – Лубен – Полтави – Слов'янська – Харкова; Києва – Кременчука. За кольором розрізняють декілька горизонтів (знизу): попельасто-сірі пластичні, часом піщані глини, що залягають на полтавських пісках; темно-сірі, майже чорні пластичні глини; сірі з бурими плямами, часто піщані глини; цегельно-червоні пластичні глини; оливково-жовті з бурими плямами глини з кальцитовими конкреціями ("дутики"). Їх загальна потужність може досягати кількох метрів. Вони можуть використовуватися для виробництва черепиці та інших видів кераміки за умови шихтування з іншими глинами та опіснюючими додатками.

Здавна відомі родовища строкатих глин поблизу давнього центру гончарного промислу с. Опішні в Полтавській області. Вони залягають під лесом, бурими суглинками та глинами у вигляді пласта потужністю до 7 м; представлені сірими (із верствами темно-сірих і чорних) різновидами, пластичними та чистими, особливо в середній частині горизонту. Відрізняються високими керамічними властивостями, придатні для виготовлення гончарного посуду, черепиці, димарів, пічної цегли тощо.

В західних і південних областях України глини та глинисті породи неогенового віку розповсюджені у вигляді пластових покладів потужністю до 20 м і більше на невеликій глибині під четвертинними утвореннями; нерідко вони чергуються з верствами пісків, пісковиків і вапняків. Залежно від мінерального складу й фізико-хімічних властивостей серед неогенових глин виділяють будівельні та бентонітові різновиди. Будівельні глини з незначним вмістом домішок є високопластичними (30–40 і більше) з температурою спікання 1000–1100°C і плавлення 1250–1350°C; якщо вміст лугів перевищує 3,5 %, то при температурі 1200°C глини спучуються й придатні для отримання керамзиту. Вони застосовуються у виробництві грубої кераміки: блоків,

черепиці, труб, гончарного посуду, облицювальних та архітектурно-декоративних виробів і майоліки. Унаслідок високого вмісту заліза готова продукція виходить червоною з оранжевим або жовтуватим відтінком, а за умови випалювання до спікання набуває темно-червоного кольору.

**Четвертинні глинисті утворення** України поділяються на декілька груп: леси і лесоподібні суглинки, моренні та пов'язані з ними флювіогляціальні відклади, червоно-бурі глини, річкові, морські, еолові піщані відклади чотирьох відділів:

- давнього (Q<sub>I</sub>) – леси та лесоподібні суглинки п'ятого й четвертого ярусів, флювіогляціальні та алювіальні відклади;
- середнього (Q<sub>II</sub>) – леси і прісноводний суглинок, морена, флювіогляціальні та алювіальні відклади;
- нового (Q<sub>III</sub>) – надморенні леси першого й другого ярусів, річкові відклади;
- сучасного (Q<sub>IV</sub>) – алювіальні відклади заплавлених терас, річок і балок – піски, піщанисті суглинки й глини, болотний мергель, торф, мулисті глини.

**Леси і лесоподібні суглинки** – дисперсна алеврито-полімінеральна порода жовтуватого (палевого) або сірувато-жовтуватого кольору, характерна відсутність верстуватості, вертикальна (трубчаста) пористість, здатність обвалюватися з утворенням вертикальних стінок, властивість швидко розмішуватись у воді, карбонатність і пилюватий гранулометричний склад з переважанням частинок 0,05–0,005 мм. Лесоподібні суглинки часто мають верстувату будову, є менш карбонатними, містять більше глинистої речовини та крупних фракцій, представлених кварцовим піском. Нерідко в них знаходяться карбонатні включення, часом гіпс, трапляються виуговані відміни з незначною кількістю карбонату кальцію.

Первинний лесовий покрив неодноразово перевідкладався поверхневими водами та формував вторинні лесові утворення дещо іншого хімічного й гранулометричного складу. Леси відсутні в межах Поліської низовини (за винятком окремих ізольованих останців), на відкритій частині Донбасу, підняттях Подільського плато та в Карпатах. Північна межа суцільних лесів проводиться по лінії Володимир-Волинський – Корець – Шепетівка – Житомир – Київ – Чернігів – Новгород-Сіверський – Глухів. Найбільша потужність лесового покриву в Причорномор'ї 25–30 м, найменша – на півночі – 8–10 м.

Серед лесових порід виділяються леси корінного залягання з різновидами без карбонатних конкрецій, з карбонатними конкреціями та загіпсованими; перевідкладені на давніх річкових терасах та алювіальні в заплавах і на терасах.

У складі лесів вміст фракції розміром понад 0,05 мм не перевищує 20 %, а в лесоподібних суглинках – від 20 до 50 %. Текстура землиста пориста; структура псаміто-алеврито-пелітоморфна. Мінеральний



склад: кварц, польові шпати й інші уламкові мінерали – 70–80 %, дисперсний карбонат і глиниста речовина – 20–30 %. Кварц представлений гострокутними зернами різноманітного розміру, у середньому 0,05–0,15 мм. Карбонат кальцію розподіляється в породі нерівномірно, входить до складу пелітоморфної маси й утворює скупчення навколо численних пор у вигляді тонкозернистої карбонатної облямівки; розмір зерен 0,005–0,015 мм. Глауконіт має світло-зелений колір тонколускатих агрегатів і зерен округлої та овальної форми розміром близько 0,015 мм. Зрідка зустрічаються видовжені лусочки й пластинки слюд – серициту й біотиту, а також хлориту. Акцесорні і рудні мінерали: рутил, сфен, епідот, цоїзит, магнетит, ільменіт, лімоніт та ін.

Леси й лесоподібні суглинки відрізняються високим вмістом кремнезему (65–85 %), невеликою кількістю півтораоксидів – від 7 до 15 %; вміст карбонату кальцію в перерахунку на оксид – від 3 до 6 %. Технологічні властивості: число пластичності 3–30, вміст води в тісті 12–20 %, усушка 2–7 %, водовбирання випаленого при температурі 960°C черепка – 6–20 %, механічна міцність на стискання 5–30 МПа.

Пластичні лесоподібні суглинки є кращою сировиною, ніж лес, якщо вони не містять включень. Суглинки з числом пластичності від 10 до 20 можуть застосовуватись у виробництві без опіснюючих додатків, а більше 20 – з такими додатками, як пісок, лес або пісний суглинок, молота цегла, котельні шлаки, часом дрібна солом'яна січка. Випалена цегла з пластичних лесоподібних суглинок має набагато більшу міцність на стиснення (7,5–15 МПа), є більш довговічною, ніж цегла з лесів. Малокарбонатні суглинки з пластичністю 20–30 придатні для виробництва черепиці.

Наприклад, **Андрушівське родовище** суглиноків у Житомирській області має такий розріз (знизу):

1. Q<sub>II</sub> – суглинок бурий щільний піщанистий з включеннями зерен кварцу й карбонатних стяжінь .....0,2–1,0 м
2. Q<sub>III</sub> – суглинок лесоподібний сірувато-жовтий щільний пластичний із залістистими бобовинами й нитчкоподібними карбонатними включеннями .....2,0–2,9 м
3. Q<sub>III</sub> – суглинок лесоподібний палево-жовтий щільний пілуватий, мало-пластичний з ниточками карбонатних включень .....4,0–5,6 м
4. Q<sub>IV</sub> – ґрунтово-рослинний шар .....0,8–1,5 м

До корисної копалини відносяться суглинки лесоподібні палево-жовті й сірувато-жовті із середньою потужністю 7,5 м; середня потужність розкривних порід – 1,1 м. Технологічні особливості порід наведені в табл. 78–80. Рекомендована шихта: суглинок палево-жовтий – 66 %, суглинок сірувато-жовтий – 34 %, вугілля АРШ – 3 % (понад 100 %). Запаси суглиноків за категоріями А+В+С<sub>1</sub> – 1339 тис м<sup>3</sup>. Приріст запасів можливий тільки на орних землях.

Таблиця 78

## Гранулометричний і хімічний склад суглинків

Гранулометричний склад, %								
Суглинки	Розміри частинок, мм							
	0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005			
Палево-жовті	0,2-1,7	2,3-7,2	65,16-75,86	8,34-11,7	11,1-18,7			
Сірувато-жовті	0,2-3,5	2,0-15,6	54,42-71,22	9,96-15,1	15,32-25,08			
Хімічний склад, ваг. %								
Суглинки	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	в. п. п.
Палево-жовті	77,33-80,02	9,02-10,37	3,00-3,80	0,40-0,45	1,45-2,04	0,90-1,10	0,10-0,20	2,59-3,30
Сірувато-жовті	74,20-75,25	11,35-11,97	4,00-4,40	0,45	1,79-2,01	1,00-1,20	0,10-0,16	3,15-3,67

Таблиця 79

## Кераміко-технологічні властивості (t випалювання – 1000°C)

Найменування показників	Суглинки	
	палево-жовті	сірувато-жовті
Число пластичності	2,03-3,09	6,7-10,1
Формувальні властивості	хороші	хороші
Формувальна вологість, %	21,2-21,7	21,0-22,8
Коефіцієнт чутливості до сушіння	0,3-0,5	0,7-1,0
Повітряна усадка, %	5,0	7,0
Загальна лінійна усадка, %	5,6	8,0
Межа механічної міцності:	9,5	22
при стисканні, МПа	3,4	6,2
при вигині, МПа		
Водовбирання, %	16,4	15,5
Вогнетривкість, ° С	1230	1160

Таблиця 80

## Результати напівзаводських випробувань шихти

Найменування показників	Показники
Формувальні властивості	хороші
Формувальна вологість, %	22,6
Час сушіння сирцю:	
у штучних умовах, година	36
у природних умовах, доба	10
Брак протягом сушіння:	
у штучних умовах, %	6
у природних умовах, %	3
Температура випалювання, ° С	1000
Брак протягом випалювання, %	1,1-2,1

Межа механічної міцності: при стисканні, МПа при вигині, МПа	16,6–18,3 1,99–2,2
Водовбирання, %	16,6–17,6
Морозостійкість, цикл	15
Марка цегли: за міцністю за морозостійкістю	75; 100 Мрз15

**Суглинки й глини моренних відкладів** в більшості випадків представлені червоно-бурими, жовтувато-бурими, інколи сірими різновидами потужністю 2–5 м, часом – до 10 м. Вони містять валуни (валунні суглинки), уламки кристалічних і осадових порід. Під валунними суглинками часто залягають пов'язані з льодовиковими відкладами зеленкувато-сірі суглинки, які не містять валунів. Моренні суглинки мають пухку (пористу) землисту текстуру та нерівномірно-зернисту псамо-алевро-пелітову структуру, складаються з мінералів: глинистих, оксидів і гідроксидів заліза, кварцу, мікрокліну, плагіоклазу, домішку турмаліну, рогової обманки.

Після виділення фракції розміром понад 2 мм вміст частинок більших за 0,05 мм у залишку, як правило, перевищує 50 %; вміст глинистих мінералів з розміром менше 0,005 мм становить 15–20 %. За хімічним складом суглинки відрізняються високим вмістом  $\text{SiO}_2$  (75–85 %) і порівняно незначною кількістю  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (6–10 %),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (3–5 %) та  $\text{CaO}$  (1–3 %). Вони придатні для виробництва будівельної цегли тільки за умови попереднього відділення крупних включень.

**Червоно-бурі суглинки та глини.** У південних і західних областях України під лесоподібними суглинками залягають червоно-бурі суглинки та глини, які підстеляються неогеновими пісками. Подібно до лесів, вони є масивними і не містять палеонтологічних решток, але за складом і властивостями відрізняються від лесових порід. Вони мають високу зв'язність і пластичність: число пластичності 25–35, у лесів – 3–7, у лесоподібних суглинків – 7–20. Фракції з розмірами частинок менше 0,005 мм становлять 15–20 % (лесові породи – менше 15 %), а фракції більші 0,05 мм – більше 30 % (лесові породи – менше 30 %). Вміст кремнезему – 60–70 %, глинозему – 10–15 %, оксиду кальцію – 6–12 %. Червоно-бурі суглинки дають велику усушку та усадку при сушінні й випалюванні, що призводить до розтріскування та деформації виробів. Їх застосовують з додаванням пісних лесів і лесоподібних суглинків для виробництва черепиці та різноманітних гончарних виробів за умови невисокого вмісту  $\text{CaO}$  (менше 5 %) і відсутності включень (кальцитових дутиків, гіпсових стяжін).

**Осадові глини** відносяться до нижнього і середнього відділів четвертинної системи, поділяються на два типи: жовто-бурі, коричневі потужністю 0,5–4 м (Київська обл.) та сірі, зеленкувато-сірі (західні й південні області). Ці глини є легкоплавкими, добре сушаться, випаляються та спікаються при 1000–1100°C, що дозволяє отримувати продукцію з малопористим черепком. Вони широко застосовуються у виробництві черепиці, пічних кахлів, гончарного посуду; піщанисті відміни придатні для отримання будівельної цегли.

Таким чином, основною й найпоширенішою сировиною для виробництва будівельної цегли на території України є лес і лесоподібні суглинки, а також мергелиста глина київського надгоризонту; меншою мірою використовуються глини та глинисті породи іншого віку. Черепицю випаляють з найрізноманітніших глин широкого вікового діапазону – від кембрію до антропогену. Серед четвертинних глинистих утворень оптимальною сировиною є алювіальні малокарбонатні суглинки та глини, елювіально-делювіальні суглинки, лесоподібні пластичні суглинки, червоно-бурі суглинки та глини, інколи валунні суглинки та глини.

## ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ БЕТОНІВ ТА РОЗЧИНІВ

### Загальні відомості

Заповнювачі для бетонів та розчинів – природні або штучні матеріали, які утворюють у суміші з в'язучими матеріалами бетони або розчини [7, 15, 20, 22, 48]. Заповнювачі знижують витрати в'язучої речовини, збільшують стійкість бетонів та розчинів до агресивної зовнішньої дії, зменшують усадочне тріщиноутворення, шкідливу дію екзотермії при тепловій обробці, об'ємну масу та теплопровідність, допомагають створенню в бетоні жорсткого скелету.

Бетон – це штучне каміння, яке отримують у результаті формування та твердіння раціонально підбраної суміші в'язучої речовини, води та заповнювачів (піску, щебеню, гравію, керамзиту тощо). Бетон є одним із важливих будівельних матеріалів у всіх галузях сучасного будівництва. Це пов'язано з багатьма властивостями бетону, можливістю виготовлення різноманітних за формою та розміром довговічних будівельних конструкцій і механізації бетонних робіт, економічністю бетону, 80–90 % об'єму якого становлять різноманітні заповнювачі. Бетони класифікують за такими ознаками:

- об'ємна маса: особливо важкий (більше 2500 кг/м<sup>3</sup>), важкий (1800–

2500 кг/м<sup>3</sup>), легкий (500–1800 кг/м<sup>3</sup>), особливо легкий (теплоізоляційний) (менше 500 кг/м<sup>3</sup>)

- міцність: важкі бетони – М100-600, легкі – М25-300 і особливо важкі М100-200.
- довговічність (ступень морозостійкості): важкі бетони – Мрз50-300, легкі бетони – Мрз10-200.
- за видами в'язучої речовини: цементні, силікатні, гіпсові;
- за призначенням: звичайний (бетонні та залізобетонні несучі конструкції будівель та споруд); гідротехнічний (греблі, шлюзи, стіни будівель та легкі перекриття, підлоги і шляхові покриття); спеціальний (кислототривкий, жаростійкий); особливо важкий.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Заповнювачі в бетонні та асфальтобетонні суміші вводять, головним чином, для зменшення витрат дорогої в'язучої речовини й усадки, яка виникає при твердінні в'язучих. При цьому показники міцності виробів не повинні знижуватися. У деяких випадках використання заповнювачів бетону має на меті специфічні цілі: збільшення або зменшення об'ємної маси, збільшення жаростійкості, кислото-стійкості, здатності зменшувати рентгенівське опромінювання та інше. В основі шляхового покриття та в баластному шарі залізничних шляхів щебінь відіграє роль інертного матеріалу, який бере на себе навантаження.

Головними заповнювачами для важких бетонів є піски, гравій і щебінь, а також перліти, аргіліти, глини і суглинки, пемзи, вулканічні шлаки і туфи, вапняки тощо.

**Пісок** – сипка суміш зерен розміром від 0,14 до 5 мм, яка утворюється внаслідок природного руйнування масивних гірських порід (природні піски). Крім природних пісків застосовують штучні, які одержують в результаті дроблення гірських порід, грануляції металургійних і паливних шлаків або спеціально приготовлених матеріалів – керамзиту, аглопориту тощо. Для важких бетонів головним чином використовують природні піски, які за мінералогічним складом поділяються на кварцові, польовошпатові, вапнякові, доломітові. З природних пісків найбільше застосовуються кварцові піски.

**Гравій** – уламки порід, кутасті і напівобкатані, розміром 5–70 мм, які утворилися при природному руйнуванні гірських порід. Для бетону найбільш придатна малообкатана (щебенеподібна) форма уламків, менш – яйцеподібна (обкатана), пластинчаста (лещадна) і голчаста, які знижують міцність бетону. Вміст пластинчастих і голчастих зерен у складі гравію не повинен перевищувати 15 %, а уламків слабких

(пористих) порід – 10 %. Часто гравій буває у суміші з піском, якщо у гравії 25–40 % піску – суміш зветься піщано-гравійною.

**Щебінь** одержують дробленням щільних масивних гірських порід, гравію, валунів або штучних каменів на шматки розміром 5–70 мм. Для виготовлення бетону використовують щебінь, який отримують дробленням щільних гірських порід, гравію, доменних і мартенівських шлаків.

Як заповнювачі для легких бетонів використовують природні та штучні сипкі пористі матеріали з насипною об'ємною масою не більше 1200 кг/м<sup>3</sup> за величини зерен до 5 мм (пісок) і не більше 1000 кг/м<sup>3</sup> за величини зерен 5–40 мм (щебінь, гравій).

Природні пористі заповнювачі одержують дробленням легких гірських порід – пемзи, вулканічних шлаків і туфів, пористих вапняків, вапняків-черепашників, вапнякових туфів (табл. 81).

**Таблиця 81**

**Класифікація мінеральної сировини для одержання заповнювачів легких бетонів**

Сировина	Генетична група	Продукт	Процес
<b>Породи, що зазнають термічної обробки</b>			
Глинисті породи	Осадова	Керамзит (гравій, пісок)	Спучення
Гідрослюдисті сланці, глини, суглинки	Метаморфічна, осадова	Аглопорит (щебінь)	Спучення
Трепел, опока, діатоміт	Осадова	Термоліт (гравій)	Спучення, спікання
Шунгітові породи	Метаморфогенна	Шунгізит (гравій)	Спучення
Перліт	Вулканогенна	Перлітовий гравій і пісок	Спучення
Туф вулканічний	Вулканогенна	Щебінь (кампорит)	Спікання
Вермикуліт	Екзогенна	Дрібний заповнювач	Спучення
<b>Породи, що зазнають механічної обробки</b>			
Туф вулканічний	Вулканогенна	Щебінь	Дроблення, розсів
Пемза й пуміцит	Вулканогенна, вулканогенно-осадова	Дрібний заповнювач	Розсів, фракціонування
Вулканічний шлак	Вулканогенна, вулканогенно-осадова	Щебінь	Дроблення, фракціонування
Вапняк-черепашник	Осадова	Щебінь, пісок	Дроблення, розсів

Штучні пористі заповнювачі одержують з відходів промисловості або шляхом термічної обробки силікатної сировини. Вони мають округлу, відносно гладку або кутасту та шорстку (ніздрювату) поверхню. За розміром зерен їх поділяють на фракції: пісок до 1,2 і 1,2–5,0 мм, щебінь або гравій – 5–10, 10–20 та 20–40 мм. Пористі заповнювачі мають показник насипної об'ємної маси в сухому стані (кг/м<sup>3</sup>) М100–1000 для щебеню (гравію) та до М1200 для піску. Міцність пористих заповнювачів може бути 0,4–20 МПа.

Головними штучними заповнювачами є:

- гранульований металургійний шлак – дрібнозернистий пористий матеріал, який утворюється при швидкому охолодженні розплавів металургійних і хімічних шлаків;
- шлакова пемза (термозит), яку одержують у вигляді брил чарункуватої структури шляхом спучування шлакового розплаву за допомогою води, повітря або їх суміші;
- аглопорит – штучний пористий заповнювач з розміром гранул 5–20 мм, насипною об'ємною масою 400–700 кг/м<sup>3</sup> і межею міцності 0,4–1,5 МПа, сировиною для виготовлення якого є глинисті породи (суглинок, супісок, аргіліт, глинястий сланець), а також відходи промисловості (глинисті відходи при збагачуванні вугілля, палена порода, паливні шлаки, зола ТЕС та інші каменеподібні силікатні породи);
- гравій і пісок керамзитовий – матеріал округлої форми, який одержують при випалі глини; його міцність становить 0,6–6 МПа, насипна об'ємна маса 150–800 кг/м<sup>3</sup>, коефіцієнт теплопровідності 0,08–0,16 Вт/(м·К), морозостійкість не менше Мзс153; за об'ємною масою керамзит поділяють на марки від 150 до 800, за міцністю – на класи А і Б; виділяють різновиди: керамзитовий гравій (зерна розміром 5–40 мм округлої або гравелистої форми вкриті міцною засмаглою шорсткою оболонкою); керамзитовий щебінь (зерна кутастої форми розміром 5–40 мм); керамзитовий пісок (зерна гравелистої форми розміром 0,15–5 мм з тонкою засмаглою оболонкою); шунгізит, зольний гравій та ін.
- спучений перліт, який випускають у вигляді щебеню та піску випалюванням вулканічних водомістких склоподібних порід у печах, що обертаються; перлітовий щебінь і пісок для бетонів мають насипну об'ємну масу 150–450 кг/м<sup>3</sup>, а для теплоізоляційних засипок – 50–100 кг/м<sup>3</sup>.
- термоліт – тонкомелені доменні гранульовані шлаки, діатоміт, трепел, опоки, туф, пемза, трас.
- спучений вермикуліт, який одержують при випалі природних гідратизованих слюд.

**Будівельний розчин** – суміш, яка отверділа з в'язучої речовини, дрібного заповнювача (піску) і води. За складом будівельний розчин – це дрібнозернистий бетон і йому притаманні особливості бетону. Найважливіші ознаки розчинів – об'ємна маса, вид в'язучої речовини, призначення, фізико-механічні характеристики.

Дрібними заповнювачами для важких розчинів (об'ємна маса 1500 кг/м<sup>3</sup> і більше) є кварцові та польвошпатові природні піски, а також піски, які одержують дробленням гірських порід. Для легких розчинів (об'ємна маса менше 1500 кг/м<sup>3</sup>) заповнювачами служать пемзові, туфові, черепашникові та шлакові піски.

В Україні головною сировиною для легких заповнювачів бетонів є **керамзит** – легкий пористий гравій (5–40 мм) чи пісок (менш 5 мм), який отримують шляхом швидкого обпалення (1050–1250°) легкоплавких глинистих порід у певних фізико-хімічних умовах. При цьому глиниста речовина спучується й виникає матеріал з дрібноячеистою структурою, який має малу об'ємну масу при значній міцності й високих теплозахисних властивостях. Цей процес обумовлений різким збільшенням об'єму сировини при одночасному виділенні газів (H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) і плавленні глинистого матеріалу в рідку фазу, яка є достатньо в'язкою, щоб утримати ці гази. Різде охолодження спученого розплаву приводить до утворення пористої шлакоподібної сировини, яка надалі сортується, поділяється на фракції і марки. Граничні вимоги до сировини: об'ємна маса – до 600 кг/м<sup>3</sup>, межа міцності – не менш 6 кг/см<sup>2</sup>, морозостійкість – не менш 15 циклів. Найбільшу цінність для будівництва має керамзит з невеликою об'ємною масою (до 500 кг/м<sup>3</sup>), який і є заповнювачем легких бетонів. Керамзит з об'ємною масою 800–1000 кг/м<sup>3</sup> придатний для важких бетонів. Виробництво його можливе тільки в районах, що не забезпечені місцевими ресурсами гравію та піску.

Залежно від керамзитових заповнювачів виготовляють керамзитобетони різного призначення: теплоізоляційні, конструктивно-ізоляційні й конструктивні.

Властивість спучуватися обумовлена присутністю в глинах певної кількості (8–10 %) шкідливих для інших виробництв домішок: органічної речовини (гумусу), оксидів заліза і таке інше. У зв'язку з цим керамзитова сировина повинна вмщувати тонкорозсіяну органічну речовину (1–2,5 %), сполуки заліза (не менш 6 %), сприятливим є наявність монтморилоніту і гідрослюд. Сировина не повинна вмщувати каменистих включень, гіпсу, карбонатів, більш 30 % SiO<sub>2</sub>.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

За походженням пористі заповнювачі для бетонів і розчинів поділяють на природні та штучні. Генетичні типи родовищ природних заповнювачів відповідають походженню відповідних типів порід. Вони



можуть бути вулканічного та осадового походження. До заповнювачів вулканічного походження відноситься щебінь і пісок з пемзи, вулканічного шлаку або вулканічного туфу. Щебінь і пісок з пемзи – пориста сипка порода губчастої або волокнистої будови від сірувато-білого до коричневого кольору, що складається з кислого вулканічного скла. Щебінь і пісок з вулканічного шлаку – великопориста й пориста сипка порода ніздрюватої або губчастої будови від червоного до чорного кольору, яка складається з цементованого вулканічного скла та попелу.

Заповнювачі осадового походження – щебінь і пісок з карбонатної (пористі вапняки, вапняки-черепашники, вапнякові туфи), кремнеземистої породи (опал-кристобалітові породи).

## Родовища України

В Україні сировиною для легких заповнювачів є перліти, туфи, вапняки пористі, опал-кристобалітові гірські породи, глини, суглинки, аргіліти, сланці слюдисто-серицитові, вермикуліт, сланець менілітовий, родовища яких широко представлені в різних регіонах (табл. 82).

**Таблиця 82**  
**Запаси і видобуток сировини для легких заповнювачів бетону, тис. м<sup>3</sup>**

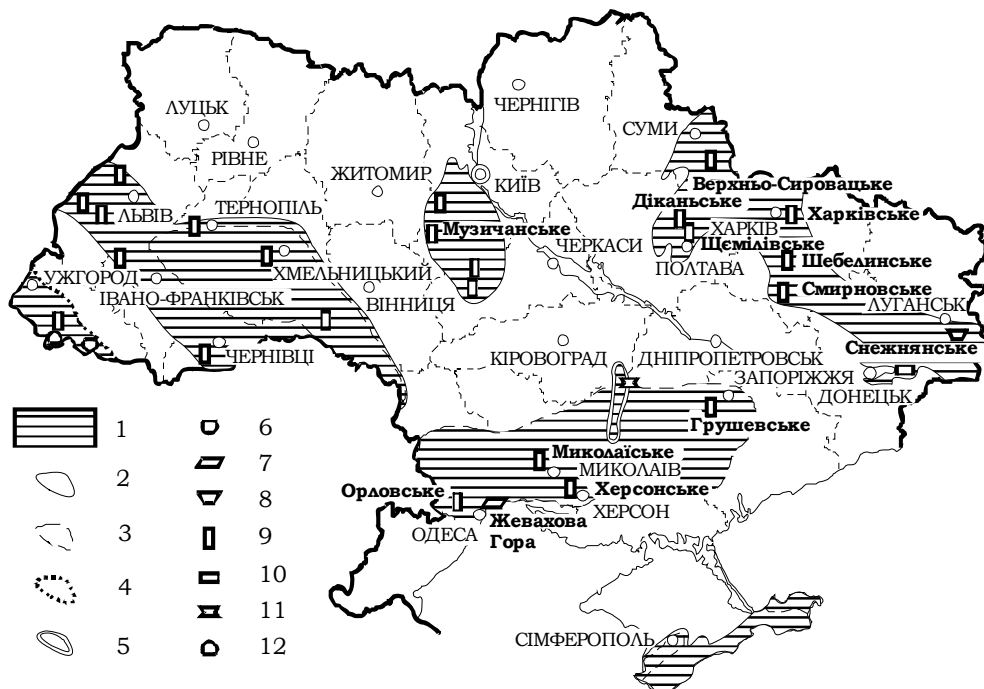
Родовища	Корисна копалина	Потужність	Запаси		Видобуток
			A+B+C	C <sub>2</sub>	
Центральна площа					
Музичанське	Строкаті глини	10,1	10479		50
Сквирське	Суглинки, глини	9	6688	1481	
Дашуківське	Суглинки, глини	11,4	3231	9276	
Слобідське	Суглинки, глини		6296		
Придністровська					
Микулинецьке	Суглинки	5–9,8	1477		3
Болехівське	Суглинки	0,9–7,7	963		25
Сторожинецьке	Суглинки, глини	7,2	1736		
Воютицьке	Глини	3,3	4419		67
Вендичанське	Глини	9–16,1	14275		166
Ліс-Окилківське	Глини		1836		110
Шаровецьке	Глини		1198		25
Козівське	Суглинки, глини		15167		
Донецька					
Верхньосироватське	Суглинки, глини	22	10327		79
Щемилівське	Суглинки, глини	4–20	3814		300
Харківське	Суглинки, глини	4,3–23,5	1272		170
Первомайське	Суглинки, глини	10–14	5185		446
Шебелінське	Суглинки, глини	7,5–20	2194		83
Топольське	Глини		714	2580	

Мармурове	Аргіліт	30–90	2687		
Дубівське	Аргіліт	23,7	20392		
Харцизьке	Глини		15329		
Диканьське	Глини, аргіліти		33500	11039	
Причорноморська					
Орловське	Глини	25,2–33,5	17903		73
Велика Глеєватка	Сланець	40–150	27376		
Токмакське	Суглинки	10,8	2064		
Грушівське	Надрудні глини		3148		123
Шевченківське	Надрудні глини	7,3	58700	3000	
Басанське	Глини		4011		125
Єлизаветівське	Суглинки, глини		27224		
Закарпатська					
Пелікан	Перліт	15–50	44		42
Ардівське	Перліт	20–100	32717	2761	
Шиной Варна	Перліт		12525		
Фогош	Перліт				
Лалівське	Глини		3288		
Кримська					
Малобабчинське	Глини	18	12253	31926	252
Булганське	Глина сопкова	26	306		
Плодівське	Глини		407		183
Альминське	Глини		3791		

В Україні виділяються декілька перспективних площ у відношенні родовищ легких заповнювачів бетону (рис. 72): Придністровська, Центральна, Донецька, Причорноморська, Кримська. Більшість з них містять родовища для виготовлення керамзитової сировини (глина, суглинок, аргіліт), але в Закарпатті існують родовища перлітової сировини, яка буде описана в наступному підрозділі.

Прикладами родовищ сировини для легких заповнювачів бетонів є Грушівське родовище глин у Запорізькій області (рис. 73), Ковацьке родовище туфу в Закарпатті (рис. 74).

Україна має значну мінерально-сировинну базу керамзитової сировини. Родовища керамзитової сировини, пов'язані з аргілітами, відомі в Донбасі, Криму, Карпатах, Передкарпатті [54]. Державним фондом враховується 55 родовищ керамзитової сировини, з них розробляється тільки одне у Донецькій області. Найхарактернішими є Сніжнянське родовище у Донецькій області та Новозванівське у Луганській.



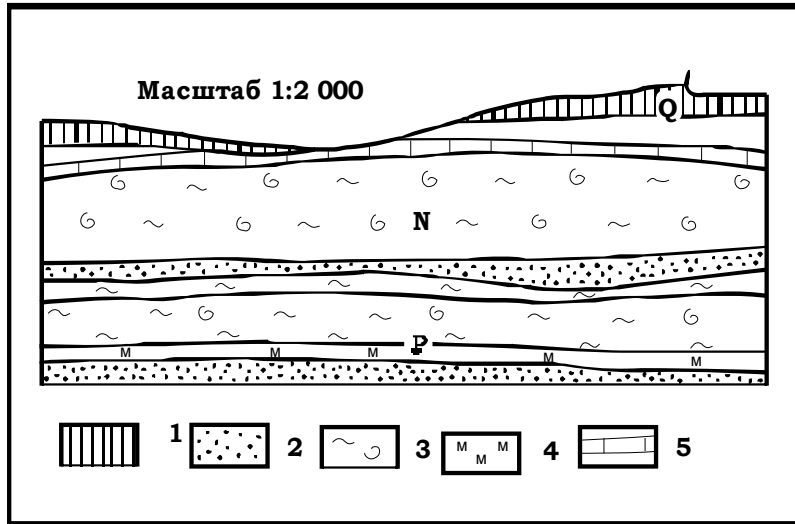
**Рис. 72. Карта перспективних площ України на сировину для легких заповнювачів бетону**

1 – комплекси гірських порід, які перспективні для виробництва легких заповнювачів бетону: 2 – алевроліто-глинисті; 3 – карбонатні; 4 – ефузивно-пірокластичні та кристаболітові; 5 – метаморфічні; 6–12 – корисна копалина: 6 – туфи, 7 – вапняки, 8 – спонголіти, 9 – глини, 10 – аргіліти, 11 – сланці слюдисто-серицитові, 12 – перліти

**Сніжнянське родовище** представлено аргілітами карбону, які перешаровуються з алевролітами і сланцями. Запаси аргілітів і алевролітів за категоріями А+В+С<sub>1</sub> складають 3,5 млн м<sup>3</sup>, залишок запасів (на 01.01.2005) – 2,8 млн м<sup>3</sup>. Родовище розробляється Сніжнянським заводом керамзитового гравію ВО „Укрбудіндустрія”.

**Новозванівське родовище** представлено перешаруванням пермських аргілітів (70–80 %) і алевролітів (20–30 %) потужністю 24,3–69 м (середня 45,6 м). Балансові запаси аргілітів і алевролітів, придатних для виробництва керамзитового гравію, цегли й каменів керамічних марок за категоріями В+С<sub>1</sub> становлять 12,8 млн м<sup>3</sup>. Родовище не розробляється.

Аргіліти, що можуть слугувати сировиною для виготовлення керамзиту, відомі також у Криму, де приурочені до таврійської серії, в Карпатах у менілітовій та бистрицькій світах.



**Рис. 73. Родовище Грушівське, глини**  
 (схематичний геологічний розріз за матеріалами В.Кулешова, 1976).  
 1 – суглинки, глини; 2 – вапняки; 3 – глини вапнякові; 4 – глини; 5 – піски; 6 – марганцеві руди



**Рис. 74. Родовище Ковацьке, туфи** (за матеріалами К.Геращенко)  
 1 – ґрунт, суглинки; 2 – кора вивітрювання; 3 – аргіліти; 4 – продуктивна товща; 5 – туфи; 6 – тектонічні порушення

## ПЕРЛІТИ

### Загальні відомості

Перліти (від фр. *perle* – перли) – кисле водомістке вулканічне скло з концентрично-шкаралупчастою глобулярною текстурою, що має здатність при швидкому нагріванні спучуватися з утворенням пористого пемзоподібного продукту зі збільшенням об'єму в 4–20 разів [51, 57]. Вважається, що перліти утворюються при гідратації вулканічного скла безпосередньо при їх охолодженні (первинні перліти), або при пізнішій дії гідротермальних розчинів (вторинні перліти), причому в останньому випадку вони тісно пов'язані із зонами цеолітизації. Вміст води в перлітах змінюється від 1 до 6–8 %, густина 2,3–2,4 г/см<sup>3</sup>, пористість 1,8–7,0 %. Спучування перлітів здійснюється при 900–1200° за рахунок відділення води в момент, коли склувата маса стає пластичною, але досить в'язкою, щоб стінки пухирців не пропускали пару.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Для вироблення спученого перліту можуть бути використані склуваті (склоподібні) ефузивні магматичні породи, що містять структурно-зв'язану воду, – перліти, обсидіани, туфи кислого складу, вітрофіри та ін. Державних галузевих стандартів і технічних умов на магматичні породи, які використовуються для отримання спученого перліту, немає.

Головним показником, що характеризує вулканічні породи, які використовуються для виробництва перліту, є коефіцієнт спученості – відношення об'єму спученого перліту до первинного об'єму породи. Значення цього коефіцієнта для різних порід буває від 1,5 до 20. Досвід показує, що оптимальними є молоді склуваті вулканічні породи, котрі містять, %: SiO<sub>2</sub> 65–67, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 12–14, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,5–2,5, CaO 1,5–2,5, MgO 0,1–5, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3,5 і більше. Кількість кристалічних включень не повинна бути більше 15 %. Залежно від ступеня подрібнення вихідної породи може бути одержаний перлітовий щебінь (розмір зерен 5–20 мм) або пісок (розмір зерен менше 5 мм). За існуючим держстандартом спучений перлітовий пісок поділяється на крупний (розмір зерен 1,25–5 мм), дрібний (0,14–1,25 мм) і пудру (менше 0,14 мм). За об'ємною насипною масою (від 75 до 500 кг/см<sup>3</sup>) перлітовий пісок поділяється на вісім марок. Щебінь перлітовий за розміром зерен поділяється на дві фракції (5–10 і 10–20 мм), за об'ємною насипною ма-

сою – на чотири марки (від 300 до 600 кг/см<sup>3</sup>), а за міцністю – на шість марок (від П-35 до П-150).

Найважливішими властивостями спученого перліту є: незначна об'ємна маса (від 50–70 у вищого до 350–500 кг/м<sup>3</sup> у четвертого сорту), пористість і стійкість, які забезпечують високі термо- та звукоізоляційні властивості, довговічність, вогнестійкість, легкість. Ці якості обумовляють його застосування, у першу чергу, у будівництві як пористого заповнювача для бетонів, штукатурних розчинів, утеплювача, теплоізоляційних плит. Властивості перлітобетону дозволяють його рекомендувати для використання в сейсмічно небезпечних районах. Перліт також може застосовуватися як плавень у керамічному виробництві, абразив, для виробництва скла. Спучений перлітовий пісок може застосовуватися як фільтрувальний матеріал для очищення води, рослинної олії, вина, фармацевтичних препаратів; у сільському господарстві – для кондиціонування й поліпшення структури ґрунтів. У природному стані перліти використовуються як заповнювачі для бетонів, для виготовлення керамічних виробів, при виробництві скла, як добавки в цементному виробництві, при бурінні свердловин.

За кордоном, крім будівництва, перліт широко застосовується в хімічній і харчовій промисловості, у сільському господарстві та інших галузях; як фільтр для кислот, наповнювач у пластмаси, ізоляційний матеріал, наповнювач фарб, компонент бурових розчинів, інертний пакувальний матеріал, як ґрунтовий кондиціонер, для видалення нафтової плівки з поверхні моря, як фільтр і сорбент при очищенні питних рідин тощо. В Україні існують широкі можливості для розширення галузей застосування перліту.

У промисловості переважно використовується спучений перліт, одержаний при випалі сирого перліту за температури 900–1200°. Такий перліт має насипну об'ємну масу від 30–40 до 350–400 кг/м<sup>3</sup>. Вимоги до технологічних властивостей сировини наведено в табл. 83. Загальною вимогою до перлітової сировини є ізометрична форма зерен, кількість лещадних зерен (пластинчастої та кутастої форми) не повинна перевищувати 10 %, пилоподібних і глинистих часток – 3 %; вологість піску з розміром зерен 0,63–5 мм і більше не повинна перевищувати 3 %, а піску з розміром зерен до 2,5 мм – 5 %.

Особливо високі вимоги існують до фільтропорошків з перлітової сировини (вища/перша категорії якості): насипна об'ємна маса – 120–160 кг/м<sup>3</sup>; вміст часток, що легше води, не більше 11–12 %; фільтраційна проникність не менша 1,0–0,5; сухого залишку не більше 0,5–1,0 %; вологість не більша 0,4–2,0 %.

Таблиця 83

## Вимоги до перлітової сировини

Показник	Клас							
	I				II			
Насипна об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>	90	90–130	130–160	160–230	120	120–300	300–500	500–700
Густина зерен, кг/м <sup>3</sup> : Пісок (0–5 мм)	150	150–190	190–220	220–300	200	200–400	400–600	600–850
щебінь (>5 мм)	350	350–390	390–440	440–500	400	400–600	600–800	800–1200
Шкідливих домішок, %:								
Макродомішки	до 5	5–7	7–10	10–30	до 5	5–7	7–10	10–30
Мікродомішки	–	–	–	до 10	до 5	5–10	10–15	15–20

## Економічні відомості

Родовища перліту розповсюджені в країнах з широким розвитком мезо-кайнозойського вулканізму: Угорщина, Греція, Туреччина, Японія, Мексика, США та ін., де відомі їх значні запаси і здійснюється видобуток (табл. 84). Світовий видобуток перліту дорівнює 1,7–2,0 млн т на рік. В країнах СНД розвідано понад 15 родовищ перліту із сумарними запасами біля 227 млн т, більша частина яких зосереджена у Вірменії, в Україні, Росії, Грузії. У цих країнах щорічно видобувається біля 600–650 тис. м<sup>3</sup> перлітової сировини. Середня ціна на перліт на ринках США складала (\$/т): 2002 – 36,42; 2003 – 38,20; 2004 – 41,28; 2005 – 40,68; 2006 – 45,72 [71].

Таблиця 84

## Видобуток перліту, тис. т [71]

Країна	Видобуток		Запаси	Ресурси
	2005	2006		
Греція	525	500	50000	300000
Мексика	195	200	*	*
США	508	457	50000	200000
Туреччина	140	130	*	5700000
Угорщина	145	70	3000	*
Японія	240	250	*	*
Інші країни	200	210	600000	1500000
<b>Всього</b>	<b>1950</b>	<b>1820</b>	<b>700000</b>	<b>7700000</b>

\* включено до графі "інші країни"

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Родовища перліту тісно пов'язані з областями розвитку мезо-кайнозойського вулканізму Карпатсько-Родопської вулканічної області (Угорщина, Румунія, Чехія, Словаччина, Греція, Західна Україна), Італії, вулканічних поясів обрамлення Тихого океану (Далекий Схід РФ, Японія, Колумбія, Чилі, США, де знаходиться найбільше у світі родовище Соккоро).

За морфогенетичними особливостями виділяються три типи родовищ перлітів: пов'язані з лавовими потоками, з екструзивними куполами та з шарами вулканічного попелу. Вулканічне скло лавових потоків особливо характерне для родовищ Вірменії (Артені, Араган), такі ж родовища зустрічаються на Далекому Сході (Чащевате, Богопольське, Сергіївське родовища Приморського краю). Вони характеризуються плаstopодібною формою тіл, значною потужністю й відносно однорідною будовою.

Родовища вулканічних екструзивних куполів характерні для Закарпаття та Далекого Сходу. Типовим прикладом подібних родовищ може бути Нежданківське в Приморському краї. Воно приурочено до крайової частини грабенеподібної вулкано-тектонічної депресії, яка складена потужними (понад 1000 м) товщами туфів та ігнімбритів ріолітів пізньої крейди, із верствами (20–50 м) кислого вулканічного скла (перлітів). Родовище пов'язано з асиметричним екструзивним куполом (250 x 600 м) зональної будови: центральна частина складена флюїдальними та сферолітовими ріолітами, крайова – вулканічним склом. Воно представлено чорними, з жовтуватими та зеленуватими відтінками у змінених різновидах, породами з масивною, іноді сферолітовою текстурою, перлітовою окремістю, що добре видна під мікроскопом. У ендоконтактах перліти часто розкристалізовані та окварцьовані. За хімічним складом вони відносяться до ріолітів нормально-лужного ряду, натрій переважає над калієм. Їх коефіцієнт спучування 4–6 (іноді до 8), насипна об'ємна маса спученого перліту 200–400 кг/м<sup>3</sup>, міцність спученого перліту 1,0–1,5 МПа (10–15 кгс/см<sup>2</sup>), а перлітобетону – 5 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>).

Родовища третього типу менш характерні, зустрічаються в Чехії та на деяких островах Егейського моря.

За запасами (млн м<sup>3</sup>) родовища перлітової сировини поділяють на унікальні – більше 200, великі – 50–200, середні – 5–50, дрібні – менше 5.



## Родовища України

В Україні родовища перліту відомі в Закарпатті, де пов'язані з неогеновими вулканітами Берегівського нагір'я, приуроченого до зони Припаннонського розлому, що відокремлює Закарпатський внутрішній прогин від Трансільванської западини. Вони представлені покладами перлітів, перлітових брекчій і склуватих туфів ріолітів потужністю 2–60 м. На балансі стоять родовища Ардівське, Фогоське, Шиной-Варна, їх прогнозні ресурси 100 млн м<sup>3</sup>, балансові запаси за категоріями А+В+С<sub>1</sub> – 48 млн м<sup>3</sup>, С<sub>2</sub> – 2,8 млн м<sup>3</sup>, видобуток – 27 тис. м<sup>3</sup> (2004 р.).

Найбільшим є **Ардівське родовище**, приурочене до ріолітового куполу Ардів, що характеризується в'ялоподібною структурою та зональністю. Центральні частини куполу складені мікрофельзитовими ріолітами, а крайові – перлітами й перлітовими лавобрекчіями. Корисною копалиною є пластовидні тіла потужністю понад 100 м з крутим центриклінальним падінням у центральній частині та пологим до субгоризонтального – на периферії. На деякому віддаленні від центрального куполу розвинуті пірокластичні товщі перлітових спечених туфів потужністю до 40–50 м. Перліти родовища придатні для виготовлення перлітового піску з об'ємною насипною масою 60–15 кг/м<sup>3</sup> і щебеню з об'ємною насипною масою 150–250 кг/м<sup>3</sup>. Запаси родовища оцінюються в 35,5 млн м<sup>3</sup>, родовище не розробляється.

**Фогоське родовище** розташоване у північно-західній частині Берегівського нагір'я, представлене плащоподібним тілом перлітових брекчій і масивних перлітів, прорваних і частково перекритих ріолітами. Середня потужність тіла корисної копалини 46,7 м. Запаси за категоріями А+В+С<sub>1</sub> складають 13,4 млн м<sup>3</sup>, залишок на 01.01.2004 р. – 13 млн м<sup>3</sup>. Родовище розробляється Берегівським перлітовим кар'єром Держкорпорації „Укрбудматеріали”, річний видобуток 26 тис. м<sup>3</sup> гірничої маси.

**Родовище Шиной-Варна** із запасами 2,3 млн м<sup>3</sup>, експлуатується з 1984 р. відкритим способом, у 1992 р. добуто 60 тис. м<sup>3</sup> сировини, з якої виготовлено 29 тис. м<sup>3</sup> перлітового щебеню, починаючи з 1993 р. видобуток практично не ведеться; корисна копалина представлена перлітовою брекчією, масивним перлітом, пемзоподібним туфом.

Крім них, у Закарпатті відоме відпрацьоване родовище Пелікан, ряд проявів Вигорлат-Гутинського пасма (Рокосовське, Герцовське, Візницьке, Серенчовське). Інтерес можуть викликати склуваті попільні туфи Львівської області, що при термообробці спучуються, даючи пісок з об'ємною насипною масою 190–220 кг/м<sup>3</sup>, ксеноліти цехштейну у вулканічному трасі Карадагу в Криму, що можуть служити сировиною для спученого піску з об'ємною насипною масою 190–220 кг/м<sup>3</sup>.

## ПІСОК І ГРАВІЙ

### Загальні відомості

Пісок і гравій є рихлими незцементованими осадовими породами, що складаються з різною мірою обкатаних уламків гірських порід і мінералів розміром 0,05–5 мм (пісок) і від 3–5 до 60–70 мм (гравій). Фізичні й технічні властивості піску та гравію визначаються величиною, мінеральним складом, формою та характером поверхні зерен, що їх складають.

Піски поділяються на мономінеральні (складаються переважно із зерен одного мінералу), олігоміктові (двох-трьох мінералів) і поліміктові (уламків гірських порід і мінералів різного складу). За речовинним складом виділяються теригенні, карбонатні і пірокластичні різновиди. За співвідношенням кварцу, польових шпатів і уламків порід вони поділяються на кварцові піски, аркози (кварц-польовошпатові) і грауваки (з суттєвим вмістом темнокольорових мінералів і уламків порід). За формою зерна піску та гравію поділяються на округлі, округло-кутасті, кутасті, за ступенем обкатаності – на обкатані, напівобкатані й гострокутні, а за характером поверхні – на зерна з рівною, нерівною та шерехатою поверхнями.

Родовища піску значно поширені, а самостійні родовища гравію майже не зустрічаються. Гравій, як правило, спільно з піском утворює гравійно-піщану суміш, яка через наявність у ній глинистого матеріалу та валунів після видобутку в природному вигляді використовується рідко. Для промислового використання природної суміш сортується на гравій і пісок, відмивається від шкідливих домішок (глинистого матеріалу та ін.) і валунів.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Пісок і гравій застосовуються як заповнювачі бетонів, будівельні розчини, асфальтобетонні та бітумомінеральні суміші для будівництва доріг, в баластному шарі залізничного шляху, у скляному виробництві, при ливарних роботах (формувальні піски), у виробництві цементу, силікатної цегли, виробництва бетонів, тонкої та будівельної кераміки, вогнетривких речовин, абразивів, фільтрування водопровідної води, при рекультивації земель тощо [65]. Вимоги до якості піску та гравію для різних цілей їх використання визначаються державними

та галузевими стандартами або технічними умовами.

У виробництві скла використовуються чисті кварцові піски. Головними показниками, що визначають придатність пісків для скляного виробництва, є вміст кремнезему, оксидів заліза, хрому, титану й гранулометричний склад. Вони повинні містити не менше 98,5 % кремнезему. У пісках для виробництва темно-зеленого тарного скла, допускається незначне зниження його вмісту. Для віконного скла вміст  $Fe_2O_3$  не повинен перевищувати 0,1 %, світлотехнічного – 0,08 %, полірованого – 0,05 %, тарного – 0,2–0,3 %. Вміст  $Cr_2O_3$  для виробництва майже всіх різновидів скла не повинен перевищувати тисячних часток відсотка. Піски мають бути добре відсортованими, складатися не менше ніж на 90 % із зерен розміром 0,1–0,6 мм, не мати зерен, крупніших 0,8 мм, а менших 0,1 мм – не більше 5–8 %.

У ливарному виробництві піски використовуються для виготовлення ливарних форм і стержнів, кварцові піски – для сталевого лиття, при виготовленні стержнів для кольорового лиття (алюмінієво-магнієвого та іншого), виготовленні форм для чавунного та кольорового (бронзового, алюмінієвого) лиття, аркозові – для чавунного лиття. Пісок повинен мати достатню вогнетривкість, яка залежить від вмісту кремнезему та глинистих часток, газопроникність, яка залежить від гранулометричного складу, достатню міцність на стиснення.

У виробництві силікатних будівельних матеріалів (силікатної цегли, виробів із силікатного бетону, як щільного, так і чарункуватого) застосовуються кварцові піски, з невеликою кількістю зерен вивітрілих мінералів і порід, слюди, органічних домішок і сульфатних сполук, з вмістом кремнезему не менше 80 % – для виробів з щільного силікатного бетону і не менше 90 % – для виробів з чарункуватих бетонів. Вміст глинистих і пилоподібних часток не повинен перевищувати 3–6 % при виготовленні виробів з пористого бетону, 10 % – армованих силікатних виробів і 15 % – великих стінових блоків.

Кварцові піски з вмістом  $SiO_2$  не менше 87–90 %, домішкою глини, мулу, пилюватих часток не більше 5 % використовуються як інертна та коректувальна добавка при виробництві портландцементу і піщанистого цементу як коректувальна та інертна добавка. Вміст  $K_2O$  і  $Na_2O$  не повинен перевищувати 3 %, а вміст глинистих часток – 10 %.

Як абразивний матеріал піски застосовуються при шліфуванні скла, розпилюванні каменя, у піскоструменевих апаратах у будівельній і ливарній промисловості, для виробництва штучного абразивного матеріалу, карбиду кремнію (карборунду). Використовуються чисті кварцові піски з гострокутними ізометричними зернами, низьким вмістом домішок мінералів, що мають меншу твердість порівняно з кварцом. Піски для шліфування скла повинні містити  $SiO_2$  не менше

98 %, глинистих часток – не більше 20 %.

Піски та гравій застосовують як інертні заповнювачі для бетонів. При оцінці використання пісків для виготовлення бетонів основне значення має їх гранулометричний склад. Найбільшу міцність і пластичність набувають бетонні розчини з використанням грубозернистих, добре відсортованих пісків. Бажана присутність зерен середнього й дрібного розміру, що заповнюють порожнечу між великими зернами. Вміст глини, мулу й дрібних пилюватих фракцій у пісках допускається не більше 5 %, а для окремих видів гідротехнічного та шляхового бетонів – не більше 3 %. Шкідливою домішкою є слюда, органічні речовини, сірчаній колчедан, гіпс, опал. Вміст  $SO_3$  не повинен перевищувати 1 %. Крім того для гравію кількість вміст голкуватих і пластинчастих зерен не повинен перевищувати 15 %. Визначається ступінь морозостійкості та межа міцності при стисненні бетону.

Гравій і піски застосовується для баластного шару залізничних колій з урахуванням їх гранулометричного і петрографічного складу, міцності, морозостійкості, форми зерен.

У будівництві автомобільних шляхів піски та гравій застосовуються для насипання основи й підстиляючого шару щебеневих і гравійних покриттів, для виготовлення асфальтових сумішей для асфальтування доріг. Їх якість визначається насамперед гранулометричним складом, морозостійкістю, опірністю удару та тертю, вмістом пластинчастих і голкуватих зерен, а також глинистих і пилюватих часток.

Крім цього піски використовуються як добавки при виробництві будівельної цегли, для фільтрів при будівництві гідротехнічних споруд, як рекультиваційний матеріал для відпрацьованих вугільних шахт, у пісочницях локомотивів та ін.

Родовища пісків і гравію, як правило, розробляються кар'єрами. При експлуатації родовищ із складними гідрогеологічними умовами застосовується гідромеханізований спосіб розробки. Родовища, придатні до експлуатації, повинні мати співвідношення потужності розкритих порід і корисної товщі не більше ніж 1:1. Нерідко промисловістю лімітується абсолютна потужність розкритих порід, гранична величина якої не повинна перевищувати 10–15 м.

За запасами родовища пісків та гравію поділяються на великі (будівельні піски – понад 15 млн  $m^3$ , піски для ливарного виробництва – понад 8 млн т, піски для виготовлення скляних виробів – понад 5 млн т); середні (будівельні піски – 10–15 млн  $m^3$ , піски для ливарного виробництва – 5–8 млн т., піски для виготовлення скляних виробів – 1–5 млн т); дрібні (будівельні піски – до 10 млн  $m^3$ , піски для ливарного виробництва – до 5 млн т, піски для виготовлення скляних виробів – до 1 млн т).

## Економічні відомості

Родовища піску і гравію відомі практично у всіх країнах світу, але особливо інтенсивно вони розробляються в промислово розвинених країнах: США, Німеччині, Австрії, Франції, Іспанії, Японії, Великій Британії та ін. (табл. 85) Середня ціна на ринках США складала (\$/т): за будівельний пісок і гравій – 2002 – 5,07; 2003 – 5,16; 2004 – 5,33; 2005 – 5,86; 2006 – 6,15; за індустріальний пісок і гравій – 2002 – 20,98; 2003 – 22,14; 2004 – 23,06; 2005 – 24,57; 2006 – 23,98 [71]. У США видобуто: будівельного піску і гравію – у 2005 р. – 1270 млн т, у 2006 р. – 1280 млн т. Родовища піщано-гравійної сировини широко розповсюджені в країнах СНД, зокрема, в Росії (10 млрд м<sup>3</sup>, половина з яких розробляється, річний видобуток 130–190 млн м<sup>3</sup>), Білорусі, Казахстані, Узбекистані.

Таблиця 85

### Видобуток індустріального піску і гравію, млн т [71]

Країна	2005	2006	Країна	2005	2006
США	30,6	31,9	Японія	4,7	4,8
Австралія	4	4	Мексика	2,1	2,1
Австрія	6,8	6,8	Норвегія	1,6	1,6
Бельгія	1,8	1,8	Польща	1,5	1,5
Бразилія	1,6	1,6	Румунія	1,5	1,5
Канада	1,6	1,6	Словаччина	2	2
Франція	6,5	6,5	Словенія	11	11
Гамбія	1,5	1,4	ПАР	2,7	2,8
Німеччина	8,2	8,2	Іспанія	6,5	6,5
Індія	1,6	1,6	Туреччина	1,2	1,2
Іран	1,9	1,9	Велика Британія	4,5	4,5
Італія	3	3	Інші країни	9,5	9,5
<b>Всього</b>				<b>118</b>	<b>120</b>

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Серед родовищ пісків і гравію виділяють алювіальні, льодовикові, морські, озерні, елювіальні, делювіальні, пролювіальні та еолові.

**Алювіальні** родовища найпоширеніші. Для них характерна видо-вжено-лінзоподібна форма покладів, довжина яких сягає декількох кілометрів при потужності до десятків метрів. Зерновий і мінеральний склад гравійно-піщаного матеріалу по розрізу, як правило, невітриманий. Сортуння уламкового матеріалу різне: найнижчий ступінь сортуння відмічається на гірських ділянках рік, а найвищий –

на рівнинах і в дельтах річок. Алювій гірських рік представлений переважно великоуламковим матеріалом, а в дельтах рівнинних річок відкладаються переважно піски та гравійно-піщані суміші.

**Льодовикові** родовища бувають флювіогляціальними та мореними. Флювіогляціальні (водно-льодовикові) родовища приурочені до специфічних форм льодовикового ландшафту – оз, камів, зандрових долин і рівнин. Уламковий матеріал представлений слабо обкатаними уламками та погано відсортований. Моренні (власне льодовикові) родовища характеризуються повною відсутністю сортування матеріалу й представлені переважно валунно-галечниковими відкладами.

**Морські та озерні** родовища поділяються на сучасні та давні (до четвертинні). Просторово вони приурочені до пляжів, морських і озерних кіс, берегових валів і донних відкладів, вирізняються хорошим сортуванням і обкатаністю матеріалу, відносно однорідним зерновим складом. Для родовищ пісків, що утворюються в зоні пляжу, характерна велика протяжність, що досягає десятків кілометрів. Родовища, пов'язані з озерними осадами, як правило, складені більш дрібнозернистими глинистими пісками, ніж родовища морського генезису і займають меншу площу.

**Елювіальні та делювіальні** родовища представлені покладами неправильної форми, непостійної потужності, складеними несорттованим і необкатаним матеріалом зі значним вмістом глинистих часток.

**Пролювіальні** родовища, поширені в гірських районах, також складені несорттованим і необкатаним матеріалом. Їх поклади займають великі площі, потужність – до десятків метрів.

**Еолові** родовища представлені дюнами та барханами, рідше – лінзоподібними покладами, складеними пісками, відносно рівномірного зернового складу (від дрібно- до середньозернистих, зі значною домішкою глинистого матеріалу). Еолові піски найкраще сортовані, великі за розміром зерна майже повною відсутні.

## Родовища України

Значні запаси піщано-гравійної суміші в Україні зосереджені в межах Передкарпатського крайового прогину, в західній частині УЩ, в Криму, пов'язані з алювіальними, делювіальними, флювіогляціальними та еоловими відкладами четвертинного віку, залягають у вигляді лінз, пластових покладів потужністю до 20–25 м на глибині до 3 м. Державним балансом враховано 47 родовищ піщано-гравійної суміші (9 великих, 9 середніх, 29 малих), балансові запаси яких за категоріями А+В+С<sub>1</sub> складають 273,5 млн м<sup>3</sup>, С<sub>2</sub> – 4,5 млн м<sup>3</sup>, позабалансові – 11 млн м<sup>3</sup>, що повністю задовольняє потреби України. Розробляється 13

родовищ із залишковими запасами (A+B+C<sub>1</sub>) 33 млн м<sup>3</sup>, C<sub>2</sub> – 0,6 млн м<sup>3</sup>. Розробка родовищ здійснюється відкритим способом підприємствами Держкорпорацій Укрбудматеріали, Укравтодор, Укראгропромбуд, Міністерства транспорту, комерційними структурами, річний видобуток складає 180–410 тис. м<sup>3</sup> (табл. 86).

Таблиця 86

Піщано-гравійна сировина України тис. м<sup>3</sup>

Область	Кількість родовищ		Запаси на 01.01.98		Видобуток, 1997 р.
	Всього	Розробляється	Всього	Розробляється	
<b>Піщано-гравійна суміш</b>					
АР Крим	1	1	3788	3788	65
Вінницька	1	1	1020	1020	-
Житомирська	1	-	10661	-	-
Закарпатська	1	-	3871	-	-
Івано-Франківська	9	2	24321	12807	31
Львівська	12	2	83561	16207	94
Одеська	1	1	25	25	-
Тернопільська	1	1	7114	7114	-
Хмельницька	1	-	5138	-	-
Чернівецька	13	3	124770	2145	63
<b>Всього</b>	<b>41</b>	<b>10</b>	<b>264269</b>	<b>42086</b>	<b>253</b>
<b>Пісок будівельний</b>					
АР Крим	1	1	9109	9109	216
Вінницька	22	3	40126	7786	52
Волинська	22	9	58659	19377	70
Дніпропетровська	12	3	285638	7175	354
Донецька	21	6	289416	114464	30
Житомирська	21	8	94342	75656	348
Закарпатська	4	2	28400	15823	-
Запорізька	7	1	56016	3741	61
Івано-Франківська	3	1	32742	4147	21
Київська	22	3	193071	97052	212
Кіровоградська	10	2	39765	5630	291
Луганська	13	3	114551	62439	495
Львівська	25	15	155094	112580	402
Миколаївська	18	4	97520	48641	159
Одеська	14	5	163686	72052	433
Полтавська	8	3	90962	16631	51
Рівненська	16	3	49966	4894	43
Сумська	10	5	100871	92988	124
Тернопільська	19	9	62749	24736	63
Харківська	20	7	179487	125457	298

Херсонська	9	3	190968	47560	91
Хмельницька	14	5	68785	28380	155
Черкаська	13	2	89268	21451	156
Чернігівська	9	1	92794	18733	-
Чернівецька	2	-	15219	-	-
<b>Всього</b>	<b>335</b>	<b>104</b>	<b>2599204</b>	<b>1036502</b>	<b>4125</b>
<b>Пісок для пісочниць локомотивів</b>					
Волинська	1	-	1412	-	-
Житомирська	2	-	4970	-	-
Луганська	1	-	866	-	-
Львівська	1	-	1125	-	-
Полтавська	1	1	3087	3087	39
Харківська	1	-	56	-	-
Херсонська	1	1	640	640	20
<b>Всього</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>12156</b>	<b>3727</b>	<b>59</b>
<b>Пісок для закладання</b>					
Донецька	1	-	100302	-	-
Запорізька	1	1	92493	92493	284
Кіровоградська	2	1	29612	28158	28
<b>Всього</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>222407</b>	<b>120651</b>	<b>312</b>

Найхарактернішими родовищами є: Самбірське, Любенцівське (Львівська область); Тарновицьке, Видинівське (Івано-Франківська); Сасикське (АР Крим) [35].

**Самбірське родовище** представлено піщано-гравійно-галечниковою сумішшю потужністю 3–12 м, до складу якої входять: пісок крупний (54 %), середній (33 %), дрібний і дуже дрібний (13 %), глина і пил (0,6–26 %), галька представлена пісковиками, аргілітами, кременями, вапняками, кварцом. За вмістом глини й пилу до 3 % пісок придатний для бетонів, до 10 % – для мурувальних розчинів, до 2 % – для штукатурних розчинів. Запаси сировини склали 16 млн м<sup>3</sup> (А+В+С<sub>1</sub>), залишок запасів на 01.01.2005 – 1,3 млн м<sup>3</sup>. Родовище розробляється КСП ім. П.Сагайдачного Мінагрополітики України.

На **Любинецькому родовищі** корисною копалиною є піщано-гравійна суміш, яка залягає у вигляді пласта потужністю 8,2–12,2 м. Гравій і валуни представлені пісковиками, кварцитами, кременем, вапняками й доломітами. Вміст гравію у суміші 60–77 %, піску – 23–40 %. Суміш можна використовувати для виготовлення баластного шару залізничної колії, будівництва автомобільних доріг, бетону марки „300”, асфальтно-бетонних сумішей, як наповнювач бетонів марки „200”. Запаси (А+В+С<sub>1</sub>) 11,6 млн м<sup>3</sup>, залишок запасів на 01.01.2005 – 7,5 млн м<sup>3</sup>. У 1964–93 рр. родовище розроблялось трестом „Західдорбудматеріали”.



На **Тарновицькому родовищі** корисною копалиною є голоценові алювіальні піщано-гравійно-галечниково-валунні відклади, складені округлими й видовженими добре обкатаними включеннями: валунів і гальки (34 %), гравію (44), піску (22). Потужність товщі 7,8–11,6 м, середня – 10,5 м. Розкривні породи відсутні. Пісок і відсів можуть бути використані як дрібні наповнювачі у бетон після промивки, щебінь – як крупний наповнювач у бетон, для будівництва доріг. Запаси за категоріями А+В+С<sub>1</sub> складають 11,4 млн м<sup>3</sup>, залишок запасів на 01.01.2005 – 9,5 млн м<sup>3</sup>. Родовище розробляється ВАТ „Надвірнянський кар’єр”, щорічний видобуток сировини складає 16,5 тис. м<sup>3</sup>.

На **Видинівському родовищі** корисною копалиною є гравійно-галечникові відклади середньою потужністю 4,2 м, складені валунами (0,1–2,6 %), гравієм і галькою (68,3–81,1 %), піском (16,6–31,1 %). Запаси (А+В+С<sub>1</sub>) складають 2,7 млн м<sup>3</sup>. Родовище не розробляється.

**Сасикське родовище** складено гравійно-піщаною товщею потужністю 4,–12,8 м (середня 5,57 м), складеною гравієм (21 %); піском дуже дрібним (5,7 %), дрібним (22,9), середнім (32,8), крупним (38,6); пилуватими і глинистими частками (4,5 %). Збагачена піщано-гравійна суміш може використовуватися як пісок будівельний, для виготовлення бетону. Запаси за категоріями В+С<sub>1</sub> склали 7 млн м<sup>3</sup>, залишок запасів на 01.01.2005 – 3,4 млн м<sup>3</sup>. Родовище розробляється ВАТ „Кримінвестбуд” держкорпорації „Укрбудматеріали”, щорічний видобуток 40 тис. м<sup>3</sup>.

## КВАРЦИТИ І КВАРЦИТОПОДІБНІ ПІСКОВИКИ

### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

Детальний опис кварцитів і кварцових пісковиків наведений в розділі 4 (“Сировина для металургії”), тут надаються лише данні відносно використання цього виду сировини як будівельного матеріалу. Властивості кварцитів і кварцових пісковиків визначаються чистотою їх хімічного складу, щільністю, структурою та іншими чинниками. Вони характеризуються дуже високим вмістом SiO<sub>2</sub> (до 95,99 %), високою вогнетривкістю (до 1710–1770°C), значною міцністю (до 1000–1500 · 10<sup>5</sup> Па). Якісні кварцити після обпалення при температурі близько 1400°C не кришаться й не розтріскуються, маючи ступінь водовбирання, що не перевищує 3–4 %, і позірну пористість 9–10 %. За значенням пористості кварцити поділяються на чотири групи (табл. 87).

Таблиця 87

**Класифікація кварцитів за значенням пористості**

Група	Водопоглинен-	Позірна порис-
Дуже щільні	До 0,5	До 1,2
Щільні	0,5–1,5	1,2–4,0
Пористі	1,5–4,0	4,0–10,0
Дуже пористі	Понад 4	Понад 10,0

Пісковики та кварцити у великих кількостях використовуються для будівництва, у виробництві динасу, силікоплавів, кремнію, як флюс, сировина для варива скла, з них виготовляють дефібрерні камені й жорна, гострильні камені й бруски, кислотривкі матеріали для хімічної промисловості. У будівництві кварцити і пісковики застосовуються для виробництва стінового каменю, буту, щебеню, брущатки, кварцити з красивим і витриманим забарвленням – для облицювальних робіт, як декоративний камінь [67]. Вимоги до якості каменю аналогічні вимогам до інших видів природних кам'яних матеріалів.

**Генетичні та геолого-промислові типи родовищ**

Родовища кварцитів відносяться до метаморфогенних, найпоширенішими є ті, що утворилися на початкових стадіях регіонального метаморфізму. Вони залягають серед різноманітних метаморфічних порід: глинистих, хлоритових, кременистих та інших сланців переважно докембрійського та ранньопалеозойського віку, однак, зустрічаються і серед молодших метаморфічних товщ. Для них характерна велика потужність пластів зі значною протяжністю. Родовища цього типу мають велике промислове значення. Кварцити можуть також утворюватися внаслідок гідротермально-метасоматичних перетворень кислих і середніх ефузивів, туфів, кислих інтрузивних порід.

**Родовища України**

В Україні відомі родовища кварцитів, (Овруцьке, Товкачівське, Малоскелюватське, Васильківське), запаси яких сягають понад 180 млн т, а також кварцитоподібного пісковіку (Баницьке) з запасами біля 10 млн т. Крім згаданих родовищ, які враховані Державним балансом запасів, нещодавно були розвідані Іванівське родовище кварцитів, запаси якого можуть сягати 100 млн т і Скосирське родовище пісковиків. Опис цих родовищ наведений в розділі 4.

## СИРОВИНА ДЛЯ ФАРФОРО-ФАЯНСОВОЇ ТА СКЛОРІБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Сировиною для фарфорово-фаянсової продукції є каоліни і польові шпати, а для скляної – кварц, кварцові піски, ріоліти [41–43, 62].

### КАОЛІН

#### Загальні відомості

Каолін – світла глиниста порода, яка складається переважно з каолініту, який утворився в результаті вивітрювання чи гідротермального перетворення польовошпатових порід. Назва походить від китайського "кау-лінг", тобто "високі гори", які дійсно є на сході від міста Цзиндечжень, де каолін уперше було видобуто, як вважається, у III ст. до н. е. Каолін становить собою продукт метасоматичного заміщення польовошпатових порід; в його складі різко переважає мінерал каолінит  $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ , що виділяється у вигляді щільних або землястих агрегатів. У природному каоліні завжди присутні кварц, залишки материнської породи, оксиди заліза та лужні метали.

#### Галузі використання і вимоги до сировини

Керамічна промисловість є одним з головних споживачів каоліну. Після очистки і збагачення він може використовуватися як сировина для фарфору і фаянсу, облицювальних плит, вогнетривів, як заповнювач для паперу, в електроніці, гумовій, хімічній промисловості, парфумерії тощо (табл. 88). Найважливішими якостями каоліну є його білий колір, висока дисперсність, хімічна інертність, низька абразивність. Вимоги до каоліну визначаються його призначенням, так, каолін, який використовується в кераміці, повинен вміщувати як можна більше глинозему і як можна менше – барвників і флюсів; у виробництві паперу – крім білого кольору каоліни повинні вміщувати певну кількість тонкого кварцу.

Для керамічної, паперової, хімічної (лінолеум, пластмаси, штучні тканини й шкіра) промисловості використовують збагачений каолін ((фракція менше 56 мкм) з вмістом каолініту 94-95 %, незначною домішкою кварцу і мусковіту, вмістом  $Fe_2O_3$  0,5–1,2%. Для виробництва скла, тонкої кераміки, абразивів, карбіду кремнію придатні відмиті

кварцові піски (фракція 0,6-2,5 мм) з вмістом  $\text{SiO}_2$  93–99,80,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,1–0,3%; для будівельних робіт – не відмиті піски з вмістом  $\text{SiO}_2 > 95\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до 1–1,5%.

## Економічні відомості

Світові запаси каолінів оцінюються в 14,8 млрд т; їх більша частина зосереджена в США (3,5), Великій Британії (1,8), Китаї (1,2), Україні (1,1), Бразилії (0,7), Австралії (0,55), Росії (0,4). Річний видобуток збагаченого каоліну в світі складає 21,5–23 млн т, основні виробники (тис. т): США, Велика Британія, Бразилія, Чехія, Китай, Південна Корея, Німеччина, Іспанія, Туреччина, Мексика, Україна (табл. 89). Експортери каоліну: США, Велика Британія, Бразилія, Китай, Чехія, Німеччина, Франція, Бельгія і Люксембург, Україна, Туреччина; імпортери – Фінляндія, Японія, Тайвань, Італія, Канада, Німеччина, Іспанія, Бельгія і Люксембург, Нідерланди, Швеція. Виробництво каоліну подвоюється через кожні 10–12 років; 15 % отриманого каоліну надходить на міжнародний ринок. Цікаво простежити за динамікою цін на каоліновий концентрат різного призначення (у фунтах стерлінгів за метричну тонну) (табл. 90).

**Таблиця 89**

### Видобуток каоліну, тис. т [70]

Країна	2000	2001	2002	2003	2004
Австралія	220	220	230	230	230
Австрія	50	50	50	50	50
Алжир	12	13	10	17	24
Аргентина	34	14	14	19	28
Бангладеш	8	8	8	8	8
Бельгія	300	300	300	300	300
Болгарія	150	150	160	170	170
Боснія і Герцеговина	-	13	7	-	-
Бразилія	1640	1734	1757	2081	2100
Бурунді	2	-	-	-	-
Велика Британія	2420	2400	2400	2400	2400
Венесуела	10	10	10	10	10
В'єтнам	520	600	600	650	650
Гватемала	-	-	-	1	2
Греція	60	60	60	60	60
Данія	3	3	3	3	3
Еквадор	11	7	8	9	9
Ерїтрея	1	1	-	-	-
Ефіопія	2	2	4	3	3

Єгипет	290	300	300	300	300
Ізраїль	13	-	-	-	-
Індія	690	710	710	730	730
Індонезія	15	15	15	15	15
Іран	850	806	810	800	850
Іспанія	365	350	350	350	350
Італія	10	10	10	10	10
Йорданія	37	38	41	179	216
Казахстан	70	70	70	70	70
Кенія	1	1	1	1	1
Киргизстан	200	200	237	381	400
Колумбія	8400	8500	8500	8500	8500
Малайзія	234	364	324	377	380
Мексика	532	682	745	798	800
Нігерія	166	209	200	200	210
Німеччина	3637	3764	3666	3467	3752
Нова Зеландія	16	15	16	16	16
Пакистан	50	50	50	50	50
ПАР	99	86	91	85	82
Парагвай	6	6	7	7	7
Перу	6	6	2	3	3
Південна Корея	2097	2384	2831	3103	2780
Польща	90	101	113	115	115
Португалія	175	175	175	175	175
Росія	45	45	45	45	45
Румунія	19	22	22	21	21
Сербія і Чорногорія	44	70	70	70	70
Словаччина	32	35	33	35	35
США	8800	8110	8010	7680	7760
Таїланд	201	168	127	185	185
Туреччина	595	574	372	370	400
Угорщина	77	8	4	5	5
Узбекистан	5300	5500	5500	5500	5500
Україна	225	225	225	225	225
Франція	300	300	300	300	300
Чехія	5573	5543	3650	4155	4000
Чилі	6	5	6	12	11
Шрі-Ланка	12	9	9	9	9
Японія	26	20	12	12	12
<b>Всього</b>	<b>44700</b>	<b>45100</b>	<b>43300</b>	<b>44400</b>	<b>44400</b>

Таблиця 90

## Ціни на каолін (фунти стерлінгів)

Час	Рафінований каолін			
	для наповнення	для покриття	керамічний	фарфоровий
Січень 1997 р.	50–75	75–120	40–80	80–125
Травень 1998 р.	50–75	75–120	40–80	80–125
Червень 1999 р.	50–75	80–120	60–90	90–130
Серпень 2000 р.	47–58	63–90	35–90	80–130

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Каоліни є типовими корисними копалинами, пов'язаними з кора-ми вивітрювання – континентальними геологічними формаціями, які накопичуються на земній поверхні в результаті фізико-хімічного, механічного і біохімічного перетворення (вивітрювання) гірських порід під дією атмосферних факторів, ґрунтових та інфільтраційних вод тощо. Головними факторами формування кір вивітрювання є кліматичні, геоморфологічні, геолого-структурні і гідрогеологічні умови, склад материнських порід і час формування. Найсприятливішими є умови теплового вологого клімату в тектонічно стабільних умовах на розчленованих пенепленизованих поверхнях. Склад останніх визначає профіль кори вивітрювання: каоліновий, бентонітовий, нонтронітовий, гібситовий, вермикулітовий і таке інше. Виділяються остаточні (первинні) і перевідкладені (вторинні) каоліни. Серед первинних каолінів основними геолого-промисловими підтипами є: елювіальний в корі вивітрювання (Просянівське родовище в Україні, родовища Карлововарського району Чехії); гідротермально-метасоматичний (родовища Тайшу в Японії, Берегівське в Україні); серед вторинних – перевідкладені продукти кори вивітрювання (Пологівське в Україні; родовища штату Джорджія в США); каолінвміщуючі піски (Болгарія, Росія); полігенні, представлені продуктами перемиву і перевідкладення кори вивітрювання і перекриваючих порід (Китай, Велика Британія, Узбекистан).

## Родовища України

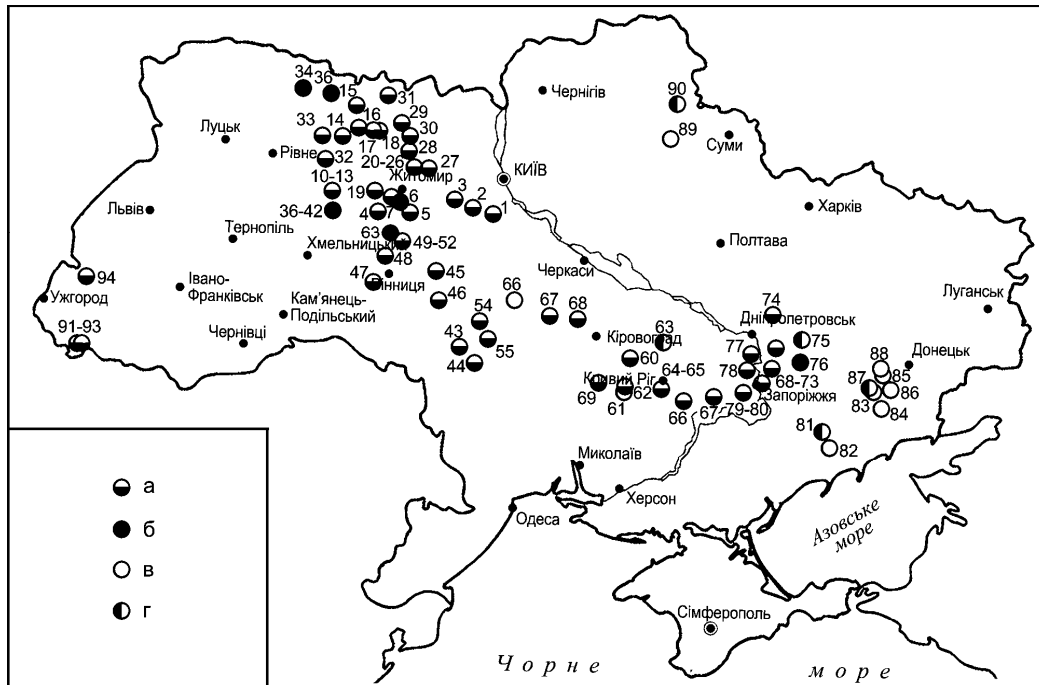
Родовища каоліну в Україні (біля 150) локалізовані на УЩ і його схилах, відомі в Закарпатті (Берегівське), ДДЗ (рис. 75) [4, 23, 34, 37, 53]. Вони відносяться до двох типів: первинні (основні і лужні) і вторинні. Державним балансом враховані запаси 35 родовищ каоліну, у тому числі первинного – 27, вторинного – 8, лужного – 4. Розробляється 25 родовищ, на 9 з них видобуток тимчасово припинений. Всього по Україні запаси каолінів (млн т) складають 1101 ( $A+B+C_1 - 437$ ,  $C_2 - 664$ ), з них первинні каоліни: основні – 933 ( $A+B+C_1 - 338$ ,  $C_2 - 595$ ); лужні – 91 ( $A+B+C_1 - 41$ ,  $C_2 - 50$ ); вторинні – 76 ( $A+B+C_1 - 58$ ,  $C_2 - 18$ ). У 2003 р. в Україні видобуто 1,7 млн т каоліну. За видобутком каоліну лідирують Дніпропетровська (305 тис. т) і Запорізька області (261), найменше його добувають Закарпатська (10) і Житомирська (34) області. Більша частина каоліну експортується (75-80%).

**Первинні каоліни** приурочені до кори вивітрювання докембрійських порід; їх поклади мають площадну, гніздову, карманоподібну та іншу форму, потужність від 1,4 м до 120 м (в середньому 10–40 м), вони знаходяться на глибині від 5 до 42 м, характеризується зональністю (знизу): строкаті глини – лужні каоліни – нормальні (основні) каоліни. За вмістом  $Al_2O_3$  виділяють нормально глиноземисті (в концентраціях  $Al_2O_3 < 39\%$ ) і підвищено глиноземисті ( $Al_2O_3 > 39\%$ );  $SiO_2$  – помірно кременисті (до 65–70 %) і кременисті (>70 %);  $K_2O$  – нормальні (основні) (<2 %) і лужні (>2 %). Державним балансом враховується 36 родовищ з балансовими запасами (млн т, на 01.01.2005 р.) за категорією  $A+B+C_1 - 459,5$ ,  $C_2 - 662$ , позабалансовими – 52,5, 22 з яких розробляються. Загальні ресурси первинних каолінів сягають 4,5 млрд т.

Запаси первинних каолінів по родовищах (млн т): Великогадомське – 311; Просянівське – 259; Глуховецьке – 217; Біляївське – 149; Білгородське – 309; Желівське – 241; Пологівське – 23,6; Володимирське – 21,8; Мурзинське – 19,3; Дібровське – 15,1; Чаусівське – 14,5; Турбівське – 6,9; Дерманківське – 4,4; Берегівське – 4,3; Бандурівське – 3,5; Буртинське – 3; Потіївське – 2; Катеринівське – 2; Майдан-Вільське – 1,3; Дубровське – 1,3; Новаки – 1,2; Купінське – 0,9; Судимонтське – 0,6; Концепольське – 0,5; Клесівське – 0,3; Урочище Старий Ліс – 0,2; Новаківське – 0,2; Шабарівське – 0,2; Полонське – 0,2; Остківське – 0,1 [35].

Збагачення каолінів здійснюється на Просянівському і Глуховецькому каолінових комбінатах і Турбівському каоліновому заводі, які розробляють 3 найкрупніші родовища первинних каолінів

Переважає більшість каолінових родовищ України відноситься до каолінової провінції УЩ, у межах якої виділяють чотири субпровінції.



**Рис. 75. Схематична карта поширення родовищ каоліну [35]**

а–б – родовища первинних каолінів, які не експлуатуються (а), експлуатуються (б); в–г – вторинних каолінів, які не експлуатуються (в), експлуатуються (г)

Родовища: 1 – Лозовиківське, 2 – Вербівське, 3 – Котельнянське, 4 – Дубищанське, 5 – Житомирське, 6 – Крошанське, 7 – Костянтинівське, 8 – Кам'янобродське, 9 – Шаберівське, 10 – Смоківське, 11 – Токарівське, 12 – Дубрівське, 13 – Пило-Курманське, 14 – Городницьке, 15 – Олевське, 16 – Купецьке, 17 – Чмельське, 18 – Королівське, 19 – Максимівське, 20 – Киянка, 21 – Колонія Крук, 22 – Олександрівське, 23 – Бражинське, 24 – Урочище Кошари, 25 – Добринське, 26 – Чоповицьке, 27 – Домолецьке, 28 – Шатрищенське, 29 – Чигиринське, 30 – Межирицьке, 31 – Черевківське (Житомирська обл.); 32 – Голичувське, 33 – Дерманівське, 34 – Клесівське, 35 – Остківське (Рівненська); 36 – Токарівське, 37 – Купинське, 38 – Новацьке, 39 – Майдан-Вільське, 40 – Буртинське, 41 – Староліське, 42 – Городнівське (Хмельницька); 43 – Сумовка, 44 – Березни, 45 – Райківське, 46 – Хреновське, 47 – Парпуровецьке, 48 – Турбівське, 49 – Самгородське, 50 – Збарож-Губіно, 51 – Германівське, 52 – Красне, 53 – Глуховецьке (Вінницька); 54 – Циберманівське, 55 – Уманське, 56 – Новоселицьке (Черкаська); 57 – Софіївське, 58 – Катеринівське, 59 – Шпільевське, 60 – Петровське (Кіровоградська); 61 – Христофорівське, 62 – Гейківське, 63 – П'ятихатське, 64 – Васильківське, 65 – Софіївське, 66 – Усть-Кам'янське, 67 – Томаківське, 68 – Хутір Бігма, 69 – Славгородське, 70 – Афанасіївське, 71 – Роздольське, 72 – Роздорське, 73 – Вишневецьке, 74 – Циганівське, 75 – Нікольське, 76 – Просянівське (Дніпропетровська); 77 – Белаське, 78 – Михайло-Левшино, 79 – Запорізьке, 80 – Івано-Аннівське, 81 – Пологівське, 82 – Конкські Роздори (Запорізька); 83 – Володарське, 84 – Бохарівське, 85 – Преображенське, 86 – Богородицьке, 87 – Володимирівське, 88 – Костянтинівське (Донецька); 89 – Руднівське, 90 – Глухівське (Сумська); 91 – Квасівське, 92 – Берегівське, 93 – Керецьке, 94 – Дубриницьке (Закарпатська)



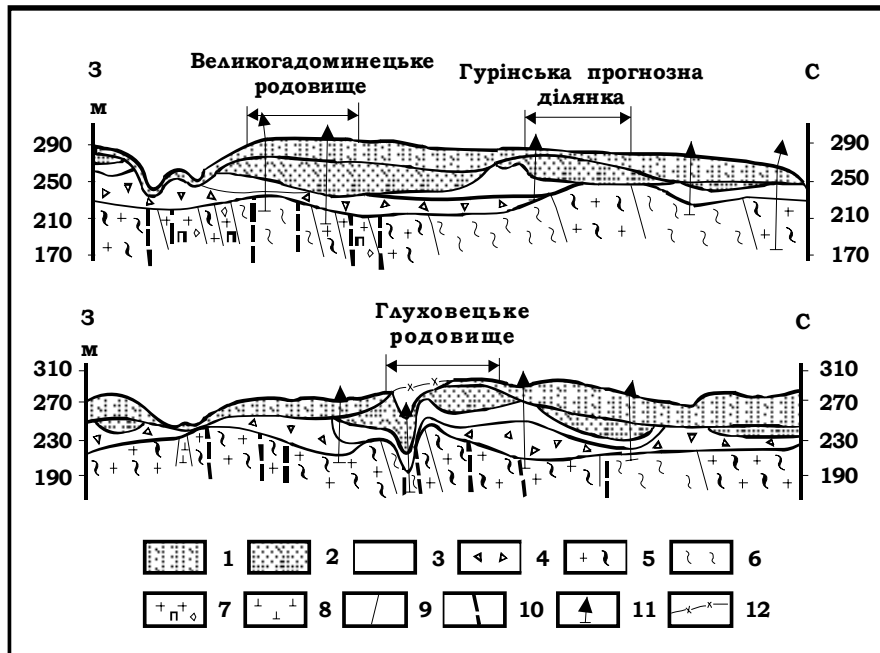
У Північно-Західній субпровінції каолини залягають під четвертинними відкладами. Розвідані родовища розташовуються на бердичівських гранітах і гранат-кордієритових гнейсах (Великогадоминецьке, Глуховецьке (рис. 76), Турбівське), рідше – на породах кіровоградського та житомирського комплексів, пегматоїдних гранітоїдах або основних породах. Каолини відрізняються підвищеним вмістом  $TiO_2$  і поширенням пеліканітизації; на мікроклінових гранітах розвиваються лужні каолини. Субпровінція поділяється на декілька районів, найбільші з яких Майдан-Вільсько-Дібровський і Турбівсько-Глуховецький.

**Великогадоминецьке** родовище розміщено на межі Вінницької та Житомирської областей, у 5 км північніше Глуховецького каолинового комбінату – найстарішого в Україні. Каолінізовані породи мають потужність 45–50 м, іноді на ділянках підвищеної тріщинуватості – до 90 м; зональну будову, причому верхня каолінітова зона поділяється на підзони нормальних (вгорі) і лужних (внизу) каолінів. Через невелику механічну міцність (0,3–0,6 МПа) ці каолини у виробництві тонкої кераміки та електрокераміки можуть застосовуватися лише як додаток до міцніших каолінів (наприклад, просянівських та ін.) у кількості від 20 до 50 %. Проте в багатьох інших галузях (наприклад, отримання високих сортів паперу, радіотехнічних виробів, стандартної гумової суміші, шин, білого спортивного взуття, кабельної гуми тощо) ця сировина може використовуватися. Родовище не розроблялося.

**Дібровська група родовищ** Житомирської області пов'язана з корами вивітрювання коростишівських порфіроподібних (часом пегматоїдних) та житомирських рівномірнозернистих гранітів та мігматитів. На цих породах поширені лужні каолини потужністю від 1,5 до 10 м і навіть більше, які перекриваються малопотужною товщею четвертинних пісків. Найцікавішими є лужні каолини на пегматоїдних коростишівських і середньозернистих житомирських гранітах. Піщана частина каолінізованих порід на 70–80 % складається з мікрокліну та кварцу з домішкою (5–10 %) крупнолускуватого мусковіту; вміст мікрокліну в каоліні-сирці 18–25 %, кварцу 30–40 %.

В Центральній субпровінції каолини залягають порівняно глибоко під неогеновими й палеогеновими відкладами, що містять горизонти перевідкладених каолінів. Часто трапляються первинні відміни з вільним глиноземом (до 15–20 %). У південній частині субпровінції на кіровоградських мікроклінових гранітах і пегматитах та на парагнейсах розповсюджені лужні каолини. У Наддніпрянській субпровінції каолини залягають під неогеновими й четвертинними суглинками на породах демуринського, мокромосковського та токівського комплексів, плагіогнейсах, гранодіоритах і плагіогранітах; трапляються лужні й

перевідкладені каоліни. Найбільші родовища знаходяться на Лівобережжі в Синельниківському й Просянівському районах.



**Рис. 76. Схематичні геологічні розрізи кори вивітрювання Глуховецько-Турбівського району**

1 – кайнозойські відклади; зони вивітрювання: 2 – каолінітів, 3 – гідрослюд, 4 – зона дезінтеграції; 5 – бердичівські граніти (тіньові мігматити), 6 – смугасті мігматити (бердичівські), 7 – граніти аплітпегматоїдні, 8 – піроксеніти, 9 – геологічні границі (а), розломи у фундаменті (б); 10 – бурові свердловини; 11 – денна поверхня 1901 р. на Глуховецькому родовищі.

**Просянівська група родовищ** лужних каолінів у Дніпропетровській області приурочена до порід мокромосковського та токівського комплексів. Розповсюджений лінійно-площинний тип каолінізованих порід, котрі перекриваються неогеновими піщано-глинистими, зрідка вапнистими відкладами; ще вище залягають горизонти четвертинних суглинків. Загальна потужність розкривних порід змінюється від перших метрів до 40–42 м. Середня потужність мікроклінвмісних каолінів 12 м (2–27 м); їх піщана частина (60 %) на 25–50 % представлена мікрокліном. Тільки в межах одного Західно-Дібрівського покладу на лужні каоліни припадає близько 30 млн т запасів.

В Приазовській субпровінції каоліни приурочені переважно до лінійних розломних зон, де через велику потужність вони краще збереглися від розмиву. Вихідні породи часто мають підвищену лужність,

тому поширені лужні каоліни; зустрічаються значні поклади перевідкладених каолінів (Полозьке, Володимирівське).

**Приазовська група родовищ** лужних каолінів у Донецькій області приурочена до кір вивітрювання каранських і катеринівських рожевих гранітів та мігматитів. Найбільш відомими родовищами є Мануїльське, Катеринівське та Біла Балка.

Поза межами УЩ відомі родовища перевідкладених каолінів (Глухівське, Сумська обл.) та гідротермально-метасоматичних каолінів, що асоціюють з алунітами (Закарпаття).

**Родовища вторинних каолінів** сконцентровані на УЩ: Новоселицьке, Кіровоградське, Пологівське, Володимирівське, Мурзинське, Обознівське, балансові запаси яких по  $A+B+C_1$  дорівнюють 73,8 млн т,  $C_2$  – 19,9 млн т. Прогнозні ресурси вторинних каолінів – 653 млн т.

**Новоселицьке родовище** в Черкаській області представлено двома пластами вторинних каолінів. Промислове значення має нижній підвугільний пласт потужністю 5 м, потужність покрівлі – 35 м. Родовище експлуатується більше 80 років, зараз тут видобувається близько 220 тис. т на рік. Затвердженні запаси промислових категорій (20,9 млн т) в проектному контурі діючого кар'єру практично вироблені, а відпрацювання резервної ділянки (4 млн т) недоцільне внаслідок малих запасів і низької якості сировини. Відпрацьований поклад родовища мав унікально високу якість, сировину використовували для виготовлення дуже цінних шамотних виробів.

У зв'язку з вичерпанням запасів Ватутінський завод вже більше 10 років відпрацьовує розташоване поряд **Мурзинське** родовище ( $A+B+C_1$  – 29 млн т,  $C_2$  – 3,2 млн т), річний видобуток нині – 584 тис. т, але тут якість сировини значно гірша, для високоякісних виробів вона взагалі непридатна. Тому ведеться детальна розвідка **Рижанівського** родовища з сировиною високої якості, але з великою потужністю покрівлі, де передбачається приріст запасів близько 20 млн т.

В Звенигородській депресії, поблизу Ватутінського заводу розвідані **Звенигородське** ( $C_1$  – 21 млн т) і **Озерське** (45 млн т) родовища. Якість каолінів цих родовищ невисока, а на Озерському родовищі ще й велика потужність покрівлі (62 м). В останній час виявлені нові ділянки з високоякісною сировиною (Балашівська, Панчівська, Гудзівська, Залізнянська).

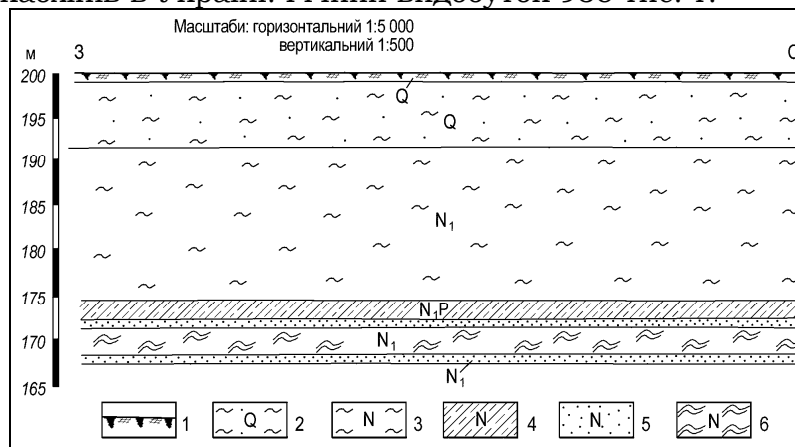
**Пищицьке родовище** в Сквирському районі Київської області складено нижньокрейдовими каолінами, запаси яких за категоріями  $C_1+C_2$  складають 48,2 млн т, середня потужність покрівлі – 33 м. Тут високосортні каоліни часто перемежуються з низькосортними.

**Кіровоградське родовище** представляє пластовий поклад в глинах бучацької світи потужністю 0,4–17,3 м, перекритий товщею піс-

ків, суглинків і глин потужністю 3–49 м. Каоліни представлені 5-ма сортами, серед яких є високоглиноземистий різновид з  $Al_2O_3+TiO_2$  – 27–45 %,  $Fe_2O_3$  – 1,8–3,0 %. Вогнетривкість 1670–1770°C. Родовище є сировинною базою Кіровоградського рудоуправління, яке крім нього розробляє **Обознівське** і **П'ятихатське** родовища. Запаси першочергових ділянок Кіровоградського родовища практично вироблені, залишок запасів Обознівського родовища (8,3 млн т) забезпечує підприємство запасами не більше ніж на 15 років, тому планується розвідка **Панчівського** родовища з високою якістю вторинних каолінів.

**Пологівське родовище** представлене пластом (3,7 м) каолінітових темно-сірих вогнетривких глин, перекритих пластами (0,2–20 м) „чистих” білих каолінів. Середня глибина залягання покладу 30–40 м. Глини в основному малозалізисті ( $Fe_2O_3$  – 0,6–1,3 %); високоглиноземисті ( $SiO_2$  – 46,4–54,5 %;  $TiO_2$  – 0,8–1,2 %;  $Al_2O_3$  – 32,9–45,5 %;  $Fe_2O_3$  – 0,6–4,5 %), вогнетривкість 1670–1750°C. Родовище розробляється Приазовським рудоуправлінням, річний видобуток 804 тис. т. Запасами підприємство забезпечене на 20 років. Приріст запасів (20 млн т) можливий за рахунок детальної розвідки флангів родовища.

**Володимирівське родовище** (рис. 77) в Донецькій області представлено пластами і лінзами каолінів потужністю 0,2–17,0 м (середня 3,8), що залягають на глибині 2,5–35,2 м. Каоліни неоднорідні за забарвленням і складом, низько- і середньодисперсні, виділяються різновиди: білі, однорідні, щільні; сірі, світло- і жовто-сірі, щільні; темно-сірі, строкаті, плямисті. За запасами це найкрупніше родовище вторинних каолінів в Україні. Річний видобуток 935 тис. т.



**Рис. 77. Геологічний розріз Володимирівського родовища [35]**

1 – ґрунтово-рослинний шар; 2 – суглинок четвертинний; 3 – глина неогенового віку; 4 – пісковик глинистий; 5 – пісок; 6 – вторинний каолін.

# ПОЛЬОВОШПАТОВА СИРОВИНА

## Загальні відомості

Польові шпати – каркасні алюмосилікати К, Na, Ca, Ba, які, як правило знаходяться в ізоморфних сумішах у вигляді твердих розчинів чи утворюють тонкі кристалічні зростки у вигляді пертитів і антипертитів. Назва польового шпату пов'язана, з одного боку, з грецьким "спате" – пластина, а з іншого – з постійними знахідками в польових умовах; термін використовується із середини XVIII ст. Польові шпати (калієві та кислі плагіоклази) застосовуються найбільше як фарфоро-фаянсова та склоробна сировина; деякі відміни розглядаються як облицювальні матеріали, виробний та напівкоштовний каміння. Вони є найпоширенішими породоутворюючими мінералами верхньої частини літосфери, складаючи близько половини її маси: приблизно 60 % обсягу магматичних гірських порід і найголовніші компоненти пегматитів, гнейсів, багатьох кристалічних сланців, різноманітних метасоматитів, а також деяких осадових порід.

## Галузі використання і вимоги до сировини

У керамічній, фарфоро-фаянсовій, скляній, електротехнічній, абразивній промисловості, у виробництві електрозварювальних електродів і таке інше використовують, головним чином, польовий шпат і пегматит. Керамічна промисловість потребує понад 40 % польовошпатової сировини, що добувається; скляна – понад 50 %, решта використовується для іншої мети.

У керамічній промисловості польовий шпат та пегматит забезпечують необхідне спікання керамічних мас. Для виготовлення електрокераміки та художнього фарфору головним джерелом польовошпатової сировини є велико- й гігантозернисті пегматити, головним чином, мікроклінового складу; при виробництві грубої кераміки використовують і інші види польовошпатової сировини.

Найжорсткіші вимоги висувають до польовошпатової сировини, що використовується для виробництва електроізоляторів, особливо до вмісту в ній  $K_2O$  і  $Na_2O$  та їх співвідношення, тому що ці величини визначають електрофізичні характеристики ізоляторів. Для виготовлення ізоляторного фарфору потрібна польовошпатовая сировина з величиною відношення  $K_2O/Na_2O$  не менше 3. Для електрокераміки регламентується також вміст  $CaO$ ,  $MgO$  та заліза, які є шкідливими домішками.

Для виготовлення скла потрібні калієві польові шпати. Оксид калію знижує здатність скла до кристалізації, збільшує його в'язкість, хімічну стійкість, додає склу блиску. Позитивну дію на якість справляє також  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Присутність у скломасі  $\text{Al}_2\text{O}_3$  зменшує коефіцієнт лінійного розширення скла, збільшує його хімічну стійкість, поліпшує механічну міцність і збільшує твердість. Шкідливою домішкою є залізо.

Польовошпатова та кварц-польовошпатова сировина використовується у виробництві емалей, фарфорової поливи, в абразивній промисловості; вимоги до неї регламентуються або держстандартами, або технічними умовами.

Практичне значення для керамічної промисловості мають калієві різновиди польових шпатів – мікроклін і ортоклаз, меншою мірою – альбіт і олігоклаз. Найважливішою якістю польовошпатової сировини є високі вмісти луг і глинозему. Завдяки високому вмісту лугів ( $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O} \sim 10\%$ ) польові шпати за температури  $1100\text{--}1400^\circ\text{C}$  розчиняють усі компоненти керамічної суміші (кварц і збагачений каолін), котра твердне з утворенням молочно-білого скла – спеченого керамічного матеріалу (фарфору або фаянсу). Алюміній, що міститься в польовому шпаті, надає кераміці міцності в результаті кристалізацій після випалювання ( $900\text{--}1000^\circ\text{C}$ ) голчастого муліту ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ). Для потреб керамічної промисловості найбільш придатними є калієві польові шпати, оскільки вони плавляться на великому інтервалі температур, що сприяє виділенню газової фази й утворенню монолітного щільного фарфору. До шкідливих домішок у польових шпатах відносяться гідроксиди заліза, біотит, пірит та інші залізовмісні мінерали, котрі обумовлюють зниження білизни та електроізоляційних властивостей фарфорових виробів і викликають утворення "мушки" в процесі випалювання. Небажаною є також присутність будь-яких інших мінералів, що ускладнює дозування компонентів керамічної шихти. Якість польових шпатів для потреб керамічної промисловості регламентується відповідними стандартами.

У виробництві скла до шихти, як правило, додають глинозем у вигляді польового шпату, що забезпечує збільшення в'язкості, термічної стійкості скла та зменшення схильності до кристалізації. Склоробна промисловість споживає більшу частину (до  $2/3$ ) польовошпатової сировини, решта припадає, головним чином, на керамічне виробництво. Щорічно у світі використовується понад 3 млн т польового шпату, з яких половина – у США.

Польовошпатові піски в деяких випадках також використовуються як керамічна сировина. Наприклад, у США (Каліфорнія) розробляються дюнні піски, що складаються з польового шпату (50 %) і кварцу. Уламковий польовий шпат видобувають у Чехії, де він приурочений

до нижньоплейстоценових пісків та гравію в терасах р. Лужнице. Не-  
доліком покладів польових шпатів у товщах уламкових порід є необ-  
хідність збагачення, часто досить трудомісткого.

Останнім часом нарівні з польовим шпатом і пегматитом викорис-  
товують інші калійвмісні породи, так зване "фарфорове каміння", се-  
рицитизований апліт та деякі ріоліти (багаті на К).

## Економічні відомості

Світові запаси і ресурси польовошпатової сировини за масштаба-  
ми в цілому і в окремих країнах дуже значні. Вони враховані по 102  
країнах світу (млн т): Білорусь (337), Росія (115), Чехія (65), Філіппіни  
(50), Узбекистан (37), Україна (9), Ефіопія (7). Світовий видобуток  
складає 15 млн т: Італія, Китай, Туреччина, Японія, США, Таїланд,  
Франція, Іспанія, Чехія (табл. 91). Провідні експортери: Туреччина,  
Китай, Таїланд, Франція, Індія, Італія, Іран, Німеччина, Чехія та ін.;  
імпортери – Італія, Тайвань, Іспанія, Польща, Португалія, Німеччина,  
Франція, Бельгія, Білорусь, Україна, Великобританія, Єгипет, Словач-  
чина, Румунія.

Середня ціна польового шпату на ринках США (\$/т) складала:  
2001 р. – 55; 2002 р. – 54; 2003 р. – 54; 2004 р. – 57; 2005 р. – 58;  
2006 р. – 57 [70, 71].

**Таблиця 91**

**Видобуток польового шпату, тис. т [71]**

Країна	Видобуток		Країна	Видобуток	
	2005	2006		2005	2006
Венесуела	180	180	Польща	300	320
Єгипет	350	350	Португалія	120	125
Індія	150	180	США	750	760
Іран	250	250	Таїланд	1000	1000
Іспанія	450	450	Туреччина	2200	2500
Італія	2500	2500	Франція	650	650
Колумбія	100	100	Чехія	400	450
Мексика	350	450	Японія	1000	1000
Німеччина	500	500	Інші країни	1110	1000
Південна Корея	540	500	<b>Всього</b>	<b>12900</b>	<b>13300</b>

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Найбільше значення для виробництва польовошпатової сировини  
мають гранітні пегматити, граніти і нефелінові сіеніти, кислі вулкані-  
чні породи, польовошпатові піски і пісковики, кори вивітрювання,

лужні каоліни, польовошпатові відходи при збагаченні лужних первинних каолінів.

Гранітні пегматити використовуються для отримання польових шпатів з давніх часів, тому що крупні розміри кристалів полегшують їх відокремлення вручну. Незважаючи на постійне останнім часом зниження частки пегматитів у балансі видобутку цього виду сировини, вони зберігають важливе економічне значення. Один із класів пегматитової групи родовищ так і називається – керамічні пегматити. Регіональні пояси пегматитів протяжністю від сотень до тисяч кілометрів з великими родовищами польових шпатів розташовані в Північній і Південній Америці, Південній Африці, Азії (Сибір, Індостан, Гіндукуш, Малайзія), Австралії; в Європі пегматити відомі в Росії (Кольський півострів, Карелія), Фінляндії, Норвегії, Великій Британії, Франції, Німеччині, Чехії, Румунії.

Умови виникнення таких родовищ добре відомі й описані в численних підручниках з геології корисних копалин. Зупинимося тільки на характеристиці так званих "лужних каолінів" як важливого джерела видобутку польових шпатів для керамічного виробництва. Ці утворення слід віднести до польовошпатових інтрузивних порід, які втім зазнали істотних метасоматичних трансформацій і становлять окрему зону в колонці глинистих змін. На думку фахівців, лужні каоліни слід розглядати як найперспективніший тип родовищ висококалієвої сировини.

У процесі глинистих перетворень вихідних порід з проміжною за інтенсивністю змін зони виносяться шкідливі з точки зору виробництва кераміки домішки: оксиди заліза, кальцію, магнію та частково натрію, й одночасно відбувається накопичення калію. Макроскопічно лужний мікроклінвмісний каолін має вигляд сірувато-білої пухкої породи з білими кристалами польових шпатів, псевдоморфно заміщених агрегатом дисперсного каолініту; зрідка трапляються лусочки серициту чи гідробіотиту. Структура породи реліктова (гранітна, пегматитова або мігматитова). Породоутворюючі мінерали лужних каолінів (кварц, каолін і мікроклін) є, разом з невеликою кількістю вогнетривкої глини як зв'язувального матеріалу, головними компонентами керамічної шихти – шлікера. Калієвий модуль у вихідних гранітах близький до 1, а в лужних каолінах він часто зростає до 10 і більше й не опускається нижче 4–5. Мікроклінові концентрати, які отримують за різними схемами збагачення, відрізняються однорідним складом, великою сумою лугів, калієвим модулем, низьким вмістом лужноземельних металів та оксидів-барвників; за якісними параметрами вони набагато ліпші за блоковий мікроклін з пегматитів.



Польовошпатові інтрузивні породи поступово набувають все більшого значення як джерело польовошпатової сировини для керамічної промисловості. Найчастіше з цією метою розробляються гранітоїди (лейкократові граніти, аляскіти, альбітизовані граніти, апліти, фельзити тощо) та лужні породи (нефелінові сієніти, міаскіти тощо) як свіжі, так і метасоматично перетворені. Подібні утворення мають значне поширення, тому згадаємо тільки об'єкти, що експлуатуються. Лейкократові граніти – Такоб (Таджикистан), Режик (Урал); аляскіти – Сприс-Пайн (США); альбітити – Аскоран (Казахстан); двослюдяні граніти – Лянгар (Узбекистан); апліти – Кире-Кей (Туреччина); нефелінові сієніти – Блу-Маунтин (Канада), Кольський півострів (Росія), о. Схйорне (Норвегія) та багато інших. Каолінізовані й серицитизовані інтрузивні породи розробляються як керамічна сировина на півострові Корнуол в Англії (змінений граніт, "корнішстоун" – корнуольський камінь, містить 24–34 % ортоклаз-пертиту), на родовищах Щеблув і Собутка в Польщі, Чалган і Гусівське на Далекому Сході Росії.

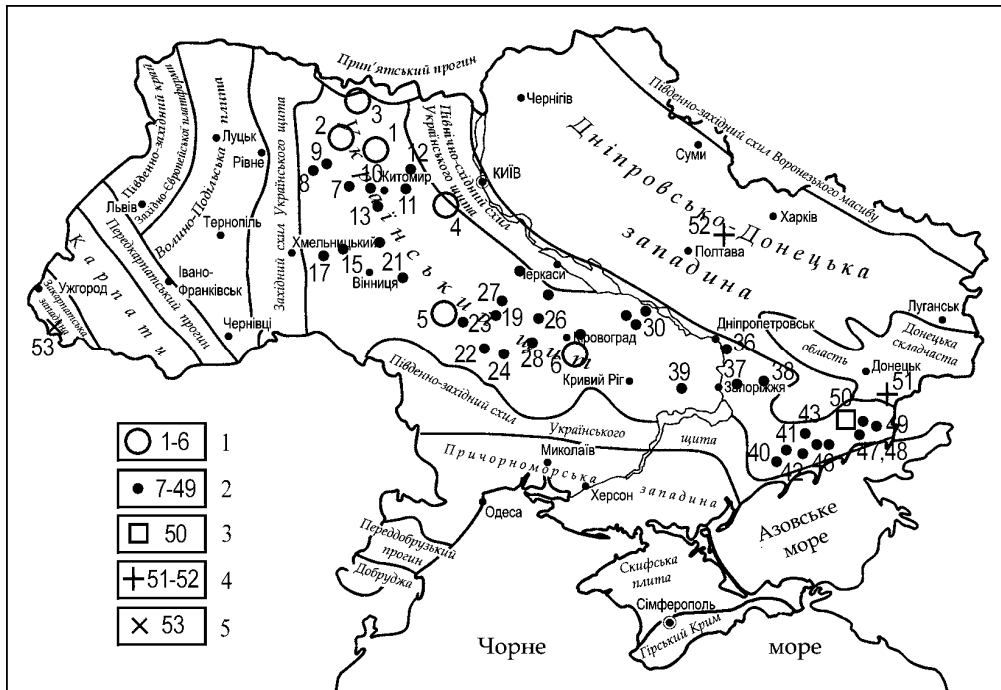
За масштабами запасів (млн т) родовища польовошпатової сировини поділяються на унікальні >12; крупні 8–12; середні 4–8; дрібні – до 4; дуже дрібні – менше 4.

## Родовища України

Україна є однією з найперспективніших країн світу відносно польовошпатової сировини, за видобутком польового шпату займає 39-е місце у світі, тут відомий цілий ряд розвіданих родовищ, але існує значний дефіцит польовошпатової сировини, яка завозиться з Росії, Узбекистану, Казахстану та ін. в кількості близько 100 тис. т щорічно. Тут функціонує багато фарфоро-фаянсових, електроізоляторних, керамічних, скляних і інших підприємств – споживачів польовошпатової сировини [6, 37, 46, 68].

Загальні запаси польовошпатової сировини України дорівнюють 9,1 млн т, державним балансом враховано 8 родовищ (7 пегматитових і 1 мікрогранодіоритове), запаси яких складають (тис. т): А+В+С<sub>1</sub> – 7467; С<sub>2</sub> – 1634, у тому числі пегматитів по А+В+С<sub>1</sub> – 7393; С<sub>2</sub> – 1596; мікрогранодіоритів по А+В+С<sub>1</sub> – 74; С<sub>2</sub> – 38. Розробляються 3 родовища пегматитів (Гризльовецьке в Житомирській області, Балка Великого Табору в Запорізькій, Більчаківське в Рівненській) і 1 – мікрогранодіоритів (в Закарпатській області) із сумарним рівнем видобутку 13 тис. т (2003 р.).

Головні геолого-промислові типи родовищ польовошпатової сировини України (рис. 78): *гранітні пегматити* (Полонно-Баранівське, Малинське, Житомирське, Гризливцецьке в Житомирській області;



**Рис. 78. Схема розташування родовищ польвошпатової сировини [35]**  
 1 – граніти: (1 – коростенські; 2 – кишино-жубровицькі; 3 – осницькі; 4 – фастівські; 5 – побузькі; 6 – кіровоградсько-бобринецькі); 2 – пегматити: (пегматитові поля: 7 – Полонно-Баранівське; 8 – Корецьке; 9 – Городницьке; 10 – Житомирське; 11 – Коростишівське; 12 – Кочерово-Забілочівське; 13 – Чудново-Бердичівське; 14 – Остропольське; 15 – Хмельницьке; 16 – Жмеринське; 17 – Летичівське; 18 – Яблонево-Володарське; 19 – Уманське; 20 – Богуславське; 21 – Липовецько-Ільїнецьке; 22 – Савранське; 23 – Середньобузьке; 24 – Первомайське; 25 – Смілянське; 26 – Новомиргородське; 27 – Тальнівське; 28 – Новоукраїнське; 29 – Кіровоградське; 30 – Кременчуцьке; 31 – Олександрійське; 32 – Жовторіченське; 33 – Інгулецьке; 34 – Комендантівське; 35 – Базавлуцьке; 36 – Дніпропетровське; 37 – Запорізьке; 38 – Сурсько-Михайлівське; 39 – Томаківське; 40 – Єлисеївське; 41 – Андріївське; 42 – Родіонівське; 43 – Федорівське; 44 – Мануїльське; 45 – Катеринівське; 46 – Кам'яногомільське; 47 – Октябрське; 48 – Валі-Тарамське; 49 – Анадольське та Грузько-Єланчицьке); 3 – нефелінові сієніти: (50 – Октябрський масив); 4 – польвошпатові піски і пісковики: (51 – Південний Донбас; 52 – ДДЗ); 5 – мікрогранодіорити та фарфорове каміння: (53 – родовища Берегівське, Добринецьке, Вергель)

Єлисеївське, Гуляйпільське, Андріївське – в Запорізькій; Більчаківське, Корецьке, Городницьке – в Рівненській; області: Краснівське, Анадольське – в Донецькій; Майдано-Лабунівське – в Хмельницькій та ін.); каоліни (Дубровське в Житомирській, Великогадомінецьке, Глу-

ховецьке, Турбівське на границі Вінницької і Житомирської областей, Просяньське в Дніпропетровській, Мануїльське, Катеринівське, Біла Балка – в Донецькій, Глухівське в Сумській); *гранітоїди* (Кіровоградський, Побузький, Житомирський, Осницький, Фастівський, Коростенський та ін. комплекси і масиви); *нефелінові сієніти* (Мазурівське, Кадино-Шевченківське, Валі-Тарама і інші родовища); *польовошпатові піски і пісковики* (ДДЗ, Донбас); *нетрадиційна польовошпатово сировина* (плагіоклазити, мікроклініти, плагіоклаз-мікроклінові породи, альбітити, польовошпатові метасоматити, анортозити тощо); *техногенна польовошпатово сировина*. На УЩ виявлено близько 20 тис проявів пегматитів, які розташовуються в межах 67 пегматитових полів *Волинського* (Полонно-Баранівське, Городницьке, Корецьке, Коростишівське, Кочерівсько-Забілоцьке, Житомирське, Теснівське, Новоград-Волинське, Шепетівське, Барашівське, Малинське, Володарськ-Теснівське, Ігнатпільське, Глинянське); *Дністровсько-Бузького* (Корнінське, Чудново-Бердичівське, Адамівсько-Новоселівське, Павленківське, Остропільське, Хмельницьке, Летичівське, Маньківське, Жмеринське, Липовецько-Ільїнецьке, Соболівське, Джулинське, Савранське, Середньобузьке і Першотравневе); *Росинсько-Тікицького* (Яблунево-Володарське, Богуславське, Уманське); *Інгульського* (Смілянське, Новомиргородське, Тальнівське, Новоукраїнське, Кіровоградське, Кременчуцьке, Олександрійське, Жовторіченське, Інгулецьке); *Середньопрідніпровського* (Комендантівське, Деріївське, Базавлуцьке, Дніпропетровське, Сурсько-Михайлівське, Запорізьке, Томаківське); *Приазовського* (Єлисеївське, Андріївське, Токмачанське, Салтичанське, Родіонівське, Федорівське, Куйбишівське, Мануїльське, Катеринівське, Кам'яномогильське, Малоянісольське, Берестовсько-Темрюцьке, Волноваське, Октябрське, Кальміуське, Грузько-Єланчинське, Валі-Тарамське, Анадольське, Павлопільське) блоків.

**Полонно-Баранівське поле** в північно-західній частині УЩ представлене пегматитами, які залягають серед біотитових і амфібол-біотитових гнейсів тетерівської серії, об'єднує ряд перспективних ділянок (біля населених пунктів Баранівка, Стара Гута, Ульха, Марківка, Глибочка, Понінки, Полонне).

Пегматит є рожево-світло-сірою, рідше рожевуватою та червонуватою породою з пегматоїдною, гранітною, графічною структурою. Співвідношення головних породоутворюючих мінералів мінливе: мікроклін 20–90 % (середнє – 61 %), кварц 15–45 % (22 %), плагіоклаз 0–45 % (14 %), мусковіт 0–5 %, біотит до 1 %; вторинні – серицит, каолін, хлорит; акцесорні – поодинокі зерна циркону. Контакт з гнейсами чіткий; в ендоконтактовій зоні пегматитового тіла трапляються світло-сірі, інколи рожеві дрібно- й середньозернисті граніт-апліти.

Пегматити розташовані серед гнейсів у вигляді згідної міжшарової ін'єкції, котрій властиве чергування розширень і звужень, відносяться до конкордатно-ін'єкційних утворень. У розрізі тіло пегматитів міняє як за потужністю, так і за конфігурацією; потужність змінюється від десятків сантиметрів до 30 м, становлячи в середньому 8,3 м. Пегматит складається з декількох подібних за хімічним складом відмін (табл. 92), що відрізняються структурними особливостями.

**Таблиця 92**

**Різновиди пегматитів**

Пегматити	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
З графічною структурою	73,39	14,24	0,27	0,02	0,36	0,11	8,97	2,34
З пегматоїдною структурою	75,26	13,84	0,45	0,03	0,72	0,21	5,98	3,15
Граніт-апліт	74,02	14,20	0,81	0,05	0,99	0,34	5,39	3,90

Гідрогеологічні умови сприятливі для розробки родовища, оскільки поширений тільки один водоносний горизонт ґрунтово-тріщинуватого типу у верхній частині зони вивітрювання кристалічних порід. Середня потужність розкривної товщі становить 4,6 м, що дозволяє проводити експлуатацію відкритим способом.

В Баранівському районі на базі місцевих сировинних ресурсів (польовий шпат, каолін, пісок) працюють Баранівський фарфоровий (один з найбільших в Україні, заснований у 1802 р.), Довбиський фарфоровий, Кам'янобрідський електротехнічного фарфору та Мар'янівський склоробний заводи.

**Єлусеївське поле** Приазов'я об'єднує родовища Зелена Могила, Дальня Камчатка, Нижня Камчатка, Балка Глибока, Балка Великого Табору. Вони представлені пегматитовими і аплітовими жилами протяжністю 90–165 м, потужністю 17–90 м.

**Андрійське поле** об'єднує родовища Кам'яна Скеля і Червона Гора, які складаються з пегматитових жил, протяжністю до 200–500 м, потужністю до 20–60 м.

Останнім часом великого економічного значення набули родовища вогнетривких і тугоплавких глин у Донбасі. Акціонерні товариства, що експлуатують родовища Дружківської групи, є основними постачальниками сировини для радіокерамічної, фарфоро-фаянсової, скляної та інших галузей промисловості України та зарубіжжя. Дисперсність, висока спіктивість і механічна міцність, низький вміст оксидів-барвників та органічних речовин, білий колір цих глин при випалюванні забезпечують можливість їх використання у виробництві кахлів методом одноразового експрес-випалювання; запаси сировини становлять сотні мільйонів тонн.

# КВАРЦОВА СИРОВИНА

## Загальні відомості

Для виробництва скла, керамічних та вогнетривких виробів, феросиліцію, металічного кремнію придатна так звана кварцова сировина, яка об'єднує різні за походженням утворення, загальним для яких є суттєво кварцовий склад: жильний, пегматитовий і сеграційний кварц, кварцити, вторинні кварцити, вулканічні опаліти, діатомові землі, кварцові пісковики і піски, ріоліти і таке інше.

Назва кварцу, як гадають, походить від нім. "*Quererz*", що у давнину позначали поперечні січні жили, або, можливо, від прикметника "твердий" – "кварді", "тверди" – у західнослов'янських мовах. Колись кристали кварцу розглядалися як особлива форма льоду. Оскільки лід грецькою "кристалос", то звідси "гірський кришталь" та "кристал".

До кварцової сировини відносяться жильний і пегматитовий кварц, кварцити, кремені [27], діатоміти, кварцові піски та гравій за умови вмісту  $\text{SiO}_2$  не менше 96 %. Ця сировина застосовується нарівні з іншими галузями також у склоробному та керамічному виробництві. Головним компонентом робочої маси для виробництва скла є кварцовий пісок, а для особливо чистих різновидів застосовується гірський кришталь та зернистий кварц; крім того, до шихти додають у тій чи іншій кількості доломіт, вапняк, польовий шпат, каолін, різноманітні мікродомішки.

Скло має численні цінні властивості: стійкий опір руйнуванню під дією атмосферних та кліматичних агентів, термічну стійкість, низьку електропровідність, характерні оптичні (прозорість, заломлення й дисперсія світла) та механічні (твердість 5–7, опір розтягненню та стисканню 6–12 МПа, вигину 1–2,5 МПа) показники. Скло є винятково привабливим технічним матеріалом не тільки завдяки цим особливостям, але й тому, що легко піддається різноманітним способам формування й обробки. Його можна відливати, видувати, зварювати, прокатувати, пресувати, витягувати, металізувати, шліфувати, полірувати, обточувати, різати, свердлити, фрезувати, травити й полірувати кислотою, полірувати, різати й загартовувати термічним шляхом. Скло використовується в промисловому, житловому й транспортному будівництві, харчовій, лісовій, хімічній, медичній, електротехнічній, приладобудівній та інших галузях промисловості.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Загальна вимога до цього виду сировини – вміст  $\text{SiO}_2$  повинен бути не менш 95 %. Оскільки кварцовий пісок є одним з головних компонентів більшості різновидів скла (тарне, віконне, оптичне та ін.), до сировини існує ряд вимог. В залежності від сортності скла пісок повинен вміщувати від 95 до 99,8 %  $\text{SiO}_2$ , не більш 0,012-0,3 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , не більш 0,05-0,1 %  $\text{TiO}_2$ , мати однорідний гранулометричний склад в межах 0,1-0,5 мм. Нерідко для досягнення потрібних кондицій здійснюється збагачення піску – розсів, відмучування, відтірка, флотація, промивка, інколи магнітна сепарація та обробка кислотою.

Виготовляються різні види скляної продукції, котрі об'єднуються в такі номенклатурні підгрупи: скло листове (віконне, дзеркальне тощо), посудне ґатункове (у тому числі кришталеве), пляшкове, тарне, хіміко-лабораторне, медичне, термометричне, жаростійке, оптичне, електровакуумне. Найчастіше й у найбільших кількостях для отримання різноманітних відмін і ґатунків скла (їх налічується багато десятків, якщо не сотень) використовують кварцові піски, котрі в природному вигляді, а частіше після деякої обробки, відповідають вимогам скло-робної промисловості. Оскільки кварцовий пісок становить 60-80 % скляної маси, то його особливості й визначають технологію виробництва та якість готової продукції. Велике значення мають гранулометрія сировини, що впливає на умови плавлення (оптимальний розмір уламкових частинок 0,1-0,3 мм), та її хімічний склад (вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  не повинен перевищувати 0,04 % для посудного й листового, 0,013 % для безбарвного та 0,008 % для оптичного скла). Істотним є також розташування шкідливих домішок у породі (заліза, хрому, каолініту) – усередині чи на поверхні кварцових зерен. В останньому випадку механічна адгезія становить серйозну проблему, оскільки навіть інтенсивне промивання не завжди дає бажаний результат, а внутрішні включення взагалі не можуть бути видаленими без руйнування зерен. У пісках для виробництва вищих ґатунків скла (дзеркального, оптичного) вміст  $\text{SiO}_2$  має бути не менше 99,8-99,3 %, а вміст домішок не більше:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,012-0,025 %,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  0,001 % і  $\text{TiO}_2$  0,05-0,10 %. Деякі з елементів-домішок відіграють ту чи іншу роль у варіаціях властивостей скла: Zn – зменшує температуру плавлення, Sr – збільшує об'ємну вагу, Zr і Ge – підвищують світлозаломлення, В – запобігає корозії, Ве і Р – полегшують проникність ультрафіолетових променів, Cd і В – поглинають повільні нейтрони, Li – поліпшує стійкість телевізійних катодних трубок до нагрівання. У пісках для виробництва темнозбарвленого пляшкового скла, ізоляторів, скляної вати тощо вміст кремнезему може бути нижчим, а оксидів заліза вищим.

Не менш жорсткі вимоги існують і до формовочних пісків, оскільки вони, не деформуючись, повинні витримувати високу температуру заливки. Вміст  $\text{SiO}_2$  повинний бути не менш 90–98,5 %, а  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – не більш 0,2–1,5 % для різних класів, вміст глинистих часток та мулу не повинний перевищувати 1–2 %, в деяких випадках – до 5–10 %, вогнетривкість повинна складати 1340–1500<sup>0</sup>, гранулометричний склад повинен бути однорідним.

Для виробництва скла як карбонатна сировина можуть використовуватися вапняки, крейда, мармур і доломіти. Основною вимогою промисловості в такому випадку є сталість хімічного складу та невисокий вміст шкідливих домішок (оксиди заліза, титану, марганцю та хрому). Найчастіше якість карбонатних порід для склоробної промисловості регламентується технічними умовами на конкретних родовищах.

Крім того у виробництві масових сортів скла застосовується кальцинована сода, котру з 1874 р. отримують переважно у процесі Сольве на хімічних заводах –  $\text{NaCl}$  обробляється  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$  під тиском 0,3–0,4 МПа з отриманням  $\text{NaHCO}_3$  і  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , після чого  $\text{NaHCO}_3$  прожарюється до утворення  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Використовують також природні сульфати натрію: тенардит (на честь французького хіміка Л.Ж.Тенара) –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  і мірабіліт (від лат. *mirabilis* – дивний; синонім "глауберова сіль" – за іменем німецького хіміка XVII ст. Глаубера) –  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Сульфат натрію, який отримують з ропи, повинен містити не більше 3,5 % домішок для 1-го ґатунку, 6 % для 2-го та 10 % для 3-го.

## Економічні відомості

Річна світова продукція кремнезему оцінюється в 120–150 млн т, найбільше видобувають США (27–28 млн т); Німеччина, Франція, Австралія і Іспанія (по 6–7 млн т); Велика Британія, Нідерланди, Бразилія, Італія, Бельгія, Канада, ПАР, Австралія (по 2–4 млн т), Китай, країни СНД. Продукція Канаді в 2004 р. склала 2,6 млн т.

Ціна кварцових пісків у 2004 р. на ринках США становила 14–44 \$/т, пісків для металургійного флюсу – 7,10, гравелітів – від 9,20 для неметалургійних флюсів до 42,22 для фільтраційних сумішів; формувальних пісків – 77,61; пісків, заповнювачів для фарб і гуми – 67,28; пісків для фільтрів басейнів для плавання – 66,96; керамічних пісків – 55,16; цементних пісків – 47,72; шліфувальних пісків – 46,78; пісків для водних фільтрів – 42,73; пісків для гідравлічного розмиву – 41,26 [70].

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Головними типами родовищ кварцу є гідротермальні жили та пегматити. Значні ресурси кварцу зосереджені в Росії, Бразилії, Китаї, США, Швейцарії, Великій Британії, Шотландії, Австралії, В'єтнамі, Мадагаскарі, ПАР, Замбії, Зімбабве, Мексиці, Франції, Уругваї, Індії та інших країнах. Там же здійснюється і видобуток жильного кварцу. Дорогоцінні різновиди кварцу (гірський кришталь, аметист, цитрин) видобувають у Бразилії, Замбії, Зімбабве, Росії, Індії, Франції, на Мадагаскарі тощо.

Жильна кварцова сировина поки що в Україні не видобувається, хоча тут відомі родовища і прояви кварцу, річна потреба в якому складає понад 2000 тонн, яка задовольняється за рахунок імпорту з Росії. Це обумовлює доцільність інтенсифікації робіт щодо створення власної мінерально-сировинної бази жильного кварцу.

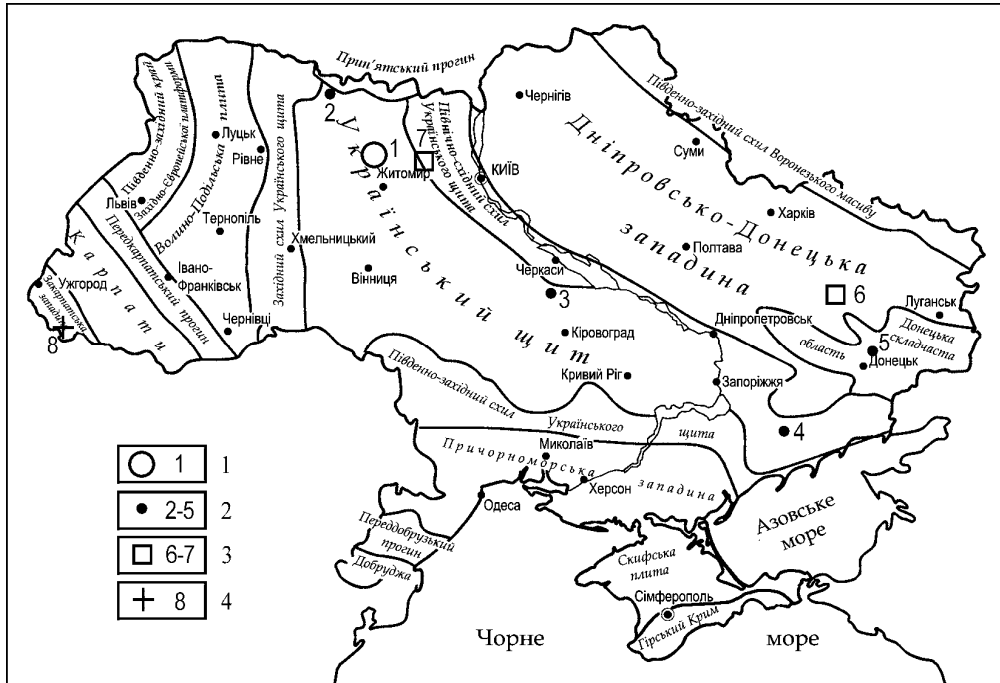
Родовища пісків поділяються на алювіальні, льодовикові, морські, озерні, елювіальні, делювіальні, пролювіальні і еолові. Мінералогічний склад кварцових пісків, складених найбільш стійким компонентом, вказує на їх зрілість, що може бути обумовлене або значною відстанню переносу (як вважає Ф.Дж.Петтиджон), або (на думку М.М.Страхова) процесом розмиву давніх кір вивітрювання на платформах в умовах пенеплену, який існує довгий час. Останню думку підтримує і В.П.Петров [45], який вважає, що кварцові піски є продуктом розмиву лінійних кір вивітрювання гранітоїдів в умовах денудованих площ вирівнювання, коли здійснюється диференційоване підняття частини регіону з амплітудою меншою за потужність каолінової кори вивітрювання.

Саме тому піски для виробництва скла найбільше поширені на платформах. Чисті кварцові піски нагромаджуються у внутрішніх частинах платформ у зонах слабких підняттях та в неглибоких морських басейнах, що до них прилягають, де уламковий матеріал багаторазово перемивається й перевідкладається. Численні високоякісні родовища кварцових пісків розвідані на Східноєвропейській платформі: в її центральній частині, на південному схилі Балтійського щита, у Середньому та Нижньому Поволжі й в Україні.

### Родовища України

В Україні **жильний кварц** розповсюджений переважно в межах УЩ і Донбасу (рис. 79).





**Рис. 79. Схема розташування родовищ сировини для скляної промисловості [35]:**

1 – кварц із камерних пегматитів: (1 – Волинське); 2 – кварцові жили: (2 – Ленчинський прояв; 3 – Арсенівський; 4 – Скляна гора; 5 – прояви Донецько-го басейну); 3 – пісок кварцовий (6 – Гусарівське; 7 – Білокриницьке, Кодринське); 4 – ріоліт (8 – Андріївське)

Одним з найважливіших джерел кварцової сировини є **Волинське родовище камерних пегматитів**. Основна маса кристалів кварцу приурочена до заноришів, де вони знаходяться в пухкому або щільному агрегаті, складеному з окремих кристалів, їх зростків, уламків кварцу і польових шпатів, зцементованих опалом, халцедоном, кварцом, глиною. Розміри кристалів різні. Поряд з дрібними індивідами (частки або перші сантиметри), зустрічаються гігантські кристали масою 10 тонн і більше, розміром до 2-3 м. Більшість кристалів мають зональну або зонально-секторіальну будову.

Крім цього родовища на Волині відома значна кількість кварцових жил протяжністю до 100 м, потужністю до 20–30 м (Ленчинський, Броніславський та ін. прояви). Прояви кварцю відомі у Приазовському (Скляна Гора), Інгульському (Арсенівський), Середньопридніпровському (Апостолівський) блоках УЩ, в Донбасі.

**Ленчинський прояв** локалізований серед порід осницького комплексу, являє собою потужне тіло розміром 90 × 50 м, складене напів-

прозорим до склоподібного, подекуди молочно-білого кварцу, прогнозні ресурси якого становлять 585 тис. т.

**Арсенівський прояв** представлений великим кварцовим тілом серед гранітів Корсунь-Новомиргородського плутону протяжністю 700 м з прогнозними ресурсами 2100 тис. т.

**Прояв Скляна Гора** – крупна кварцова жила довжиною 500 м, потужністю 50 м. Кварц ясно-сірий, слабо прозорий, масивний, містить включення польових шпатів, турмаліну, мусковіту, прогнозні ресурси кварцю – перші мільйони тонн.

**Кварцовий пісок** є одним з головних різновидів кварцової сировини [28]. Кварцові піски в Україні пов'язані переважно з трьома епохами короутворення: палеогеновою, олігоцен-міоценовою та пліоцен-четвертинною. Піски першої епохи належать до товщ, які датуються початком палеогену (датського ярусу), палеоценом, еоценом, олігоценом. До олігоцен-міоценової епохи короутворення відносяться піски кінця олігоцену, міоцену та більшої частини пліоцену, до куйальницького ярусу включно.

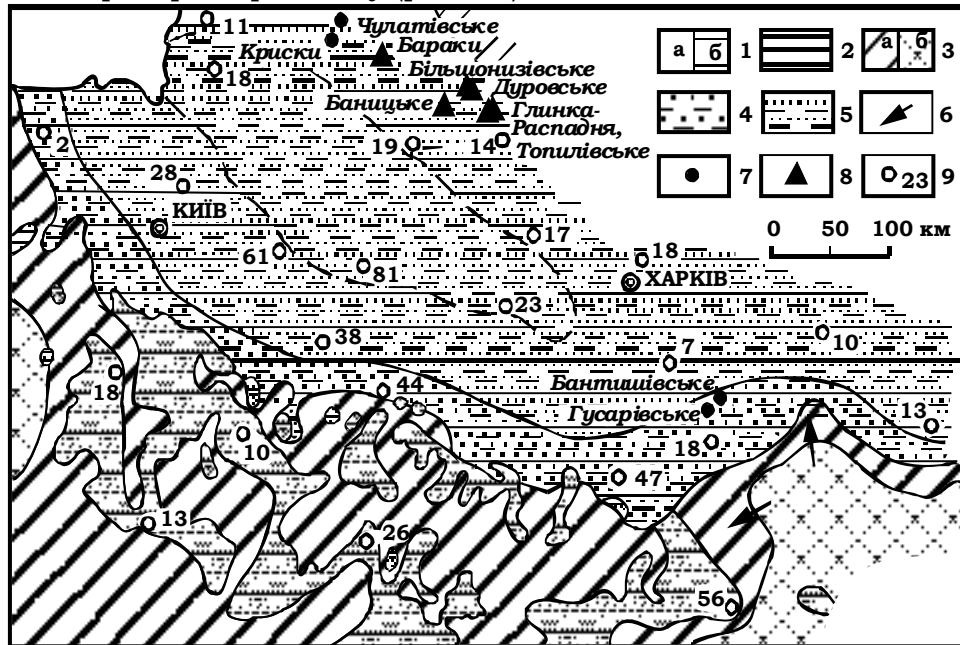
Всього відомо 29 родовищ сировини для виробництва скла із запасами 253 млн т. Динаміка видобутку за останні 40 років має такий вигляд (рік – млн т): 1960 – 1,1, 1970 – 1,9, 1980 – 2,6, 1991 – 2,9, 1997 – 0,9.

До найважливіших родовищ відносяться Авдіївське та Новомихайлівське в Донецькій області, Гусарівське, Новоселівське та Берестовеньківське в Харківській, Великогібовицьке та Волошинське у Львівській і **Папірянське** в Чернігівській областях.

**Палеогенова епоха.** У Дніпровсько-Донецькій западині пісками палеоцен-еоценового часу складена значна частина розрізу канівської серії. Майже всюди піски поховані під молодшими відкладами, які зустрічаються у відслоненнях у басейні р. Дон і в середній течії Дніпра в м. Канів. Піски відклалися в морських умовах. Вони дрібнозернисті, алевритисті. Мінеральний склад їх, за даними М.М.Клюшнікова та Н.М.Баранової, характеризується вмістом 70–95 % кварцу, до 10–15 % польового шпату, завжди в них присутній глауконіт. Скляною промисловістю вони не використовуються.

Іншим стратиграфічним рівнем, до якого приурочені кварцові піски, що пов'язані з палеогеновою епохою короутворення, є бучацька серія, яка розвинена на півдні платформи, представлена континентальними й морськими утвореннями. Континентальні відклади виповнюють депресії в кристалічному фундаменті, є нижнім горизонтом палеогену. Залягання бучацьких відкладів безпосередньо під четвертинним покривом спостерігається в басейні р. Дніпро, на півдні Хар-

ківської області, в районі м. Пологи, а також у долинах річок північної частини території їх розвитку (рис. 80).



**Рис. 80. Літолого-палеогеографічна схема східної частини України в середньому міоцені (бучацький вік), за Л.Н.Лотманом, В.Т. Сябряєм**  
 1 – море (а – глибоке, б – мілке); 2 – рівнина низька акумулятивна; 3 – плато (а – низьке, б – високе); 4 – піщано-глинисті відклади (з вклученням тіл кварцитів); 5 – чергування пісків крупно-середньозернистих з глинами; 6 – напрям зносу уламкового матеріалу; 7–8 – родовища (7 – кварцових пісків, 8 – кварцитів); 9 – свердловини і повна потужність осадків, м

Різнозернистими кварцовими пісками складена низка родовищ бучацького віку: Гусарівське, Бантишівське, Мілерівське та ін. Хімічний склад пісків, %:  $\text{SiO}_2$  – 90,9–99,4;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,3–2,8;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,01–1,50. Значна розбіжність складу залежить, головним чином, від середньої кількості глинистого матеріалу.

Важливе значення мають також піски, приурочені до харківської серії початку олігоцену. Вони дрібнозернисті, є типовими морськими осадками, які вміщують значну кількість глауконіту. Однак при вивітрюванні останній розкладається, і піски стають кварцовими, перевідкладаються і харківська серія в більшості районів є джерелом кварцового матеріалу пісків полтавської серії. Поділ харківських і полтавських відкладів проводиться умовно. Харківськими пісками складено багато родовищ: Трудівське, Полозьке, Матвієво-Курганське та ін. Для

хімічного складу пісків характерний вміст, %:  $\text{SiO}_2$  – 80,1–99,4;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,5–5,0;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – сліди–7,3.

Державним балансом запасів враховане **Гусарівське родовище** в Харківській області. Продуктивна товща бучацької світи палеогену представлена грубозернистими кварцовими, слабо глинистими пісками, які утворюють порівняно однорідне, субгоризонтальне тіло протяжністю до 3 км, потужністю від 5,0 до 24,5 м. Потужність покривних порід (тонкозернисті глинисті глауконіто-кварцові піски харківської світи), коливається від 6,3 м до 52,8 м (середня 20,9 м). Запаси кварцового піску за категоріями А+В+С<sub>1</sub> складають 26,4 млн т; супутніх глин за категорією С<sub>1</sub> – 1,6 млн т (потужність 12,8 м), С<sub>2</sub> – 50,5 млн т (потужність 12,7 м); глауконіт-кварцових глинистих пісків – за категорією В – 6,3 млн т (потужність 12,8 м), С<sub>1</sub> – 7,6 млн т (потужність 11,6 м), С<sub>2</sub> – 15,8 млн т (потужність 11,8 м); суглинків – 69 млн т (потужність 11,6 м). Родовище відпрацьовується ВАТ „Гусарівський ГЗК”, у 2002 р. видобуто 59 тис. т піску абразивного.

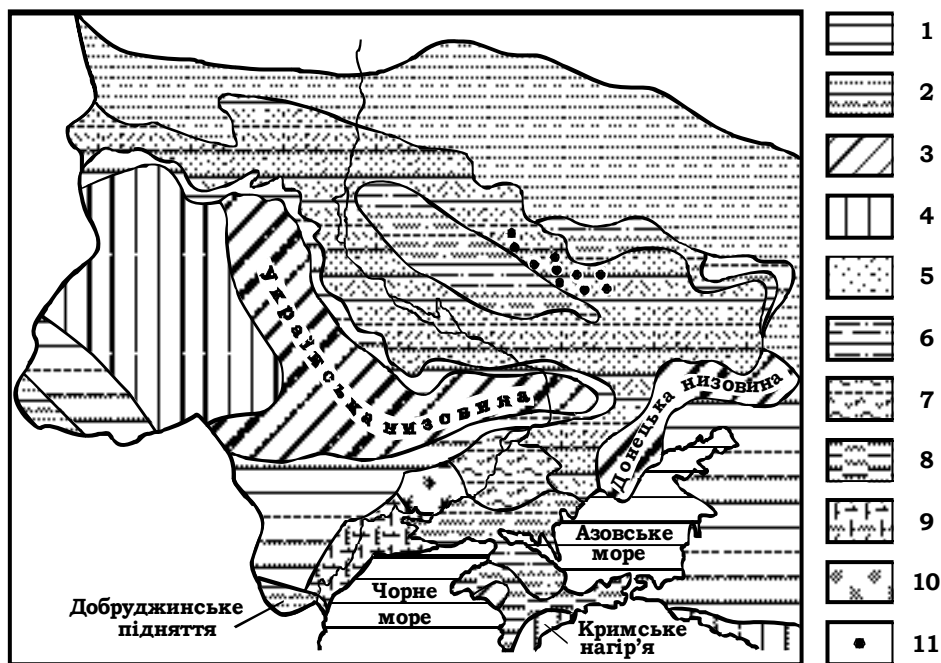
Крім цього на Волині відомі Білокриницьке і Кодринське родовища алювіальних і флювіогляціальних кварцових пісків, які використовуються Тетерівським скловарним заводом.

**З олігоцен-міоценовою епохою** пов'язані кварцові піски полтавської серії, які складають поліфаціальний елювіально-осадовий комплекс відкладів, в якому піски відіграють домінуючу роль (рис. 81). Головне поширення олігоцен-міоценові відклади мають на території прогину Великого Донбасу, але простежуються на північний схід і північ далеко за його межами. Полтавська серія підстеляється харківською через горизонт елювію, який складається глинисто-кварцовими утвореннями з різним вмістом глауконіту.

Піски полтавської серії кварцові, дрібнозернисті, складаються із задовільно і добре сортованого, але погано обкатаного матеріалу. Відклади цієї серії є репером олігоцен-міоценової епохи короутворення. Родовища пісків полтавської серії численні, у межах ДДЗ до них відносяться Новоселівське, Авдіївське, Часов'ярське, Трудовське та ін. Для хімічного складу цих пісків є характерним вміст, %:  $\text{SiO}_2$  – 90,2–99,1;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,13–3,53;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,28 і менше.

**Авдіївське родовище** є основним постачальником пісків для склоробних заводів України. Воно розташовано в Ясинуватському районі Харківської області, експлуатується з 1944 р. Приурочено до палеогенових (харківська світа), неогенових (полтавська світа) й четвертинних відкладів. Кварцові піски полтавської світи, що поділяються на верхньо- та нижньополтавські верстви, складають корисну товщу. Нижньополтавські верстви представлені кварцовими рівномірно-дрібнозернистими пісками, у нижній частині водоносними. Порода

шарувата, місцями плямиста; забарвлення світле чи біле з жовтуватим відтінком. Гранулометричний склад, %: вміст фракції розміром понад 0,5 мм – від 0 до 0,46; 0,5–0,25 мм – 0,1–9,7; 0,25–0,1 мм – 90,20–99,46; менше 0,1 мм – 0,01–10,58. Хімічний склад, %:  $\text{SiO}_2$  – 97,28;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,66;  $\text{TiO}_2$  – сліди;  $\text{CaO}$  – 0,18;  $\text{MgO}$  – 0,06;  $\text{MnO}$  – сліди; в.п.п. – 0,56. Основна маса піску складається з безбарвних кутастих і кутасто-обкатаних зерен кварцу. Трапляються поодинокі лусочки мусковіту, зерна калієвих польових шпатів, карбонатів, халцедону. Для важкої фракції провідною є силіманіт-кіанітова (до 40–50 %) асоціація, менше тут рутилу, циркону, турмаліну, ставроліту, андалузиту, тремоліту, хлориту.



**Рис. 81. Літолого-палеогеографічна схема південно-західної частини Східноєвропейської платформи в олігоцен-міоцені (полтавський вік)**  
 1 – море, 2 – рівнина прибережна, 3 – рівнина низинна, акумулятивна, 4 – рівнинне підняття і плато, 5 – піски, 6 – чергування пісків з алевритами, 7 – чергування пісків з глинами, 8 – алеврити, 9 – чергування алевритів з пісками і глинами, 10 – чергування глин з пісками і алевритами, 11 – родовища кварцових пісків

Верхньополтавські верстви складені різнозернистими залізистими кварцовими пісками, у верхній частині глинистими, інтенсивно забарвленими в бурі кольори. Вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,53 %, у той час як у нижній

піщаній товщі тільки 0,20 %. Гранулометричний склад пісків, %: вміст фракції розміром більше 0,5 мм – 0–7,65; 0,5–0,25 мм – 0,1–51,56; 0,25–0,1 мм – 5–90; менше 0,1 мм – 0,1–21,7. Хімічний склад, %:  $\text{SiO}_2$  – 98,04;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,04;  $\text{TiO}_2$  – сліди;  $\text{MgO}$  – 0,05;  $\text{CaO}$  – 0,13;  $\text{MnO}$  – сліди; в.п.п. – 0,35.

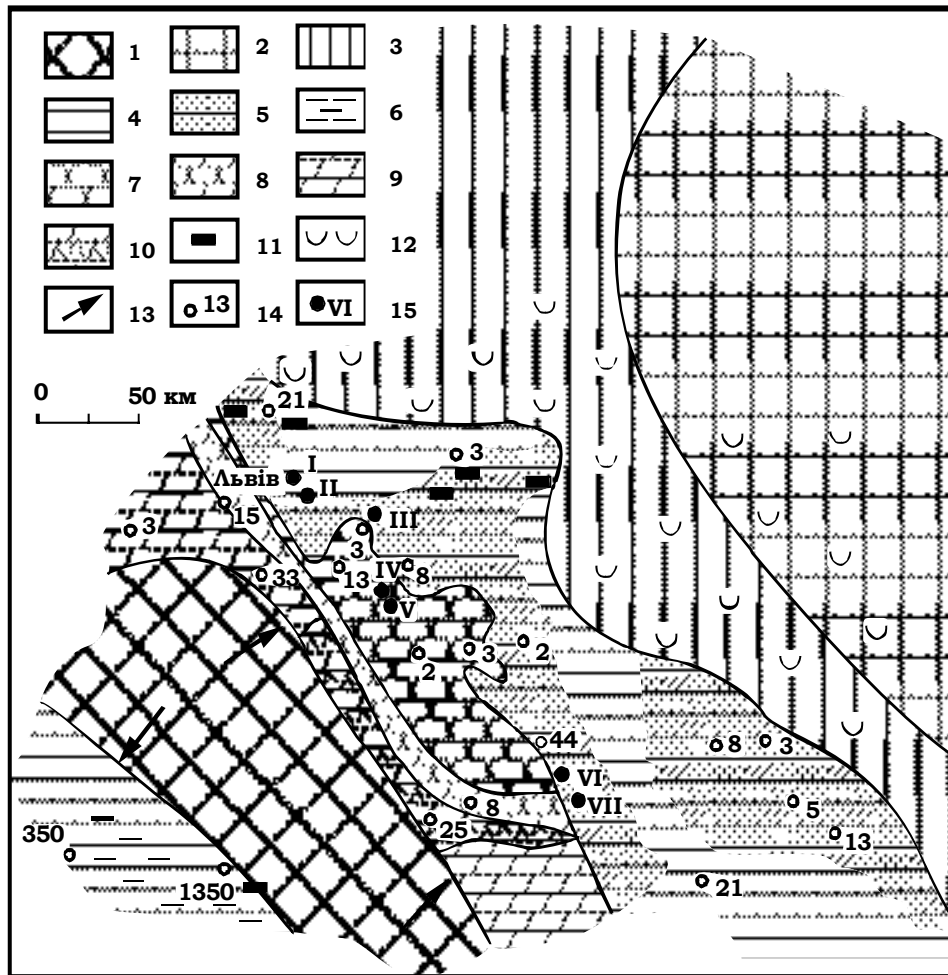
Загальна потужність полтавських пісків, котрі утворюють на родовищі пластоподібний поклад, у середньому 22,89 м. Максимальна потужність (до 40 м) спостерігається в центральній частині площі.

В Причорноморській западині відомі численні родовища кварцових пісків. Вік їх переважно неогеновий – сарматський, меотичний, куяльницький і понтичний. Піски сарматського ярусу представлені родовищами Оріхівським, Березнеговатим та ін.; меотичного – Хاپривським, Саперниківським та ін. Піски, як правило, дрібнозернисті з хімічним складом, %:  $\text{SiO}_2$  – 88,6–97,7;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,13–2,62;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,06–0,52. Значний інтерес викликають піски балтської світи. Куяльницький ярус складається кварцовими пісками в Присивашші та по лівобережжю Дніпра. За даними Г.І.Молявка та І.Г.Підоплічка, піски відносяться до алювіальних фацій. Відомі родовища, які відносяться до цієї товщі: Миколаївське, Каїрівське та ін. Піски куяльницького ярусу головним чином дрібнозернисті із вмістом, %:  $\text{SiO}_2$  – 93–99;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,3–2,9;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,1–2,0.

На території Криму, на Керченському півострові, заслуговують на увагу піски сарматські та кімерійські. Вони дрібнозернисті, хімічний склад, %:  $\text{SiO}_2$  – 96,6–97,1;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – до 1,2;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – до 0,3.

У Передкарпатті продуктивним на кварцові піски є головним чином опольський горизонт раннього тортону (рис. 82). З ним пов'язані Великоглібовицьке, Воронецьке, Задвірське, Старосільське та інші родовища велико-, середньо- та дрібнозернистих пісків. Вміст кварцу в них 86–95, польових шпатів – до 12 %, завжди присутній глауконіт. Хімічний склад, %:  $\text{SiO}_2$  – 87–97;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,1–1,3;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,01–1,16.

**Великоглібовицьке родовище** розташовано за 2–3 км на схід від залізничної станції Бобрка-Хлібовиця й села Великі Глібовичі. Корисною копалиною є мономінеральні кварцові піски тортонського ярусу міоцену, що залягають на верхньокрейдових мергелях і перекриваються літотамнієвими вапняками та четвертинними суглинками. Потужність корисної копалини – 8,15–13,05 м, а розкривних порід 3,0–15,2 м (у середньому – 9,28 м). Гідрогеологічні умови сприятливі, оскільки ґрунтові води залягають на 8–10 м нижче від подошви кар'єру. Корисна товща представлена дрібнозернистими (у верхній частині – крупнозернистими) кварцовими пісками світло-сірого кольору з верствами жовтуватих і зеленкуватих; вона поділяється на два горизонти – верхній з пісками 1-го ґатунку та нижній – 2-го ґатунку.

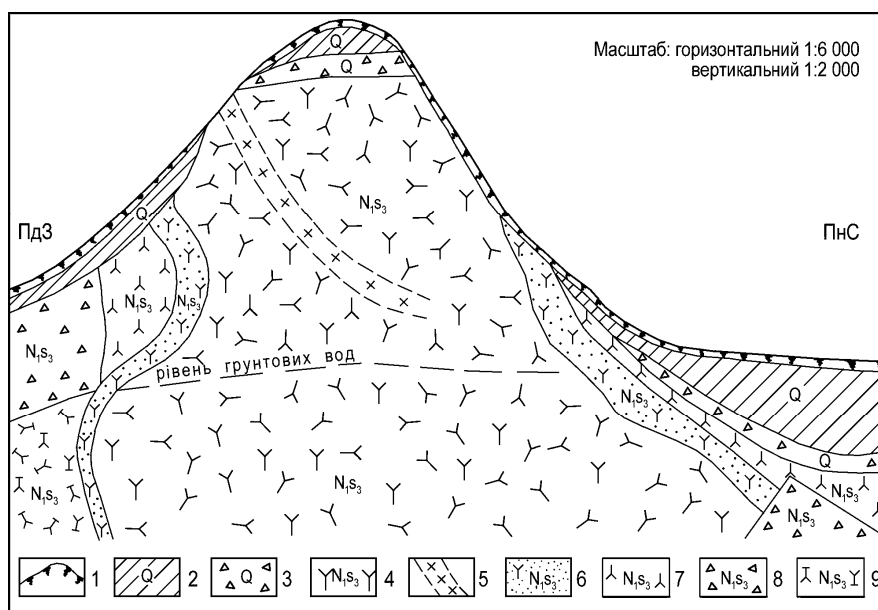


**Рис. 82. Літолого-палеогеографічна схема західної частини України в міоценову епоху (тортонський вік) за В.Дідковським, Г.Малявком, О.Сорочаним**

1 – гори, 2-3 – плато; (2 – високе, 3 – низьке); 4 – море; 5 – піски, 6 – глини, 7 – пісковики, 8 – чергування пісковиків з мерелями, 9 – мергелі, 10 – мергелі з прошарками туфового матеріалу, 11 – вугілля буре; 12 – кора вивітрювання; 13 – напрямки зносу уламкового матеріалу; 14 – свердловини і повна потужність осадків; 15 – родовища кварцових пісків: I – Глинське і Новосварівське; II – Львівське, Кривчицьке, Львів-Знесинське, Сиховське і Суходольське; III – Варванищівське, Ясеновцівське, Турівське; IV – Воронівське, Клещевнявське, Рудське; V – Ловченське, Чесніковське, Перенівське; VI – Угриньковецьке, Блищанське; VII – Кизя, Митківське, Баламутівське, Окновське, Онут

Вміст кварцу 98–99,7 %; з інших мінералів трапляються карбонати (до 1,6 %), польові шпати (до 1 %) і глауконіт (0,2 %). Хімічний склад пісків верхнього горизонту такий, %:  $\text{SiO}_2$  – 97,9;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,051;  $\text{CaO}$  – 0,75; нижнього:  $\text{SiO}_2$  – 96,24;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,095;  $\text{CaO}$  – 1,66. Гранулометричний склад (середній вміст фракції у %) пісків верхнього горизонту: 0,5 мм – 4,0; 0,5–0,25 мм – 49,15; 0,25–0,1 мм – 44,07; 0,1 мм – 2,67; нижнього – 0,5 мм – 2,75; 0,5–0,25 мм – 41,73; 0,25–0,1 мм – 51,88; 0,1 мм – 3,63. Об'ємна маса пісків – 1,66 г/см<sup>3</sup>, коефіцієнт розпушення 1,30, природна вологість 2,3–3,6 %. Піски родовища навіть без збагачення придатні для виготовлення віконного скла. Крім того, вони легко збагачуються методом флотації з відтиранням і можуть також використовуватись як формувальні та будівельні піски. Запаси на 01.01.65 становили понад 4,5 млн т.

Крім кварцовожильної сировини і кварцового піску для виробництва скла можуть використовуватись **ріоліти**. Основним районом розвитку ріолітів в Україні є Вигорлат-Гутинське пасмо і Берегівське нагір'я Закарпаття, де розвідане **Ардівське родовище** (рис. 83), складене ріолітами вулканічного купола, балансові запаси за категоріями А+В+С<sub>1</sub> складають 20,7 млн м<sup>3</sup>, родовище не розробляється.



**Рис. 83. Геологічний розріз Ардівського родовища [35]**

1 – ґрунтово-рослинний шар; 2 – суглинки з уламками вулканітів; 3 – уламки та жорстка вулканітів; 4 – ріоліти; 5 – зони гідротермально змінених ріолітів; 6 – перехідні різновиди від ріоліту до перліту; 7 – перліт; 8 – перлітова туфобрекція; 9 – масивні перліти



## ФАРФОРОВИЙ КАМІНЬ

### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

Іноді метасоматично перетворені магматичні породи кислого (рідше середнього) складу мають такі співвідношення польового шпату, кварцу й глинистих мінералів, що в природному вигляді після відповідного подрібнення і розтирання можуть використовуватись як основний або коригувальний компонент керамічних (фарфорових) мас. Це і є фарфоровим каменем, що підвищує якість виробів, збільшує їх білизну та здатність просвічуватися [30]. Деякі відміни фарфорових каменів можуть застосовуватись у склоробній справі.

Виділяються чотири мінерально-промислові типи: каолініт-кварцовий, пірофіліт-кварцовий, мусковіт-кварцовий і польовошпат-кварцовий. Присутність домішок діаспору, андалузиту, дюмортъериту, хлориту тощо впливає на керамічні властивості каменів. Привертають увагу фарфорові камені з діоктаедричними хлоритами (кукеїтами) та змішаношаруватими утвореннями (тосудитами), родовища яких відомі в Японії та Кореї. Є підстави сподіватися, що в подальшому будуть виявлені нові мінерально-промислові типи й різновиди фарфорових каменів.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Фарфорові камені здавна використовуються для виробництва високоякісного фарфору такими країнами, як Китай, Японія, Корея. Це плотні сірі і світло-сірі породи, практично повністю складені мікродрібнозернистим кварц-польовошпат-серицитовим агрегатом, іноді з реліктами первинних порфірових структур – продукти метасоматичної переробки кислих ефузивних гірських порід, зазвичай ріолітів, рідше дацитів, які відносяться до кварц-польовошпатової фації вторинних кварцитів. Для промислового використання важливою якістю є низький вміст оксидів заліза, марганцю, титану і інших, який в сумі не повинен перевищувати 1 %.

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Родовища фарфорового каменю бувають приуроченими до різних формацій гідротермальних метасоматитів – аргілізитів, вторинних кварцитів, кварц-польовошпатових метасоматитів, котрі супрово-

джують родовища рідкісних і благородних металів. Одним з найцікавіших утворень, з позиції поширення покладів фарфорового каменю, є низькотемпературні аргілізити у складі двох формацій: плутоногенної епітермальної та вулканогенної сольфатарної. Перша з них становить собою сукупність фацій кислотних метасоматитів, утворених на глибинах 0,5–1,0 км протягом постмагматичної стадії, віддалених від контакту гранітоїдних інтрузій субвулканічного рівня глибинності та складених в основному кварцом і глинистими мінералами.

Найсприятливішим субстратом є породи кислого складу; істотну роль відіграють текстурні особливості вихідних порід, а саме їх пористість, що обумовлює приуроченість родовищ фарфорового каменю до площ поширення таких вулканічних порід, як туфи, ігнімбрити та інші пірокластичні видозміни. Більшість таких родовищ має альпійський вік, оскільки, будучи приповерхневими утвореннями, у цьому випадку вони краще зберігаються від ерозії та метаморфізму.

## Родовища України

Родовища **фарфорового каменю** розробляються в Японії, Кореї, США, Канаді, Росії, Казахстані, Узбекистані та інших країнах. Добре відомим є Гусівське родовище на Далекому Сході Росії (західний берег Амурської затоки, 24 км на захід від залізничної станції Веневітіново) [38]. Промисловий поклад каолінізованих порід утворився в результаті гідротермального заміщення дацитових порфірів верхньокрейдової субінтрузії, що прориває відклади верхнього тріасу. Випробування свідчать, що дослідні суміші, які на 50 % складаються з гусівського каменю, відповідають кращим світовим зразкам твердого фарфору. Фарфор найвищої якості з білизною 76 % (температура випалювання 1410° С) отримують у випадку застосування безлужних відмін.

В Україні декілька родовищ і проявів гідротермальних каолінів (фарфорових каменів) розташовані на Закарпатті. Найбільшим і найкраще вивченим є **Берегівське родовище**, відоме з 1795 р. (до 1946 р. експлуатувалося). Каолінізовані породи утворюють лінзоподібний поклад (600 x 200 м, середня потужність – 42 м) з переходами від ріолітових туфів (материнська порода) через галузитові глини до каолінів та каолін-алунітових порід. Технологічні випробування підтвердили можливість отримання на основі молотого берегівського каоліну й галузитової глини високоякісного фарфору. До виробництва можуть залучатися також каолініт-алунітові туфи та алуніти, запаси яких сягають сотень мільйонів тонн; з алуніту в суміші з каоліном можна виробляти фарфор без домішок польвошпатової сировини.

## ВОЛАСТОНІТ

### Загальні відомості, галузі використання і вимоги до сировини

Мінерал названо на честь англійського хіміка й мінералога В.Воластона. Попередня його назва (дощатий шпат) пов'язана з табличастою видовженою формою кристалів, поряд з якими трапляються променисто-списоподібні та шкаралупчасті агрегати. Воластоніт відноситься до групи піроксеноїдів з класу силікатів; хімічний склад близький до  $\text{CaSiO}_3$ . Утворюється найчастіше на контакті вапняків з виверженими породами (скарни, скарноїди) та в кристалічних сланцях. Температура спікання воластоніту ( $990\text{--}1195^\circ\text{C}$ ) наближена до температури спікання деяких полив, тому він застосовується у виробництві кахлів одноразового випалювання. Керамічна маса з воластонітом відрізняється малою усадкою, стійкістю до нагрівання, механічною міцністю, високими ізоляційними властивостями та пористістю. Випалений воластоніт можна свердлити й пиляти, він тримає цвяхи й гвинти. Крім фарфоро-фаянсових виробів і полив, воластоніт використовується для отримання термо- та звукоізоляційних матеріалів, білої фарби й мінеральної вати, цементу абразивних кругів, а також для нейтралізації кислих ґрунтів.

### Економічні відомості

Ціна воластоніту у 2005 р. коливалась від 50-60 \$/т за китайський порошок до 1700 \$/т за ультратонкий воластоніт для кераміки. Ціна на воластоніт з Китаю (free on board – f.o.b.) 200-меш – 80–100 \$/т, 325-меш – 90–110 \$/т, наповнювач (з Азії та Африки) – 89–510 \$/т, на керамічний з Азії – 58–137 \$/т. Світова продукція воластоніту у 2005 р. коливалась біля 600 тис. т, за виробництвом воластоніту лідує Китай, який видобув 395 тис. т воластоніту, а експортував 190 тис. т, другий виробник – Індія, видобула 169 тис. т, третій – США – 115–127 тис. т, далі ідуть Мексика (27,1 тис. т), Фінляндія (16,8 тис. т) [70].

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

За умовами утворення серед родовищ **воластоніту** можна виділити три генетичні типи: контактово-метасоматичний (скарни, скарноїди), метаморфічний і карбонатитовий. Воластонітові скарноїди мають світлий колір і верстувату, жердинисту й променисту текстуру; вони

відносяться до найцінніших у промисловому відношенні воластонітвмісних порід. Метаморфічні родовища утворюються серед кристалічних сланців і перекристалізованих вапняків. Воластоніт у карбонатах і лужних ультрабазитах утворюється на ранній стадії карбонатації вздовж периферії карбонатитових тіл, що знаходяться між фенітизованими кристалічними породами та ійоліт-мельтейгітами, на кінцевій стадії фенітизації з привнесенням СаО в екзоконтактову зону лужного ультрабазиту (феніти, альбіти) та внаслідок гідротермальних перетворень мелітових порід.

## Родовища України

Найзначніші родовища воластоніту знаходяться в США, Японії, Росії, Фінляндії, Казахстані, Таджикистані, Австралії, Індії, Румунії, Мексиці, Канаді, Кенії та інших країнах. До скарнового типу відноситься найбільше у світі родовище Уїлсборо поблизу озера Шамплейн (штат Нью-Йорк, США), просторово пов'язане з анортозитами Адирондацького плутону, чим воно відрізняється від інших скарнових родовищ, в яких воластоніт концентрується в екзоконтактових зонах інтрузивних порід середнього або кислого складу.

На території України воластоніт власних родовищ не утворює й відноситься до порівняно рідкісних мінералів карбонатних порід. Він зустрічається у скарнах, мармурах, вапняно-силікатних роговиках і сланцях у Приазов'ї, Середній Наддніпрянщині та Північно-Західному районі УЩ.

## СИРОВИНА ДЛЯ КАМ'ЯНОГО ЛИТТЯ

### Загальні відомості

Матеріали для кам'яного лиття або петрургічна сировина – це плавленолітні окисні матеріали, які синтезуються з розплавів гірських порід, сумішей осадових порід, хімічних речовин і металургійних шлаків [29, 44, 61]. Промислове виготовлення петрургічних матеріалів почалося в 1921 р. у Франції.

Найкращою природною сировиною для кам'яного лиття вважаються магматичні породи основного складу: діабазы, базальти, андезитобазальти, габро-діабазы та близькі до них за валовим хімічним складом метаморфічні й осадові породи: сланці, амфіболіти, глини, піски та ін. Практика кам'яного лиття показує, що найкращі ливарні властивості

мають розплави з хімічним складом:  $\text{SiO}_2$  43,5–49,0 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  11,0–20,0 %;  $\text{CaO}$  9,0–16,0 %;  $\text{MgO}$  5,0–11,0 %;  $\text{FeO}$  2,0–7,0 %;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  1,2–5,5 %. Якщо в розплаві підвищено вміст кремнезему (більше 50–51 %) або глинозему, то він стає надто в'язким, погано заповнює форми й погано кристалізується. Оксиди кальцію та магнію, закисне та оксидне залізо сприяють зниженню в'язкості й поліпшують кристалізаційну здатність розплавів. При зниженому вмісті кремнезему (менше 40 %) знижується в'язкість розплаву, що тече погано. Розплав швидко твердіє з виникненням склуватої мікроструктури та тріщин.

Позитивною ознакою є кристалічно-зернисті інтерсертальні та офітові структури, які вказують на підвищену кристалізаційну здатність породи; навпаки, присутність у породі склуватих вітрофірової, гіалопілітової та інших структур говорить про знижену кристалізаційну здатність. Мають враховуватися й такі ознаки породи, як її однорідність, дрібнозернистість, відсутність ксенолітів і вкраплеників олівину та піроксену, розміром більше 2 мм, невивітрілість.

Петрургічні матеріали складаються з різних мінералів (силікатів, оксидів, домішок) і склоподібних прошарків, які цементують кристалічні фази. Відповідно мінеральному складу петрургічні матеріали поділяють на піроксенові, мелітові, мулітові, корундові, баделеїт-корундові та фторфлогопітові. Піроксенові петрургічні матеріали синтезують на основі моноклінних піроксенів: авгіту та діопсиду. Ці матеріали вміщують також кристали магнетиту та шпінелей. Розрізняють піроксенові петрургічні матеріали базальтові, базальт-горнблендитові, базальт-доломітові, діабазові, горнблендит-піскові, гранітлакові, шлакові та ін.

У петрургічних матеріалів різний колір: у піроксенових – чорний, зеленуватий, світло-жовтий; мелітових – сіро-зелений; мулітових – темно-сірий; корундових, баделеїт-корундових і фторфлогопітових – світло-сірий або світло-жовтий. Твердість за Моосом – 7–7,5 до 8–9. Коефіцієнт лінійного розширення –  $(7-10) \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup>; коефіцієнт теплопровідності – 1–1,2 Вт/(м·К). Термостійкість піроксенових петрургічних матеріалів – 500–700°C, фторфлогопітових – 700–900°C. Піроксенові петрургічні матеріали вирізняються високими корозійною та ерозійною стійкістю, кислотостійкістю (98,6–99,8 %), лугостійкістю (90 %).

Одержання різних виробів з гірських порід шляхом їх розплавлення з подальшим відливанням у відповідні форми (кокілі) й відпалюванням має досить широке розповсюдження. Такий спосіб одержання виробів відповідної форми досить простий, дешевий порівняно з механічною обробкою гірської породи. У багатьох випадках лите каміння може замінити чорні та кольорові метали, спеціальні сталі, кераміку та інші дефіцитні матеріали.

Лите каміння має високу кислото- та лугостійкість, твердість, стійкість до підігріву, міцність, вогнетривкість, термо- та морозостійкість, декоративність тощо. Воно піддається електро- та газозварюванню, не боїться корозії, довговічне. Основні фізико-механічні константи виробів: густина – 2900–3000 кг/м<sup>3</sup>; межа міцності на стиснення – 200–500 МПа, вигин – 30–80 МПа, розтягнення – 20–25 МПа; хімічна стійкість у кислотах не менше 98 %; міцність до стирання – 0,04–0,05 г/см<sup>2</sup>; теплопровідність – 0,7–1,0 Вт/(м·К).

Продукція каменеливарного виробництва різноманітна. Це плити для сходів, підвіконня, підлог і бруківки, інші елементи будівельних конструкцій, станини для машин та механізмів, опори для стовпів електропередач та інших несучих конструкцій, тюринги підземних тунелів, кислото- й лугостійкі місткості та футерувальні плитки, кулі для млинів, броня для каналів гідрозоловиведення на теплоелектростанціях, різні фасонні вироби, облицювальні плитки та ін.

Специфічний продукт каменеливарного виробництва – мінеральна вата. Це легкий матеріал, який складається з тонких переплутаних між собою високопористих волокон, який має високі тепло- та звукоізоляційні властивості. Вата знайшла широке застосування в будівництві для утеплення стін, теплоізоляції трубопроводів і промислової апаратури, звукоізоляції. Мінеральна вата не горить і не гниє, може застосовуватися до 700–800°C.

## Галузі використання та вимоги до сировини

У каменеливарному виробництві використовують головним чином базальти. Придатні також діабазити, андезитобазальти, тешеніти, габроїди. Футерувальні плитки та фасонні вироби, які виготовляють з них відливанням, застосовують для захисту апаратури від стирання та корозії.

Діючих держстандартів або технічних умов на сировину для кам'яного литва, не існує. Її придатність визначають за якістю готової продукції (плити для підлог та тротуарів, сходи, плитки для облицювання стін, електроізолятори для мереж сильних та слабких струмів, різноманітні деталі обладнання в хімічній промисловості, опори для машин та верстатів, кислототривкі труби й жолоби, кулі для кульових млинів та ін.). За призначенням виробів визначаються хімічний склад, густина, водовбирання, стійкість у сірчаній та соляній кислотах, стирання, а також лімітуються форма та розміри виробів.

Попередньо для оцінки придатності магматичних порід для литва використовують їх хімічний і петрографічний склад, а також структуру породи. Найпридатнішими для кам'яного литва є породи з

офітовою та інтерсертальною структурами (які вміщують 50 % основного плагіоклазу), в яких магнезіальний олівін (форстерит) переважає над авгітом. Кращі ливарні властивості мають породи з таким хімічним складом, %:  $\text{SiO}_2$  43,5–49;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  11–20;  $\text{CaO}$  9–16;  $\text{MgO}$  5–11;  $\text{FeO}$  5–13;  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  1,2–5,5. Якщо в породі  $\text{SiO}_2$  менше 40 %, одержаний з неї розплав має понижено в'язкість, що призводить до утворення склоподібних структур, котрі викликають розтріскування виробів при охолодженні. Підвищений вміст у породі  $\text{SiO}_2$  та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  робить розплав в'язким, він важко кристалізується й тому погано заповнює форми.

Для одержання кам'яного литва застосовують переважно відходи, що утворюються при розробці базальтів та діабазів на штучне каміння.

Для виробництва мінеральної вати використовують магматичні породи різного складу (базальти, діорити, сієніти, габро, туфи та ін.), температура плавлення яких не перевищує  $1500^\circ\text{C}$ . Вони мають містити, %:  $\text{SiO}_2$  34–45;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  12–18;  $\text{FeO}$  до 10;  $\text{CaO}$  22–30;  $\text{MgO}$  8–14;  $\text{MnO}$  1–3, модуль кислотності (відношення суми оксидів Si й Al до суми оксидів Ca і Mg) 1,3–2,1. Технічними вимогами до мінеральної вати лімітуються об'ємна маса, коефіцієнт теплопроникнення та інші показники.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

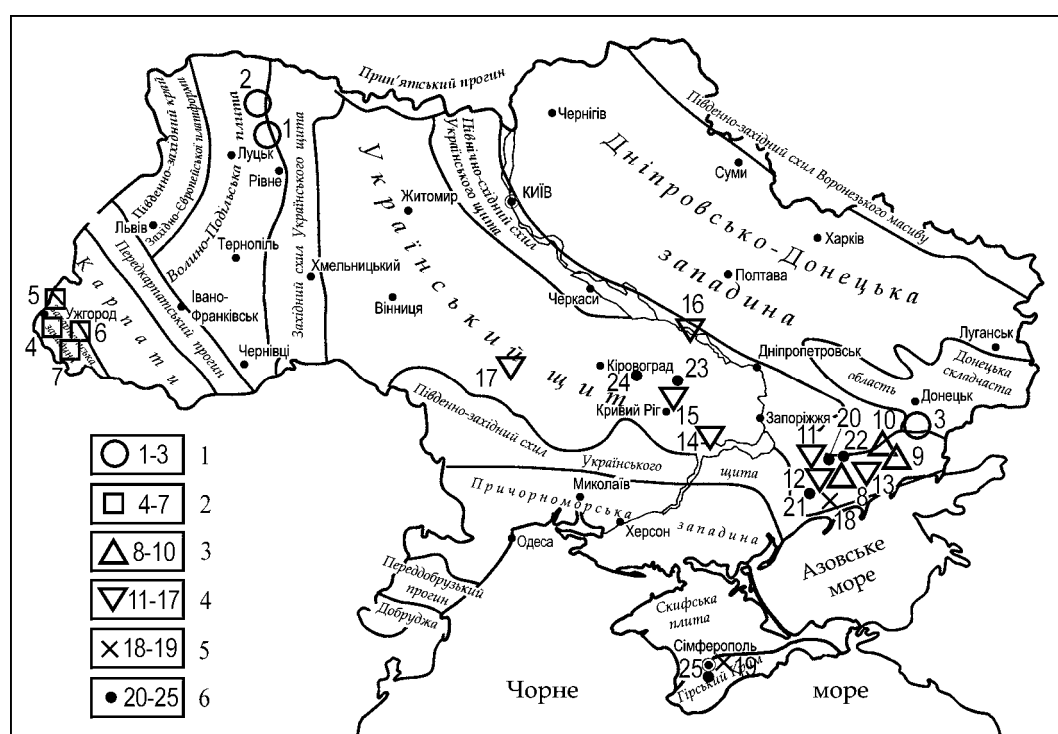
Головним геолого-промисловим типом родовищ петрургічної сировини є великі за простяганням горизонти витриманого складу й структури в масивах базитових магматичних гірських порід різних за віком. Останні можуть бути представленими гіпабісальними інтрузивними тілами та дайками, покровами, сілами й екструзивними тілами.

До другого типу відносяться потужні горизонти метаморфічних базитових порід – амфіболітів, що розташовані в товщах докембрійських кристалічних сланців і гнейсів. Розплав, який отримують з цих порід без шихтуючих домішок, має добрі ливарні та кристалізаційні властивості, але вироби з нього при їх значній міцності поступаються базальтовим за хімічною стійкістю.

При оцінюванні родовищ петрургічної сировини необхідно врахувати економічні й природоохоронні фактори. Так, при великому об'ємі гірської маси, яка переробляється й транспортується, розробка цих родовищ проводиться тільки в економічно розвинених районах поблизу від переробних підприємств. Розробка має комплексний характер – одночасно із сировиною для плавки отримують і будівельне каміння.

## Родовища України

В Україні функціонують більше 100 підприємств по виробництву кам'яного литва, штучних мінеральних волокон і вати. Сировиною для них є базальти, андезибазальти, долерити, долеритові порфірити, габро-долерити, габро, діорити, горнблендити, амфіболіти, амфіболізовані піроксеніти і кристалічні сланці по ультраосновних породах (актинолітити, тремолітити та ін.), поширені на Волино-Подільській плиті, в Закарпатті, на УЩ і в Криму (рис. 84) [3, 31–33, 63, 64].



**Рис. 84. Схема розповсюдження родовищ сировини для кам'яного литва і штучних мінеральних волокон [35]**

1 – базальти (1 – Івано-Долинське, Берестовецьке; 2 – Рафалівське, Іванчинське; 3 – Камишуvasьке, Волноваське); 2 – андезити та андезибазальти (4 – Радванське, Онковецьке; 5 – Каменицьке; 6 – Кировське, Кленовецьке, Шагівське; 7 – Підгородненське, Сельцівське); 3 – метабазальти (8 – Андріївське, Північно-андріївське, Козинське; 9 – Маріупольське; 10 – хутір Садовий); 4 – амфіболіти (11 – Сухоконкське; 12 – Новоселицьке; 13 – Захарівське; 14 – Шолохівське; 15 – Криворізьке; 16 – Горішньоплавнинське; 17 – Тальнівське); 5 – габро і діорити (18 – Оленівське; 19 – Курцівське); 6 – долерити, габродолерити, діоритові порфірити (20 – Васильківське; 21 – Салтичанське, Обіточне; 22 – Білоцерківське; 23 – Коломийцівське; 24 – Ігульське; 25 – Лозовське)



В Рівненській області розвідано 5 родовищ базальтів (Янова Долина, Берестовецьке, Рафалівське, Іванчанське, Великомідське) з запасами 135 млн т, три з яких розробляються з видобутком 111 тис. м<sup>3</sup> (2003 р.). Всі вони складені покровами темно-сірих дрібнокристалічних щільних рифейських базальтів потужністю 20–25 м, місцями з прошарками туфів. Характерна стовпчаста окремість. Крім того відомо ряд поки нерозведаних родовищ: Полицьке (прогнозовані ресурси 70 млн м<sup>3</sup>), Голубка (85 млн м<sup>3</sup>) і проявів (Малоосницький, Балаховичі, Чопельна).

У Закарпатті петрургічна сировина представлена родовищами андезитів (Радванське, Оноківське, Кам'яницьке, Кіровське, Шелестівське, Зборівське, Оріхівське, Богатирське), андезбазальтів (Бужорське, Підгірнянське, Шагівське, Імстичівське, Великораковецьке, Сілецьке, Кленовецьке). Це потужні (40–60 м) покрови основних і середніх лав гутинської світи неогену. Їх запаси сягають 8 млн м<sup>3</sup> (Кам'яницьке родовище).

На території УЩ основні і ультраосновні породи, що представляють інтерес як петрургічна сировина, поширені в Приазов'ї, де вони представлені родовищами амфіболітів (Андріївське, Новосільське, Захарівське); метаультрабазитів (Північноандріївський прояв); кристалічних сланців (Козинське, Маріупольське); амфіболізованих габро-піроксенітів (хут. Садовий); габро (Оленівське); долеритів (Васильківське, Салтичанське); габродолеритів (Обіточне), долеритових порфіритів (Білоцерківське); в центральній частині УЩ, де представлені родовищами амфіболітів (Горішньоплавнинське із запасами 1775 млн т); долеритів (Коломийцівське із запасами 6 млн м<sup>3</sup>).

В зоні зчленування Приазовського масиву з Донбасом відомі родовища базальтів (Камишуваське із запасами 26 тис. т, Антон-Тарама із запасами 675 тис. т та ін.).

В Криму вивержені породи основного складу, які можуть використовуватися як петрургічна сировина, представлені діоритами, доле-ритами, габродолеритами, діорит-порфірами юрського віку, розповсюдженими в передгір'ї Головної гряди, в районі м. Сімферополя, біля селищ Українка, Петропавлівка і Лозове, в межах гірської складчастої споруди Криму від мису Фіолент на заході до мису Киїк-Атлама на сході (масиви Аюдаг, Катель, Карадаг). Тут розвідані родовища Лозівське (тіло долеритів пластової форми довжиною 2 км, шириною 0,5 км, із запасами 14 млн м<sup>3</sup>) і діоритів Курцівське (лаколітоподібне тіло діоритів із запасами в 4,5 млн м<sup>3</sup>).

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яку роль будівельна сировина відіграє у житті суспільства?
2. Які властивості природного каміння забезпечують його використання в будівельній промисловості?
3. Які родовища будівельного каміння є в Україні?
4. Які регіони України найбільш забезпечені родовищами будівельного каміння?
5. Що відноситься до декоративного каміння?
6. Які вимоги існують до природного каміння, яке використовується для облицювання будівель?
7. Чим обумовлена художньо-естетична якість (декоративність) природного каміння?
8. Які за генезисом бувають родовища декоративного каміння?
9. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу декоративного каміння України.
10. Чим славляться українські лабрадорити?
11. Які виділяються типи декоративних гранітів України?
12. Що відноситься до пиляльного каміння?
13. Які родовища пиляльного каміння є в Україні?
14. Яка природна сировина використовується для виготовлення в'язучих матеріалів?
15. Які якості карбонатних порід забезпечують їх використання як в'язучої сировини?
16. Як виготовляється цемент?
17. Які країни більш за все виготовляють цементу і вапна?
18. Як утворюються родовища карбонатних порід?
19. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу родовищ для в'язучих матеріалів України.
20. Які родовища вапняків, доломітів, мергелів, що використовуються для в'язучої сировини, ви знаєте?
21. Яке походження гіпсу та ангідриту?
22. Які галузі застосування гіпсу та ангідриту?
23. Які родовища гіпсу та ангідриту поширені в Україні?
24. Наведіть порівняльну характеристику родовищ гіпсу та ангідриту Донбасу і Придністров'я.
25. З чого виготовляється цегельно-черепична сировина?
26. Надайте загальну характеристику глинистих порід.
27. Які властивості глин є найважливішими для їх використання в будівництві?
28. Які існують генетичні типи родовищ глин?
29. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу цегельно-черепичної сировини України.
30. Порівняйте палеогенові і четвертинні родовища глин України.
31. Яка природна сировина використовується в якості заповнювачів для бетонів і розчинів?

32. Що таке керамзит?
33. Які родовища сировини для легких заповнювачів є в Україні?
34. Які якості перлітів є основою їх використання в будівельній індустрії?
35. Яке походження перлітів?
36. Де в Україні є родовища перлітів?
37. Де використовуються пісок і гравій?
38. Як виникають родовища піску і гравію?
39. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу піщано-гравійної сировини України.
40. Що слугує сировиною для фарфоро-фаянсової та склоробної промисловості?
41. Що таке каоліни?
42. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу каолінів України.
43. Чим відрізняються первинні і вторинні каоліни?
44. Надайте приклади родовищ первинних і вторинних каолінів в Україні.
45. Де використовується польовошпатова сировина?
46. Які головні геолого-промислові типи польовошпатової сировини є в Україні?
47. Що належить до кварцової сировини?
48. Чи є родовища кварцової сировини в Україні?
49. Що таке фарфоровий камінь?
50. Яка сировина використовується для кам'яного лиття?
51. Чи є в Україні родовища сировини для кам'яного лиття?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бакка Н.Т., Ильченко И.В. Облицовочный камень. – М.: Недра, 1992.
2. Беликов Б.П., Петров В.П. Облицовочный камень и его оценка. – М.: Наука, 1977.
3. Бернадская А.Г. Основные дайково-эффузивные породы бассейна р. Мокрой Волновахи // Промышленное использование петругигического сырья Украины. – К.: АН УССР, 1959. – С. 34–37.
4. Бордюгов В.П. Каолин (геолого-экономический обзор). – К.: Геоинформ, 1997.
5. Борзунов В.М., Григорович М.Б., Гроховский А.М. и др. Поиски и разведка месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов. – М.: Недра, 1977.
6. Василишин І.С., Панченко В.І., Павлишин В.І. Пегматити Волині // Мін. ресурси України, 1996. – № 1. – С. 2–9.
7. Викторов А.М. Каменные материалы для бетонов. – М., 1967.
8. Виноградов С.С. Известняки // Оценка месторождений при поисках и разведках. – М.: Госгеолтехиздат, 1951.
9. Виноградов С.С. Доломиты // Оценка месторождений при поисках и разведках. – М.: Госгеолтехиздат, 1957.

10. Виноградов С.С. Известняки // Требования промышленности к качеству минерального сырья. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. – Вып. 10.
11. Виноградов С.С. Доломиты // Требования промышленности к качеству минерального сырья. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. – Вып. 20.
12. Воробьев В.А. Лабораторный практикум по общему курсу строительных материалов. – М.: Высшая школа, 1978.
13. Геолого-экономическая оценка ресурсов строительного песка, камня и гравия. Обзор / С.П.Никоноров, И.М.Горячкина, И.Л.Шаманский, С.А.Хахимов. – М.: ОНТИ ВИЭМС, 1972.
14. Геолого-экономические карты СССР. V. Промышленность строительных материалов / К.А. Суходольский, Э.С. Дехтулинский, С.А. Червинский и др. – М.: ГУГК, 1982–1987.
15. Гордон С.С. Пески для бетонов. – М., 1957.
16. Григорович М.Б. Оценка месторождений облицовочного камня при поисках и разведке. – М.: Недра, 1976.
17. Григорович М.Б., Блоха Н.Т. Словарь по минеральному сырью для промышленности строительных материалов. – М.: Недра, 1976.
18. Григорович М.Б., Немировская М.Г. Месторождения минерального сырья для промышленности строительных материалов. – М.: Недра, 1987.
19. Григорович М.Б., Немировская М.Г. Минеральное сырье для промышленности строительных материалов и его оценка при геолого-разведочных работах. – М.: Недра, 1974.
20. Григорович М.Б., Немировская М.Г. Минеральное сырье для получения заполнителей легких бетонов. – М.: Недра, 1983.
21. Зискинд М.С. Декоративно-облицовочные камни. – Л.: Недра, 1989.
22. Ицкович С.М. Заполнители для бетона. – Минск, 1972.
23. Каолины Украины. Справочник. – К.: Наук. думка, 1982.
24. Ключковский Г.И. Общая технология строительных материалов. – М.: Высшая школа, 1976.
25. Козленко С.І. Україна на світовому ринку сировинних блоків природного каменю. 1997 рік // Коштовне та декоративне каміння, 1998. – № 3. – С. 17–19.
26. Комар А.Г. Строительные материалы и изделия: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1976.
27. Кремнистые породы СССР / У.Г.Дистанов, Т.А.Кузнецова, В.Н.Силантьев и др. – Казань: Таткнигоиздат, 1976.
28. Кузнецов А.В., Шаманский И.А., Миропольская Г.Л., Туманов Е.С. Формовочные и стекольные пески СССР. – М.: Недра, 1981.
29. Липовський І.Е., Дорофеев В.А. Основы петрургии. – М., 1972.
30. Магидович В.И., Финько В.И. Фарфоровые камни // Новые виды неметаллических полезных ископаемых. – М.: Наука, 1975. – С. 46–62.
31. Махова М.Ф., Мищенко Е.С., Вольнский А.К. и др. Горные породы Украинской ССР – сырье для производства волокон / Базальто-волокнистые композиционные материалы и конструкции. – К.: Наук. думка, 1980. – С. 3–36.

32. Махова М.Ф., Мищенко Е.С., Воробьев А.А. Минерально-сырьевая база Украины для производства базальтовых супертонких волокон // Строительные материалы и конструкции, 1983. – № 4. – С. 5–10.
33. Махова М.Ф., Мищенко Е.С., Кривонос В.П. и др. Амфиболиты – однокомпонентное сырье для минеральных волокон // Разведка и охрана недр, 1989. – № 8. – С. 17–22.
34. Месторождения каолинов СССР. – М.: Недра, 1974.
35. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Киев-Львов: „Центр Європы”, 2006.
36. Минерально-сырьевая база строительных материалов Украинской ССР, Житомирская область. – К., 1989.
37. Минеральные ресурсы Украины и мира на 1.01.2004 г. – К.: Геоинформ, 2005.
38. Михайлов В.А., Чудаев О.В., Астапенко Г.И., Граждан Т.Г. Месторождения нерудного сырья Приморского края. – Владивосток: Дальнаука, 1998.
39. Облицовочные камни Украинской ССР. Каталог. – К.: «Реклама», 1976.
40. Овчаренко Ф.Д., Кириченко Н.Г., Коваленко Д.Н., Растрененко А.И. Украинские бентониты. – К.: АН УССР, 1958.
41. Огнеупорные материалы и сырье. Справочник / Ред. А.К.Карклит. – М.: Металлургия, 1991.
42. Огнеупоры и техническая керамика. – М., 1997. – № 10. – С. 26–27.
43. Онацький С.П. Производство керамики. – М., 1971.
44. Пеликан А. Плавление камня. – М., 1959.
45. Петров В.П. Важнейшие неметаллические полезные ископаемые. – М.: Наука, 1992.
46. Пилипчук А.Д. Польовошпатова сировина (геолого-економічний огляд). – К.: Геолінформація.
47. Потаненко С.В. Глины и глинистые породы Украинской ССР. – К.: Академия архитектуры УССР, 1952.
48. Производство заполнителей для бетона из песчано-гравийных смесей. – М., 1973.
49. Пустинський Б.Ю. Районування глинистої мінеральної сировини України // Мін. ресурси України, 1996. – № 3. – С. 22–28.
50. Рац М.В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. – М.: Недра, 1970.
51. Седакова М.Т. Отечественный и зарубежный опыт применения вспученного перлита в жилищно-гражданском строительстве // Перлиты. – М.: Наука, 1981. – С. 217–225.
52. Семенченко Ю.В., Агафонова Т.Н., Солоненко И.С. и др. Цветные камни Украины. – К.: Будівельник, 1974.
53. Сивоконь В.И. Украинская каолиноносная провинция. Месторождения каолинов СССР. – М.: Недра, 1974. – С. 37–46.
54. Сидорович Я.И., Копачинский К.Ф. Аргиллиты в промышленности строительных материалов Украины. – К.: Наук. думка, 1980.

55. Слободяник И.Я. Строительные материалы и изделия. – К.: Вища школа, 1973.
56. Солоненко И.С. Мраморы Украинской ССР: Автореф. канд. дис. – К., 1952.
57. Солоненко И.С. Перлітова сировина (хімічний склад та характеристика родовищ) // Праці ІГН АН УРСР. Серія геологія родовищ корисних копалин. – К.: НІИФТИ Акад. строительства и архитектуры УССР, 1962. – Вип. 1.
58. Солоненко И.С., Семенченко Ю.В., Львова Т.В. и др. Сырьевые ресурсы УССР облицовочно-декоративных и стеновых каменных материалов. – К.: Будівельник, 1967.
59. Строительные материалы Украины / Сборники-справочники по областям Украины. – К.: Будівельник, 1961–1963.
60. Строительные материалы Украины. Сборники-справочники по областям Украины. – К.: Будівельник, 1963–1965.
61. Сычев Ю.И. Каменное литье / Горная энциклопедия. – М., 1986. – Т. 2. – С. 510.
62. Уоррел У. Глины и керамическое сырье. – М.: Мир, 1978.
63. Усенко И.С. К вопросу об использовании амфиболитов и диабазов р. Базавлук // Геол. журн., 1946. – Т. 8. Вып. 4.
64. Усенко И.С. Петругическое сырье Украинского кристаллического щита // Промышленное использование петругического сырья Украины. – К.: АН УССР, 1959. – С. 42–87.
65. Хавкин А.М. Технология силикатного кирпича. – М.: Стройиздат, 1982.
66. Хуторянский Д.Л., Солоненко И.С., Донец Ф.М. Каталог-справочник архитектурно-строительных и технических изделий из гранита. – К.: Гос. изд-во литер. по строительству и архитектуре УССР, 1957.
67. Цехомский А.М., Карстенс Д.И. Кварцевые пески, песчаники и кварциты СССР. – Л.: Недра, 1982.
68. Юрк Ю.Ю. Граниты и пегматиты Украинского кристаллического щита. – К.: АН УССР, 1956.
69. Canadian Minerals Yearbook, 2005
70. USGS Mineral Yearbook, 2005
71. USGS Mineral Yearbook, 2007

## РОЗДІЛ 6

# ГІРНИЧОТЕХНІЧНА СИРОВИНА

При систематизації неметалічних корисних копалин до гірничотехнічної сировини відносять чималу кількість різних їх видів [5]. Але питома вага їх застосування переважає, наприклад, у гірничохімічній галузі (гіпс і ангідрит), промисловості будівельних матеріалів (глини та каоліни) або ін. Тому більшість видів гірничотехнічної сировини розглянуто в інших розділах видання, а тут розглядаються лише опал-кристобалітові породи і бентоніти

## ОПАЛ-КРИСТОБАЛІТОВІ ПОРОДИ

### Загальні відомості

Опал-кристобалітові породи відносяться до групи кременистих порід осадового й вулканогенно-осадового походження. Це тонкопористі породи, складені головним чином (понад 50 %) активним кремнеземом, мають невелику об'ємну масу та високу питому поверхню.

Опал – основний мінеральний компонент цих порід – колоїдальна форма кремнієвої кислоти, зазвичай заміщується кристобалітом, халцедоном, кварцом. Опал-кристобалітові породи за структурно-петрографічними ознаками поділяються на дві групи: породи, складені кістяковими залишками кременистих мікроорганізмів (діатоміти, спонголіти, радіолярити й силікофлагеліти), та породи, що складаються з мікрозернистого й глобулярного кремнезему (опоки та трепели).

**Діатоміти** (інфузорна земля, кизельгур) – це легка тонкопориста порода, що складається в основному з дрібних (0,3–0,15 мм) опалових панцирів діатомових водоростей. Порода виповнена на 62–97 % кремнеземом (опалом) і містить домішок глинистих мінералів. Діатоміти мають велику пористість (до 75 %), низьку теплопровідність, незначну міцність (не більше 3 МПа), білий, світло- та жовтувато-сірий чи бурувато-сірий колір.

**Радіолярити** – породи, що складаються з кремнієвих залишків радіолярій – найпростіших планктонних організмів. Зустрічаються як пухкі тонкопористі, так і тверді більш щільні породи.

**Спонголіти** – породи, що в основному складені кремнієвими спікулами губок.

**Силікофлагеліти** – легкі тонкопористі породи світло- та коричнювато-сірого кольору, формуються стулками й уламками силікофлагелат.

**Опоки** (гези, порцеланіти) – мікропористі легкі породи (пористість 55 %) від світло- до темно-сірого кольору, складені аморфним кремнеземом (частки менше 5 мкм), містять домішки глинистих мінералів і залишки кремнієвих організмів (діатомей, радіолярій і спікул губок). Міцність – 3–2 МПа.

**Трепели** – пухкі або слабозцементовані тонкопористі породи (пористість від 50 до 70 %) світло-, бурувато-сірого кольору, що складаються з дрібних зерен (0,01–0,02 мм) глобулярного кремнезему (опалу). Трепели не містять органічних залишків або містять їх у незначній кількості.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Головним показником якості цих порід є співвідношення головних хімічних компонентів, мінеральний склад і особливості мікроструктури. Активний (опал-кристобалітовий) кремнезем у них присутній в кількості від 40 до 80 %, глинисті мінерали – від 10 до 40 %, піщано-алевритові домішки – до 10 %. Мінеральний склад порід неоднорідний. Існує безперервний ряд перетворення аморфного опалу через метастабільну фазу опал-кристобаліту в  $\alpha$ -кристобаліт і  $\alpha$ -кварц. Важливим показником порід, який дозволяє (разом з даними про мінеральний і хімічний склад) з'ясувати їх адсорбційні та каталітичні властивості, є мікроструктурні особливості і характер пористості. Це нерівномірно-пористі сорбенти, серед яких виділяють чотири групи: 1) відносно великопористі опоки й трепелоподібні опоки з діаметром пор від 8 до 10 нм і питомою поверхнею від 90 до 130 м<sup>2</sup>/кг · 10<sup>3</sup>; 2) відносно дрібнопористі опоки з діаметром пор менше 80 нм та з більшою питомою поверхнею – 100 м<sup>2</sup>/кг · 10<sup>3</sup>; 3) трепели й опоки дрібнопористі з ефективним діаметром пор менше 6 нм, з питомою поверхнею менше 60 м<sup>2</sup>/кг · 10<sup>3</sup>; 4) діатоміти з невеликою питомою поверхнею (20–50 м<sup>2</sup>/кг · 10<sup>3</sup>) і великою кількістю мікро- і макропор (з ефективним діаметром близько 3–5, 20–30 та 1000 нм). Завдяки своїм специфічним властивостям (великому вмісту активної кремнекислоти, тонкій пористості й легкості, високій питомій поверхні та ін.) опал-кристобалітові породи є мінеральною сировиною багатocільового призначення (табл. 93).



Таблиця 93

**Вимоги до якості опал-кристобалітової сировини для головних галузей застосування**

Застосування	Якість	Тип	Хімічний склад, %				Фізико-хімічні властивості		
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Г	S	Q
Гідравлічні добавки, в тому числі для білих цементів	ВК	О,Т	>80	<8	-	<2	>350	-	-
	НК	О,Т	>50	<10	-	<15	150-	-	-
		Д	>80	<8	<2	<2	250 >150	-	-
Теплоізоляційні матеріали	НК	Д	55-80	6-10	-	<1	-	-	0,7-0,9
Легка будівельна цегла	ВК	Т	70-80	5-10	-	<2	-	-	0,9-
	НК	Т,О	<85	3-15	-	<7	-	-	1,2
Термоліт	ВК	О,Д,Т	60-75	5-10	2-8	<10	-	-	0,7-
	НК	Т	>75	>10 чи <5	<2 чи >8	<10	-	-	1,2
		О,Д,Т	чи <60				-	-	-
Фільтрувальні матеріали, наповнювачі	НК	Д,Т	75-80	<10	2,5-4,5	<1	-	-	0,7-0,9
Адсорбенти	ВК	О	>75	<7	<4	<1	-	>110	-
	НК	О,Т	70-80	7-10	<5	<1	-	80-	-
Осушувачі	ВК	О	>80	5-7	<4	<1	-	>110	-
	НК	О	70-80	5-10	3-5	<1	-	80-	-
Додатки для кондиціювання	НК	Д,Т	70-80	<10	<4	<5	-	>20	0,8-1
Скляна сировина	ВК	О,Т	>80	<7	<3	<1	-	-	-
	НК	О,Т	70-80	<10	<4	<5	-	-	-
Штучний воластоніт	-	Т,О	>40	<2,5	<1,5	30-50	-	-	-
Рідке скло	ВК	Т,О	>80	<7	<3	<3	-	-	-
	НК	Т,О	70-80	<10	<4	<5	-	-	-

Примітка: ВК – висококондиційна, НК – низькокондиційна сировина; О – опоки, Т – трепели, Д – діатоміти, Г – гідравлічна активність, S – питома поверхня, м<sup>2</sup>/г; Q – об'ємна маса, г/см<sup>3</sup>.

Основними властивостями опал-кристобалітових порід, які використовуються в промисловості, є:

- здатність поглинати з розчинів колоїдні речовини й утримувати при фільтрації рідин механічні домішки;
- висока пористість при значній термостійкості, що дозволяє використовувати їх як теплоізоляційний матеріал;

- відносно невелика твердість і здатність легко роздрібнюватися до тонкого порошку, що обумовлює використання діатомітів як полірувального матеріалу;
- хімічна стійкість до дії кислот і лугів, що дозволяє використовувати діатоміти й трепели в агресивних середовищах;
- світлий колір, що дає можливість застосовувати діатоміти як наповнювачі в різних композиціях.

Найширше застосування опал-кристобалітові породи знаходять у цементній і будівельній галузях промисловості. Бетонні гідротехнічні споруди з часом (10–30 років) під дією води руйнуються. Відбувається винос вільного вапна, що міститься в бетоні. Тому в цемент під час помелу клінкера вводять так звані гідравлічні добавки (пуцолани) з метою зв'язати вільне вапно в сполуках, нерозчинних у воді. Активність мінеральних добавок визначається кількістю вапна (*мг*), що поглинається з вапняного розчину одним грамом добавки протягом 30 діб. Однак вміст у добавці значної кількості монтморилоніту вважається шкідливим, оскільки знижує міцність цементу.

У будівельній галузі діатоміти та трепели використовуються як наповнювачі легких бетонів і для виготовлення легкої цегли. Діатомові й трепельні цеглини випилюють з породи та застосовують з випалом чи без нього. Діатоміти, трепели й опоки, забруднені глинистим матеріалом, зазвичай монтморилонітом, є доброю сировиною для виробництва термолітів. Цей штучний легкий заповнювач бетонів отримують у результаті нагрівання кременистих порід до температури вище 1000°C. Завдяки легкій спученості монтморилоніту питома вага та пористість сировини ще більше зростають.

Такі властивості опал-кристобалітових порід, як незначна теплопровідність і низька об'ємна вага, дозволяють використовувати їх як теплоізоляційний матеріал. Мелений діатоміт застосовують у вигляді теплоізоляційної засипки. З діатомового порошку в суміші з іншими теплоізоляторами (азбестом, слюдою, ошурками та ін.) готують теплоізоляційні мастики. З глинистих діатомітів (глини до 40 %) завдяки їх високій вогнетривкості роблять випалювальні теплоізолятори (цеглини, сегменти, шкаралупи).

Адсорбційні властивості трепелів і опок (меншою мірою – діатоміту) обумовлюються їх високою питомою поверхнею та наявністю домішок монтморилоніту. Тому вони використовуються для очищення відпрацьованих олій, а також рідких харчових продуктів, таких як фруктові соки, вино, пиво, рослинна олія.

Діатоміти можуть використовуватися як носії каталізаторів, тому що мають велику питому поверхню й добру утримуючу здатність, що забезпечує надійний контакт каталізатора з реагуючою речовиною.

Опоки є гарним сорбентом вологи завдяки великій внутрішній поверхні; у висушеному вигляді вони здатні неодноразово використовуватися для осушення газів.

Чисті діатоміти, що мають велику пористість, використовуються як фільтрувальний матеріал у цукровій промисловості для знебарвлення цукрових сиропів. У цьому випадку шкідливими домішками є органічні речовини, розчинні солі, оксиди заліза, пісок і глина. Опалові породи, які мають високу реакційну здатність, застосовують у хімічній промисловості для одержання рідкого скла.

Порошки, виготовлені з діатоміту, використовуються як наповнювачі лаків і фарб, гуми, паперу та пластмас, у деяких випадках вони не поступаються якістю каоліну.

## Економічні відомості

Світовий видобуток діатомітів складає понад 2 млн т. Найбільше видобувають США, Китай, Данія, Японія, де сконцентровані їх великі запаси (табл. 94). В країнах СНД розвідано 52 родовища діатомітів із запасами 540 млн т, переважно в межах Поволзької, Зауральської, Центральноєвропейської субпровінцій, а також в Закавказзі і на Кольському півострові. Розробляється 7 родовищ діатомітів, із яких у 2000 році видобуто 0,42 млн т сировини. Середня світова ціна діатоміту (\$/т) складала: 2001 р. – 256; 2002 р. – 270; 2003 р. – 255; 2004 р. – 258; 2005 р. – 264; 2006 р. – 274 [6, 7].

**Таблиця 94**

### Видобуток, запаси, ресурси діатоміту, тис. т [6]

Країна	Видобуток		Запаси	Ресурси
	2005	2006		
Данія	234	234	н/зв	н/зв
Іспанія	35	35	н/зв	н/зв
Китай	410	420	110000	410000
Мексика	60	60	н/зв	2000
Німеччина	55	55	н/зв	н/зв
Перу	35	35	2000	5000
Румунія	30	2	н/зв	н/зв
СНГ	80	80	н/зв	13000
США	653	655	250000	500000
Франція	75	75	н/зв	2000
Чехія	35	35	4500	4800
Чилі	30	27	н/зв	н/зв
Японія	130	130	н/зв	н/зв

Інші країни	156	181	550000	н/зв
<b>Всього</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>920000</b>	<b>Великі</b>

Світовий видобуток спонголітів у 2000 році складав 0,3 млн т (Мексика, Франція, Ісландія, Іспанія, Кенія, Канада, Південна Корея, Бразилія, Алжир, Китай, Австралія). В країнах СНД розвідано 12 родовищ спонголітів із запасами 1150 млн т (Поволзька, Зауральська, Центральноєвропейська субпровінції). Розроблюється 5 родовищ, із яких у 2000 році видобуто 90 тис. т сировини.

Світовий видобуток трепелів у 1999 р. досяг 2,5 млн т (Бразилія, США, Франція, Ісландія, Іспанія, Мексика, Данія, Кенія, Німеччина, Канада, Південна Корея, Алжир). У країнах СНД розвідано 35 родовищ трепелів із запасами 310 млн т, розробляється 4 родовища, із яких у 1999 році видобуто 2,8 млн т сировини.

Світовий видобуток опок у 1999 році досяг 3,5 млн т (Бразилія, Франція, Іспанія, Мексика, Данія, Кенія, Німеччина, Канада, Південна Корея, Алжир, Австралія, Туреччина). У країнах СНД розвідано 71 родовище опок із запасами 1100 млн т, розроблюється 11 родовищ, із яких у 1999 році видобуто 3,36 млн т сировини.

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Опал-кристалітові породи за походженням поділяються на два основні типи: морські й озерні (табл. 95). Морські поділяються на два підтипи: платформні та геосинклінальні залежно від області нагромадження. Кременисті осадки морського типу платформних областей відкладалися в крайових ділянках морів. Вони мають незначну потужність (до 30 м, рідше більше) й значне поширення по площі. Морські кременисті відклади геосинклінального підтипу накопичувалися в морях геосинклінальних областей, мають потужність до 200 м і більше й невелике поширення по площі. Потужність озерних відкладів кременистих порід зазвичай незначна (до 10–15 м). З ними в основному пов'язані родовища діатомітів. Найбільш високоякісні діатоміти накопичувалися у великих озерних западинах вулканічних областей.

Існує ще один тип родовищ – гіпергенний (родовища кір вивітрювання), що за своїм промисловим значенням поступається осадовому. Серед опалу, що виповнює прожилки, натічні агрегати, мигдаліни в близько-поверхневих частинах зони гіпергенезу або при поствулканічних гідротермальних процесах, зустрічаються красиво забарвлені різновиди благородного опалу з перламутровим блиском, які відносять до дорогоцінного каміння.

Таблиця 66

## Промислові типи родовищ опал-кристобалітової сировини

Генетичний тип	Породи	Вміст, %	Приклади родовищ
Осадочний морський	Діатоміт, опока	50-80	Інзенське, Вольське (Росія)
	Опока, трепел	40-80	Зикиївське (Росія), Кутейниківське (Україна)
Вулканогенно-осадочний морський	Діатоміт, опока, спонголіт	60-80	Ломпок (США), Шебунінське (Росія)
	Гіпергенний (вивіт-пювання) Трепел	40-80	Каменське, Сенатське (Молдова)

Існує виразний зв'язок основних етапів кремененакопичення з конкретними стратиграфічними рівнями. У палеозойських утвореннях кременисті породи практично відсутні. Верхньоюрські та нижньокрейдові кременисті відклади складені кременистими глинами з прошарками радіоляритів і спонголітів. Основними кременистими організмами були радіолярії та губки. Опоки присутні в кременистих відкладах верхньої крейди, палеоцену й міоцену. Трепели поширені переважно у верхньокрейдових утвореннях. Починаючи з міоцену, опоки та трепели відсутні. Діатоміти поширені в палеоген-неогенових і четвертинних відкладах. Залежно від віку порід змінюється також їх мінеральний склад. Діатоміти, наймолодші породи, складені переважно опалом. Трепели та опоки, крім опалу, складаються з кристобаліту (до 50 %). Мезозойські кременисті відклади, у тому числі радіолярити, складені криптокристалічним кварцом з домішкою халцедону.

## Родовища України

Цементна індустрія України надійно забезпечена карбонатною сировиною, глиною та в'язкими добавками. Однак існує деякий дефіцит розвіданої опал-кристобалітової сировини для гідравлічних добавок. В Україні родовища трепелів, опок, діатомітів пов'язані з морськими відкладами верхнього еоцену й палеоцену, меншою мірою – сеноману, кампану, маастрихту й сармату. Прояви кременистих порід відомі в Донбасі, ДДЗ, на схилах УЩ, в Причорноморський та Львівсько-Волинський западинах.

В Донбасі та ДДЗ розвідані родовища і численні прояви трепелів (Покровське, Кутейниківське) і опок (Гостромоголянське, Водянське, Балка Грачова, Балка Мокра) в піщано-глинистих відкладах палеоцену (сумська і лузанівська світи) і еоцену. У Придніпровській частині УЩ прояви трепелів приурочені до відкладів верхнього еоцену (Коноплянське, Першозванівське); у Приазовській частині УЩ прояви опок і трепелів

відомі у верхньокрейдових і верхньоеоценових утвореннях (Новоселиківське). У Наддністрянщині прояви трепелів приурочені до кременисто-мергелистих відкладів сеноману (Слобідська гора, Грушевська гора, Озерниці, Шликовецьке, Могилів-Подільське, Ізраїлівське). У Причорномор'ї кременисті породи розвинуті переважно в еоценових відкладах (Михайлівське родовище опок).

Державним балансом враховується 1 родовище діатомітів (Великобурлуцьке в Харківській області); 1 спонголіт (Рава-Руське у Львівській); 4 діатомітів (Покровське і Кутейниківське у Донецькій, Коноплянське і Первозванівське у Кіровоградській) із загальними запасами (A+B+C<sub>1</sub>) 20,3 млн т, позабалансовими – 5,2 млн т); 7 опок в Донбасі, ДДЗ, Приазов'ї, Причорноморській та Львівській западинах, Криму із загальними запасами (A+B+C<sub>1</sub>) 67,3 млн т, C<sub>2</sub> – 46 тис. т, позабалансовими – 3,2 млн т (запаси 3-х родовищ підготовлені у якості кристобаліт-опалової сировини, 1 – цементної, 3 – пиляльної). З них розробляється два родовища: трепелів – Коноплянське і опок – Балка Мокра.

**Великобурлуцьке родовище** представлене пластом діатомітів протяжністю 3,2 км, потужністю 0,5–14,5 м (середня 8,7 м) у харківській світі, який перекривається палеогеновими, неогеновими і четвертинними глинистими відкладами та пісками (0,5–34 м). Діатоміт може використовуватися як активна мінеральна добавка при виробництві цементу. Балансові запаси родовища – 7,5 млн т, позабалансові – 4,4 млн т; родовище не розробляється.

**Рава-Руське родовище** складене спонголітом, який залягає на глинистих мергелях. Потужність корисної товщі змінюється від 2,2 до 32 м (середня 22 м), потужність розкривних порід 0,2–5,6 м. Спонголіт придатний як активна мінеральна добавка у портланд-цемент. Запаси спонголіту дорівнюють 23,4 млн т.

**Коноплянське родовище** складено трепелом, частково трепело-подібним та опокоподібним мергелем білого, світло-жовтого, зеленкувато-сірого і сірого кольору середньої потужності 7,6 м (рис. 85). Трепел придатний як активна мінеральна добавка при виробництві цементу, як термоізоляційна засипка для внутрішніх перегородок, для виготовлення легкої цегли і блоків. Запаси трепелу складають 2,9 млн т. Родовище розробляється ВАТ “Кіровоградський мехзавод”.

**Первозванівське родовище** представлене пластоподібним покладом (середня потужність 13 м) білого, світло- і вохристо-жовтого, зеленкувато-сірого трепелу, який підстиляється бурю глиною і перекривається пісками харківської і полтавської світ, четвертинними суглинками (1,35–22,1 м). Запаси (A+B+C<sub>1</sub>) складають 7,6 млн т трепелу. Родовище не розробляється. Трепели й опоки представлені різнови-

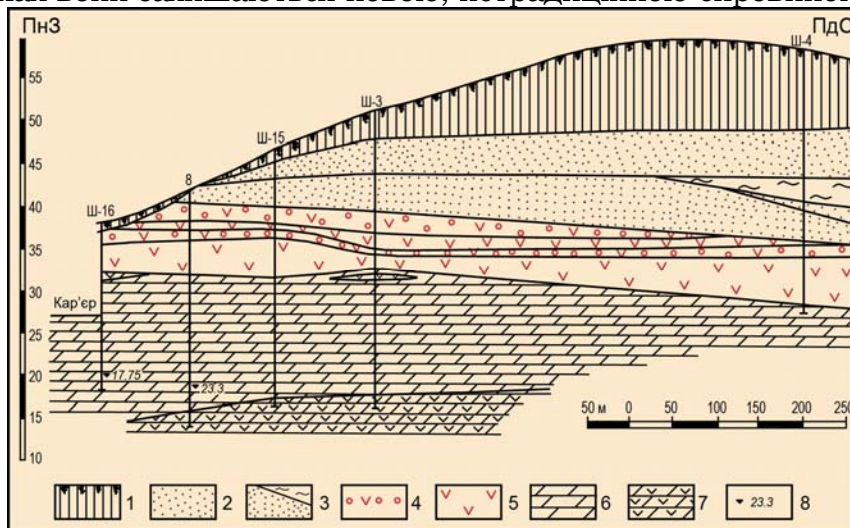
дами високої якості, які можуть використовуватися для виробництва фільтруючого порошку.

**Кутейниківське родовище** представлене потужною лінзою трепелу, запаси якого дорівнюють 9,2 млн т. Родовище не розробляється.

**Покровське родовище** представлене лінзоподібними покладами (2–8 м) зеленкуватого і жовтувато-білого трепелу. Запаси – 0,7 млн т трепелу. Родовище не розробляється.

**Родовище Балка Мокра** в Донецькій області представлено покладом опок верхньої крейди довжиною 1900 м, шириною 100-380 м, потужністю від 0,5 до 70 м, перекритим неогеновими і четвертинними пісками, суглинками і супісками потужністю від 0,5 до 19,5 м (середня 5,13–16,0 м). Запаси опок (A+B+C<sub>1</sub>) 20,4 млн т; залишок запасів на 01.01. 2006 – 20,2 млн т. Родовище розробляється ВАТ „Донцемент”.

Стосовно нетрадиційного використання опал-кристобалітова сировина України вивчена дуже слабо. Можна стверджувати лише, що опоки Наддністрянщини ефективні при використанні для підживлення рису. На Вінниччині опокоподібні породи використовуються для розкислення цукрового гніту. Технологічні випробування показали, що опокоподібні й трепелові породи Наддністрянщини придатні для виробництва кормових добавок, що підвищують якість продукції. Загальні ресурси опок і трепелу в Україні дуже великі, але в багатьох випадках вони залишаються новою, нетрадиційною сировиною.



**Рис. 85. Геологічний розріз Коноплянівського родовища [3]**

1 – ґрунтово-рослинний шар і четвертинний суглинок; 2 – пісок кварцовий дрібнозернистий; 3 – пісок глауконіто-кварцовий з прошарками глини; 4 – трепел з включеннями кременю; 5 – трепел; 6 – мергель опоковидний; 7 – мергель трепелоподібний, пухкий

# БЕНТОНІТИ

## Загальні відомості

Бентоніти – глинисті породи, складені в основному (не менше 80 %) мінералами групи монтморилоніту (з домішкою гідрослюд, гідрохлориту, палигорськіту, каолініту та ін.), що утворилися в результаті девітрифікації та інших хімічних перетворень вулканічного попелу *in situ*. Вони мають високі ємність катіонного обміну, в'язучі властивості, пластичність, сорбційну та каталітичну активність, здатні, поглинаючи воду, різко розбухати (до 8 разів) і перетворюватися на гелеподібну масу чи розпадатися на агрегати гранулярної будови. Колір слабко змінених бентонітів є білим, світло-зеленим, світло-синім, вивітраних – кремовим, жовтим, червоним, брунатним. Бентоніти є жирними й милоподібними на дотик.

За складом обмінних катіонів бентоніти можна розділити на лужні (натрові) та лужноземельні (кальцієво-магнієві). Лужні бентоніти відрізняються високою пластичністю, хорошим розбуханням та іншими властивостями, відносяться до високоякісної сировини, що може застосовуватися в різних галузях народного господарства. Вони складені, головним чином, натрієвим монтморилонітом (70–90 %), поряд з яким можуть бути присутніми селадоніт, хлорит, змішановерствуваті глинисті мінерали, кристобаліт, цеоліт, польовий шпат та ін. Лужноземельні бентоніти поступаються якістю лужним, галузі їх застосування різко обмежені. При облагороджуванні натрієвими препаратами (2–5 %) вони перетворюються в лужні. Вони складені кальцієвим монтморилонітом (до 80–90 %), іноді – кальцій-магнієвим (сапонітом), як домішки можуть бути присутніми плагіоклаз, кальцит, слюда, аморфний кремнезем.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Найчастіше лужноземельні бентоніти застосовуються в гірничорудній промисловості для виготовлення бурових розчинів; у ливарному виробництві – як в'язучий матеріал при виготовленні формувальних сумішей і облицюванні вагранок шамотною цеглою; у будівництві – для виготовлення високоякісного керамзиту; у харчовій промисловості – для очистки та фільтрації води, вин, соків, сиропів, витягування та видалення радіоактивних відходів. Активованій бентоніт застосовується як каталізатор при крекінгу нафти та як адсорбент при очистці



продуктів нафтопереробки. Лужні бентоніти, крім цього, можуть застосовуватися в чорній металургії – для обгрудкування при виробництві окатишів із залізородних концентратів; у сільському господарстві – при виробництві комбікормів і для поліпшення структури ґрунтів; унікальні білопалені різновиди – для виробництва високоміцних порцелянових і фаянсових виробів, фармакологічних і косметичних засобів, виготовлення високоякісних сортів паперу [4].

Вимоги до бентонітів зводяться до визначення ступеня дисперсності, розмокання у воді, зв'язувальної та адсорбційної здатності. Якість бентонітів, які використовуються в ливарному виробництві, регламентується вимогами ДСТ 3226-77 "Глини формувальні", згідно з якими міцність формувальних сумішей у вологому стані має бути не менше 0,1 МПа, а в сухому – не менше 0,3 МПа. Високосортні бентоніти додають міцності сумішам у вологому стані – понад 0,13 МПа, а в сухому – більше 0,55 МПа. Шкідливих домішок має міститися не більше: Fe – 8 %, Ca + Mg – 8, сульфатної сірки – 0,2, CO<sub>2</sub> – 2.

Інші вимоги викладені в галузевих стандартах і технічних ДСТ, наприклад, ТУ 39-044-74 "Бентонітові глини як сировина для виготовлення бурових розчинів", згідно з якими глинопорошки, що застосовуються в буровій промисловості, поділяються на п'ять сортів з виходом промивної рідини (м<sup>3</sup>/т): для вищого сорту – більше 15; I сорту – 12–15; II – 9–12; III – 6–9; IV – менше 6. Для білопалених різновидів, що використовуються у виробництві електротехнічних і фарфорофаянсових виробів, вміст Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і TiO<sub>2</sub> не повинен перевищувати 2,25 %, а SO<sub>3</sub> – 0,75 %. Для високоякісних лужних бентонітів, що застосовуються при виробництві комбікормів, коефіцієнт набрякання має бути не менше 10.

## Економічні відомості

Світові запаси бентонітових глин перевищують 4 млрд т: Китай (2400 млн т), США (800), Туреччина (400), Росія (124). Об'єм світового виробництва бентонітів складає 12 млн т (2003 р.): США – 4,3 млн т; Китай – 1,3; Греція – 1,2; Італія – 0,5; Туреччина – 0,8; Німеччина – 0,5; Росія – 0,5; Індія – 0,5; Японія – 0,4. Провідні експортери – США, Італія, Греція, Велика Британія; імпортери – Германія, Велика Британія, Нідерланди, Канада, Японія. Бентоніт видобувають США, Греція, Туреччина, країни СНГ, Італія, Німеччина та інші країни (табл. 96). В СРСР було відомо 24 родовища бентонітів із запасами 682 млн т, розроблялося 12 родовищ з річним видобутком до 2,8 млн т (1981 р.).

**Видобуток бентоніту, тис. т [6]**

**Таблиця 96**

Країна	2000	2001	2002	2003	2004
Алжир	23	21	27	25	30
Аргентина	123	135	120	147	163
Австралія	180	180	200	200	200
Бірма	1	0,9	0,9	0,9	0,9
Болгарія	296	н/зв	н/зв	н/зв	н/зв
Боснія і Герцеговина	-	-	10	13	17
Бразилія	274	179	185	199	200
Вірменія	3	1	0,3	0,6	0,6
Гватемала	3	3	4	6	6
Греція	950	950	950	950	950
Грузія	7	7	7	10	2
Єгипет	50	50	50	50	50
Зімбабве	140	-	-	-	-
Індонезія	5	5	5	5	5
Іран	70	80	80	80	80
Іспанія	150	150	150	150	150
Італія	500	500	500	500	500
Кіпр	167	127	128	145	150
Македонія	30	30	25	25	25
Мексика	270	415	488	464	470
Мозамбік	16	1	-	-	3
Марокко	43	71	59	72	72
Німеччина	465	448	495	479	405
Нова Зеландія	10	10	8	8	8
Пакистан	28	27	28	28	30
ПАР	85	116	219	145	56
Перу	21	18	21	15	18
Польща	30	29	26	27	27
Румунія	36	25	15	18	18
Словаччина	67	83	66	75	70
СНГ	750	750	750	750	750
США	3760	3970	3970	3770	4060
Туреччина	636	674	559	831	850
Туркменістан	50	50	50	50	50
Угорщина	5	5	4	4	4
Україна	300	300	300	300	300
Філіппіни	3	5	6	5	5
Хорватія	10	11	12	14	14
Чехія	280	224	174	175	175
Чилі	1	2	0,6	0,7	0,8
Японія	415	406	438	426	430
<b>Всього</b>	<b>10300</b>	<b>10400</b>	<b>10300</b>	<b>10300</b>	<b>10500</b>

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Головними типами родовищ бентонітів є [1, 2]:

- **гідротермально-метасоматичні**, виникли в результаті метасоматозу ефузивних і вулканогенно-осадових гірських порід при низьких і середніх температурах (50–300°) і високій лужності (рН = 9–10) гідротерм (Саригюське у Вірменії, Даш-Салахлинське в Азербайджані, Ваніскедське в Грузії, Понца в Італії); приурочені до розломів і тріщин, що оперяють та пересікають вмісні породи, часто мають значну потужність (до 100–130 м), великі запаси та високу якість сировини;
- **вулканогенно-осадові** морські та континентально-озерні, утворилися в результаті підводного перетворення (гальміролізу) попелу, який було занесено до водойм повітряним шляхом (Блек-Хілз у США, Пижівське та Бережанське в Україні, Гумбрійське в Грузії; Огландянське в Туркменістані, Хандарське в Азербайджані, Азкамарське в Узбекистані); характеризуються пластовою формою, порівняно невеликою потужністю (5–30 м), мають середні та дрібні запаси сировини високої якості;
- **терігенно- та колоїдно-осадові**, формуються на древніх платформах у результаті перевідкладення й діагенезу продуктів розмиву кори вивітрювання та розкристалізації колоїдно-дисперсних продуктів (Черкаське в Україні, Биклянське, Тари-Варське, Верхньо-Нурлатське, Смишляєвське в Поволжі, Зирянське на Уралі, Любинське в Сибіру); представлені пластовими покладами, рідше лінзами, мають середні та великі запаси, однак якість їх сировини зазвичай є невисокою;
- **елювіальні**, утворюються в умовах глибокого субаерального вивітрювання та фізико-хімічних змін інтрузивних, вулканогенних, осадових порід (Усть-Маньїнське, Сахаринське, Разгонське в Росії, Бранинське в Чехії); поклади мають лінзо- та карманоподібну форму, незначну потужність (перші метри), невеликі запаси.

Усі згадані вище типи родовищ поділяються на лужні та лужноземельні, причому особливу цінність мають родовища першого типу.

### Родовища України

В Україні відомо близько 100 родовищ і проявів бентонітів у шести провінціях:

- Закарпатська (Горбське, Ільницьке, Кіштинське, Копанське), де вони пов'язані з Вигорлат-Гутинською грядою та Солотвинською западиною (прогнозні ресурси 15 млн т);
- Передкарпатський передовий прогин і Волино-Подільська плита (Пижівське, Бережанське, Немирівське, Струтинське та інші) (прогнозні ресурси 18 млн т);
- Причорноморська западина;
- УЩ (Черкаське та інші) (прогнозні ресурси 20 млн т);

- Індоло-Кубанський прогин (Керченський півострів) Криму (Курцівське, Мангуське) (4 млн т);
- Донецька складчаста область (прогнозні ресурси 48 млн т).

Державним балансом запасів враховано 8 родовищ бентонітових глин (Черкаське, Горбське, Курцівське, Кудринське, Бережанське, Пижівське та ін.) із загальними балансовими запасами категорій А+В+С<sub>1</sub> 63,9 млн т, С<sub>2</sub> – 0,2 млн т і забалансовими – 1,4 млн т (на 01.01.2005 р.); 4 родовища (Черкаське, Горбське та ін.) розробляються як сировина для ливарного виробництва, бурової справи та ін. Глини в основному лужноземельні полімінеральні, монтморилонітового і бейделіт-монтморилонітового складу. Переважають лужноземельні (Са–Mg з домішкою Na, K тощо), рідше зустрічаються лужні (Na з домішкою K, Ca, Mg) різновиди (Кіштинське родовище).

Добре відомі й неодноразово описані такі родовища бентонітових глин, як Черкаське, Горбське та інші, що були традиційними постачальниками цього виду сировини для промисловості СРСР.

Головним об'єктом УЩ є **Черкаське родовище**. Продуктивна товща глин приурочена до відкладів нижнього і середнього міоцену, складається з 5 шарів (0,5-15 м) монтморилонітових, палигорськітових і полімінеральних глин. Запаси складають 50,4 млн т, на базі родовища споруджений комбінат і завод глинопорошків з річною продуктивністю 650 тис. т. Глини придатні для виробництва керамзитового гравію, легких бурових розчинів, керамічних виробів і гідротехнічного цементу, залізорудних окатишів тощо.

В Закарпатському прогині у пліоценових глинах відомі Горбське і Хижинське родовища бентонітоподібних глин низької якості, а у вулканогенно-осадових відкладах міоцену Солотвинської западини знайдені лужні бентонітові глини. В Передкарпатті і на Волино-Поділлі перспективними на бентонітові глини є відклади міоцену, до яких приурочені Бережанське (запаси 426 тис. т) і Пижівське (241 тис. т) родовища, перспективний прояв с. Журавне.

В меотичних і сарматських відкладах Причорноморської западини знайдені прояви бентонітоподібних глин (Жоброжанівський, Великомихайлівський, Лучинський, Цезарівський, Северинівський), які вимагають подальшого вивчення. Прояви таких глин знайдено і в Криму (Курцівське і Кудринське родовища, прояв Святої Гори на Карадазі). **Кудринське родовище** представлене трьома типами бентонітів: лужними, лужноземельними і лужноземельними з підвищеним вмістом Na. Запаси за категоріями С<sub>1</sub> 380 тис. т, С<sub>2</sub> – 220.

В Донецькій області розвідано **Григорівське родовище** (білокузьминівська світа) із запасами бентонітів 260 млн т (С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub>). Проведені

пошукові роботи на інших крупних родовищах – Сорішенському, Карпівському, Дронівському, аналогічних за масштабами.

Металургійні підприємства України використовують бентонітові глини Дашуківської ділянки Черкаського родовища як формувальні, але вони не придатні для виробництва окатишів із залізорудних концентратів, тому для цих цілей такі глини імпортуються з Азербайджану. При збереженні рівня попиту українських металургійних підприємств їх потреби у бентонітових глинах становлять 500-560 тис. тонн на рік.

Справа в тому, що бентоніти названих родовищ відносяться до лужноземельних, не мають високих технологічних властивостей і не можуть конкурувати на світовому ринку із сировиною високої якості, що добувається в США, Китаї та інших країнах. Очевидно, багато в чому саме цими причинами обумовлено різке падіння видобутку бентонітів в Україні з 422 тис. т у 1991 р. до 142 тис. т у 1997.

Тим часом на початку 80-х рр. у Закарпатті було розвідано Кіштинське родовище лужних, частково білопалених бентонітових глин, якість яких (за попередніми даними) відповідає найвищим вимогам промисловості й які можуть бути використані в різних галузях народного господарства.

Бентоніти Закарпаття приурочені до горизонтів епігенетично перетворених туфогенно-осадових порід, що залягають переважно в низах розрізу міоценових і міоцен-пліоценових відкладів Вигорлат-Гутинської гряди. Тут відомі декілька родовищ бентонітових глин: Горбське в Мукачівському районі, Ільницьке в Іршавському, Копанське у Виноградівському, однак усі вони відносяться до низькосортних лужноземельних.

Винятком є **Кіштинське родовище**, розташоване на лівобережжі р. Тиса в 2-4 км на захід від селища Вишково. Площа родовища складена вулканогенно-осадовими утвореннями доробратівської, лувківської та алмаської світ неогену. Поклад бентонітових глин приурочений до верхньої частини верхньодоробратівської підсвіти, складеної переверстуванням псамітових, алевритових і пелітових туфів з прошарками аргілітів. Підсвіта перекрита сірими й темно-сірими аргілітами з прошарками ріолітових туфів і пісковиків лувківської та алмаської світ (120-130 м). Корисна копалина представлена полого (15-25°) похиленим на південний захід шаром потужністю від 1 до 2,7 м (середня – 1,9 м), який простежений за простяганням на 1500 м, а за падінням на 100 м. Він складений 2-3 пачками бентонітів по туфах ріолітів, які розділені прошарками (0,1-0,5 м) щільних сірих аргілітів, що виклинюються за падінням.

Бентоніти є білою (у сухому стані) породою, що швидко набухає

при контактi з водою. За даними геологорозвiдувальних робiт, первинна порода є ксенотуфом рiолiту, в якому серед уламкового матерiалу домiнують уламки вулканiчного скла, майже цiлком замiщенi дрiбно-лускатим агрегатом монтморилонiту, iнодi доломiту та кварцу. За сумою та складом обмiнних катiонiв бентонiти переважно вiдносяться до лужних, де основним компонентом iонного обмiну є натрiй i калiй, якi переважають над кальцiєм i магнiєм. Вони характеризуються високою пластичнiстю, ступенем розбухання вiд 6 до 13 разiв, бентонитовим числом 65–100 i колоїдальнiстю 73–100. Серед рядових рiзновидiв присутнi лiнзоподiбнi прошарки невстановленої потужностi унікальних бiлопалених глин з високими розбуханням (10–19 разiв), бентонитовим числом (середнє 100) i колоїдальнiстю (у середньому 100).

Вони придатнi для виготовлення якiсних бурових розчинiв, можуть бути використанi як адсорбенти (характеризуються значною фiльтруючою здатнiстю та низькою оліємiсткiстю), частково – як зв'язувальний компонент формувальних сумiшей в ливарному виробництвi. Бентонiти в природному станi вiдповiдають iснуючим вимогам до бентонитових глин для тонкої та будiвельної керамiки (ДСТ 7032-75), вiдповiдають найкращiй марцi (ФРК) за всiма показниками за винятком зв'язувальної здатностi (1,5 МПа - 15,3 кгс/см<sup>2</sup> при нормi 2 МПа – 20 кгс/см<sup>2</sup>), яка пiсля збагачення досягає норми, хоч при цьому пiдвищується вміст барвних оксидiв до значень, що вiдповiдають марцi "СК". Однак обсяг i запаси бiлопалених глин не встановленi.

Таким чином, бентонiти Кiштинського родовища є гостродефіцитними, лужними, частково бiлопаленими, можуть бути використанi не тiльки для виготовлення бурових розчинiв i формувальних сумiшей, але й для виробництва тонкої керамiки. В iнших краiнах бентонiти такої якостi використовуються як сорбенти для очищення нафтопродуктiв, питної води, харчових олій тощо, витягування й видалення рiдіоактивних вiдходiв, у виробництвi косметичних засобiв i фармакологічних препаратiв, у паперовому виробництвi. Запаси категорiї С<sub>2</sub> оцiненi (1993 р.) в 4,8 млн т, прогнознi ресурси – 9,6 млн т. Гiрничотехнiчні умови складнi, родовище може розроблятися штольними, нинi не розробляється.

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які різновиди мінеральної сировини відносяться до гірничотехнічної?
2. Надайте загальну характеристику опал-кристобалітовим породам.
3. Надайте порівняльну характеристику діатомітам, радіоляритам, спонголітам, опокам, трепелам.
4. Де використовуються опал-кристобалітові породи?
5. Які основні вимоги існують до опал-кристобалітової сировини?
6. Які країни видобувають опал-кристобалітову сировину?
7. Які провідні типи родовищ опал-кристобалітової сировини?
8. Охарактеризуйте стан мінерально-сировинної бази опал-кристобалітової сировини України.
9. Які родовища опал-кристобалітової сировини в Україні ви знаєте?
10. Чим з точки зору промисловості цікаві бентоніти?
11. Як поділяються бентоніти?
12. Де використовуються бентоніти?
13. Які країни більш за все видобувають бентонітів?
14. Які є генетичні типи родовищ бентонітів?
15. Які родовища бентонітових глин в Україні ви знаєте?
16. Чим відрізняється Киштинське родовище від інших родовищ бентонітів України?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бентониты. – М.: Недра, 1980.
2. Кирсанов Н.В., Сабитов А.А. Генетическая и промышленная классификация месторождений бентонитов СССР // Бентониты. – М.: Недра, 1980. – С. 17–24.
3. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Київ-Львов: „Центр Європы”, 2005.
4. Михайлов В.А., Чудаев О.В., Астапенко Г.И., Граждан Т.Г. Месторождения нерудного сырья Приморского края. – Владивосток: Дальнаука, 1998.
5. Прогнозирование и поиски месторождений горно-технического сырья. – М.: Недра, 1991.
6. USGS Mineral Yearbook, 2005.
7. USGS Mineral Yearbook, 2007.

# РОЗДІЛ 7

## СИРОВИНА ДЛЯ МІНЕРАЛЬНИХ ФАРБ

### Загальні відомості

До мінеральних пігментів відносять різноманітні природні фарбувальні речовини, що мають той чи інший колір, не розчиняються у воді, олії та спирті та є головною частиною будь-якої фарби, у складі якої вони беруть участь разом з іншими речовинами (лаком, олією, органічним клеєм, рідким склом та ін.). Інакше кажучи, пігменти – це пофарбовані (кольорові) гірські породи, руди і мінерали різного складу і походження, які можуть використовуватися в різних галузях господарства [1, 2, 9]. Показниками, які вказують на можливість їх використання, є колір, структурні особливості, хімічний і мінеральний склад, ступінь дисперсності, фарбувальна здатність, покривна здатність (покривність), оліємісткість, світло- та атмосферостійкість.

**Колір** пігменту може бути ахроматичним (білим, сірим, чорним), хроматичним, спектральним (червоним, жовтим, зеленим, блакитним, синім). Він характеризується трьома константами: кольоровим тоном з відповідною довжиною хвилі спектра ( $\lambda$  мкм), чистотою тону (R), світлістю тону (H).

**Структура** природних пігментів дуже впливає на технологічні властивості; вона може бути аморфною або кристалічною; аморфна структура викликає поглинання світла, кристалічна – допомагає його відбиттю.

**Дисперсність** – розмірність часток у пігменті; недостатня дисперсність пігменту заважає розтиранню його зі сполучною речовиною.

**Покривна здатність** (покривність) – здатність пігменту разом зі сполучною речовиною лягати тонким і рівномірним шаром на поверхню й робити невидимим первісний колір предмета, що фарбується. Показником покривної здатності є виражена в грамах кількість фарби, необхідна для покриття площини в 1 м<sup>2</sup>. Дуже часто покривна здатність пігменту залежить від сполучної речовини, наприклад, крейда з клеєм і водою дають добру покривну фарбу, а з оліфою – дуже погану, оскільки при показниках заломлення оліфи – 1,5, крейди – 1,6 фарба стає такою, що вкриває погано, прозорою (лесируючою).

Під **фарбувальною здатністю** розуміють здатність пігмента надавати свій колір іншій речовині при їх змішуванні. Фарбувальна здатність залежить від дисперсності і покривної здатності пігменту.



Під **оліємісткістю** розуміють здатність пігменту поглинати олію; її вимірюють кількістю олії, необхідною для доведення 100 г пігменту до пастоподібного стану (оліємісткість першого роду) або до готової фарби (оліємісткість другого роду).

**Світлостійкість** – здатність пігменту зберігати свій колір під дією сонячних променів. Зазвичай відтінок кольору поступово змінюється, але зміни ці проходять по-різному – одні пігменти темнішають, інші вицвітають.

**Атмосферостійкість** – властивість пігменту протистояти різним атмосферним агентам – температурі, діям пари та газів, вологості, туману та дощу. Як світло-, так і атмосферостійкість у природних пігментів значно вища, ніж у штучних.

**Технічні** властивості пігментів, фарби й фарбової плівки значною мірою залежать від ступеня дисперсності пігменту.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Класифікації мінеральних пігментів побудовані на геолого-мінералогічних ознаках з урахуванням їх хімічного складу й технологічних властивостей [5]. Виділяють такі типи мінеральних пігментів:

1. **Залізооксидні та манганозалізооксидні** (вохра, сієна, мумія, сурик залізний) – складаються з оксидів заліза, іноді з домішкою MnO (до 30–85 %). Виділяються жовті (деякі сорти вохра), коричнево-жовті (сієна), червоні (мумія, залізний сурик), коричнево-червоні (гематитові і гідрогематитові залізні руди) різновиди. Як правило, вони мають високі покривність, світло- та атмосферостійкість; залізний сурик відрізняється низькою оліємісткістю, антикорозійною й хімічною стійкістю. Залізооксидні пігменти поширені в природі, застосовуються з будь-якою сполучною речовиною і є найбільш важливими для промисловості.

2. **Глинисті** включають різноманітні глини, забарвлені оксидами і гідроксидами заліза та марганцю (до 20–30 %) в жовтий та коричневий кольори різних відтінків (вохра глиниста, мумія глиниста, умбра). Вохри мають високу покривність. Умбра – однорідна, стійка до дії лугів, чутлива до підігріву, при випалюванні відтінок змінюється до чорного.

3. **Карбонатні** включають крейду, крейдоподібний мергель, вапняк, вохру карбонатну, малахіт, азурит. Вміст FeO в них змінюється від 0,1 до 30 %, CaO – від 25 до 30 %, що й обумовлює колір пігменту: жовтизні додають водні оксиди заліза; зелені відтінки залежать від домішок глауконіту; темно-коричневі – від гумусу; сині – від карбонатів міді. Пігменти цього типу на олійних сполучних непридатні. Карбонати міді застосовуються при виготовленні художніх фарб.

4. **Вуглисті** – це м'які, пухкі нагромадження вуглистих часток, які вміщують домішки глинистої речовини, є продуктами вивітрювання вугільних шарів або неповного згоряння вугілля. Вони бувають двох кольорів: коричневого (касельська земля) та чорного (сажа природна). Вміст хромофорів у вигляді органічної речовини змінюється від 41 до 72 %, оксидів заліза – 20–27 %. Ці пігменти мають велику оліємісткість і добру покривність.

5. **Кремнеземисті** включають глауконіт, волконськоїт, лазурит, туфи, сланці, пісковики. Колір цих пігментів жовтий, червоний, рожевий, синій, зелений, залежить від хімічно пов'язаних з  $\text{SiO}_2$  оксидів хрому, заліза та ін. Покривність пігментів погана, але з них виготовляють якісні лесирувальні фарби для живопису.

6. **Сульфатні** – гіпс, ангідрит, барит, ярозит. Колір пігментів залежно від домішок білий, сірий, жовтий. Як фарби вони використовують рідко, найчастіше – для розбілювання кольорових пігментів.

7. **Фосфорнокислі** – утворення, в яких присутні фосфорнокисле закисне залізо й органічна речовина, складені переважно вівіанітом, який при окисненні на повітрі стає блакитним, сірувато-синім до чорно-синього. Це дешева синя фарба.

Крім перелічених, зустрічається пігментна сировина перехідних типів: глинисто-залізооксидна, глинисто-карбонатна, карбонатно-залізооксидна тощо. До мінеральних пігментів відносяться також графіт, асфальт, кіновар і піролюзит.

Промисловістю виготовляються пігменти в широкому асортименті, найпоширенішими є крейда, вохра, сієна, мумія, сурик, умбра, природна сажа.

**Крейда** відноситься до білих природних пігментів карбонатного типу, характеризується чистим білим кольором і м'якою структурою. Інтенсивність білого кольору змінюється від 88 до 91 %, а вміст полуторних оксидів – від 0,1 до 0,29 %. Крейда, головним чином, застосовується в будівництві як самостійний білий пігмент або як розріджувач кольорів при фарбуванні. Застосовується вона виключно з клейовим сполучним.

**Вохра** поділяється на глинисту, залізооксидну, карбонатну. Глиниста вохра – глина, забарвлена гідратом оксиду заліза. Залежно від вмісту  $\text{FeO}$  її колір змінюється від світло-жовтого до золотистого. У глинистих вохрах вміст  $\text{FeO}$  має бути не нижче 11 %. Залізооксидна вохра – це окиснена залізна руда, хромофором в якій служать гетит і лімоніт. Вміст  $\text{FeO}$  – до 85 %. Глиниста та залізооксидна вохра використовуються в усіх галузях промисловості – лакофарбовій, цементній, гумовій, паперовій, пластмасовій тощо. Вживаються вони з різними сполучними. Карбонатна вохра – залізовмісне доломітове боро-

шно або вапняк. Унаслідок високого вмісту  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  карбонатна вохра має інтенсивне забарвлення. Застосовується вона в тих самих галузях промисловості, що й крейда. Особливо широке використання вона знаходить при фарбуванні в жовтий колір цементу й азбоцементу, а також у силікатних фарбах.

**Сієна** відрізняється від вохри підвищеним вмістом гідратів оксиду заліза (46–69 %) і меншим вмістом глинистих мінералів, замість яких до її складу входить колоїдоподібна кремнієва кислота. Колір сієни жовто-коричневий різних відтінків. Характерною особливістю сієни є лєсируюча здатність (прозорість), завдяки якій вона широко застосовується для виготовлення художніх фарб, у поліграфічній промисловості, літографії. Крім того, вона використовується при виготовленні кольорових олівців і пастелі. Застосовується в лакофарбовій промисловості та будівельній техніці.

**Мумія** поділяється на глинисту, залізооксидну та бокситову. Глиниста мумія – це глина, пофарбована в червоний колір безводними оксидами заліза; вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  у ній від 20 % і вище. Залізооксидна мумія – це залізна окиснена руда червоного кольору із вмістом безводних оксидів заліза від 40 % і вище. Залізооксидні мумії мають інтенсивніші тони та кращу покривну здатність, ніж глинисті мумії, й є добрим антикорозійним пігментом. Як ті, так і інші широко застосовуються на залізничному транспорті для фарбування товарних вагонів, у цементній та азбоцементній промисловості. Бокситова мумія – це високозалізистий боксит, в якому хромофором є безводний оксид заліза. Залежно від вмісту  $\text{FeO}$  він дає цілу гаму червоного кольору. Бокситова мумія застосовується в будівельній і художній техніці та інших галузях промисловості.

**Сурик** – окиснена залізна руда, пофарбована в червоний колір гематитом. Вміст  $\text{FeO}$  в ньому від 75 до 87 %. Він характеризується високими покривною здатністю, світло- й атмосферостійкістю. Застосовується в усіх галузях промисловості.

**Умбра** натуральна є глиною, в якій  $\text{Al}$  заміщений  $\text{Fe}$ . Присутність в умбрі деякої кількості  $\text{Mn}$  надає їй оливково-зеленого кольору з коричневим відтінком. При випаді природної умбри при температурі 400–600° одержують умбру палену, яка є основою пігментів різних тонів. Умбри широко застосовуються при виготовленні шпалер, в паперовій промисловості, літографії, кольоровому друкуванні. У мулярській техніці вони використовуються з клейовим та олійним сполучним.

**Сажу** природну, як і штучну, одержують при неповному згорянні багатих на вуглець (який є хромофором) органічних речовин. Сажа застосовується як чорний пігмент у літографії, гумовій промисловості,

для виготовлення лінолеуму та клейонки, для фарбування шкір, у будівельній і художній техніці.

Крім цих в промисловості використовуються й інші пігменти: волконськоїтовий зелений, лазуритовий і азуритовий синій, марганцевий і касельський коричневі, глинистий сірий, ярозитовий жовтий та ін.

Державних стандартів на пігментну сировину немає. Вимоги промисловості до їх якості визначаються, виходячи з вимог стандартів на готову продукцію. Головними показниками, за якими оцінюється якість пігментів, є: білизна та кольоровість, вміст фарбувальної речовини ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{TiO}_2$  та ін.), вміст водорозчинних солей, рН водної витяжки, вміст шкідливих домішок (вільного кварцу для вохри, сполук хлору й сірки для сурику залізного та мумії природної тощо), покривність, оліємісткість, гранулометричний склад, вміст вологи, розбілююча здатність, розтираємість, водоемність тощо.

Світовий видобуток мінеральних фарб перевищує 450 тис. т на рік: Індія – 150 тис. т, Росія – 65–70; США – 40; Іспанія – 26; Франція – 15.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Родовища мінеральних пігментів пов'язані з широким комплексом гірських порід, які сформувалися в різних умовах, при цьому виникнення самих пігментів обумовлено також різними причинами. Усе це ускладнює класифікацію родовищ мінеральних пігментів, які можна об'єднати в чотири генетичних типи: ендегенні, метаморфогенні, осадові й вивітрювання [5].

**Ендегенні родовища** поділяються на магматогенні (нечисленні); вулканогенні (кольорові вулканічні туфи Вірменії, Закарпаття); контактово-метасоматичні (лазурит Прибайкалля, волконськоїт Казахстану, залізна слюдка Таджикистану); гідротермальні (кіновар Микитівського родовища, залізооксидні пігменти). Як правило, вони є комплексними, фарбувальна сировина видобувається супутньо.

**Метаморфогенні родовища** поділяються на метаморфічні (графіт) і метаморфізовані (родовища залізних руд Кривого Рогу і Курської магнітної аномалії).

**Осадові родовища** поділяються на континентальні й морські. Серед континентальних виділяють алювіальні й озерно-болотні, складені бурими залізяками і пофарбованими гідроксидами заліза глинами; в їх складі присутні віваніт і окиснені торфова й вуглиста речовина. Морські родовища представлені пігментами глинистими, залізооксидними, марганцевими, кремнеземистими, карбонатними, вуглистими (наприклад, Нікопольське родовище пухких піролюзитових руд).

**Родовища вивітрювання** об'єднують родовища елювіально-делювіальні (глинисті, карбонатні, вуглисті пігменти); латеритних (залізооксидні й глинисті пігменти), каолінових (каоліни) і глинистих (вохри і мумії) кір вивітрювання; залізних "шляп" (зони окиснення залізородних, марганцевих, колчеданних, свинцево-цинкових руд); інфільтраційні (заповнення карстових порожнин і тріщин глинисто-карбонатною масою жовтого та червоного кольору).

## Родовища України

В Україні відомо більш 150 родовищ і проявів природних мінеральних пігментів в ДДЗ, на УЩ, у Донбасі, Криму, Закарпатті. Державним балансом України враховано 11 родовищ з запасами 113 млн т. Розробляються залізооксидно-глинисті родовища, з яких у 2000 р. видобуто 31,1 тис. т сировини [6, 7]. До головних типів мінеральних пігментів відносяться руди чорних і кольорових металів, кольорові глини, глауконіт (табл.97).

**Таблиця 97**

### Головні типи мінеральних пігментів України, тис. т

Родовища, прояви	Потужність покладів, м	Запаси		Прогнозні ресурси	Видобуток, тис. т
		A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>		
<b>Руди чорних і кольорових металів</b>					
Шахта Гігант	90,0	588,7	-	-	11,4
Шахта Гігант-Дренажна		6748	-	-	-
Шахта Саксагань		752	-	-	-
<b>Глини кольорові</b>					
Яснопільське		588,7	-	-	-
Ільницьке		335,4	-	-	-
Іршавське		445	-	-	-
Новоселицьке		1753	-	-	-
Чернянське		96,6	-	-	-
Малоком'ятське		419	-	-	-
Шаланківське		-	751	-	-
Сухокам'янське		186,6	-	-	-
<b>Глауконіт</b>					
Карачайське	5-7	-	-	230500	-
Жванське		-	5376	37800	-
Адамівське	11,5	-	2500	-	-
Карпівське	4,0-19,2	-	2007	9204	-

В Україні виділяється 5 перспективних площ мінеральних пігментів (рис. 86):

- Криворізько-Кременчуцька з Криворізьким родовищем (рис. 87), де як супутній компонент видобуваються сурик залізооксидний і глиниста мумія, запаси яких становлять 888 тис. т;
- Побузька з Капітанівським, Косанівським, Антонівським, Заваллівським та іншими проявами вохр глинистих і графіту, Високопільським родовищем бокситової мінеральної фарби;
- Нікопольська, де відомі піролюзитові марганцеві руди Нікопольського і Велико-Токмацького родовищ;
- Донецька, родовища: Сухокам'янське та Яснопільське (рис. 88) глинистих вохр юрського віку, Кам'янське – четвертинних болотних залізних руд; Микитівське – кіноварі;
- Закарпатська з родовищами глинистих вохр кори вивітрювання андезитів і туфів неогенового віку – Іршавське, Новоселицьке, Чернянське, Ільницьке (рис. 89) із загальними запасами понад 3 млн т; проявами бариту (Біганський), сидериту (Кам'янський).

**Рис. 86. Карта перспективних площ України на мінеральні фарби**

1 – площа, що перспективна на мінеральні фарби; 2 – глина; 3 – гематит; 4 – піролюзит; 5 – глауконіт

**Руди чорних і кольорових металів** як мінеральні пігменти видобуваються на ряді кар'єрів Криворіжжя (рис. 87), зокрема, на кар'єрі Північному (шахта Гігант) (11,4 тис. т залізооксидних гематитових руд на рік), де запаси вохри глинистої жовтої (A+B+C<sub>1</sub>) складають 0,6 млн т.

На родовищі шахти Гігант – Дренажна до 1994 р. разом із залізними рудами видобувалися гематитові і каолін-глинисті руди, зараз родовище законсервоване. Загальні запаси руд – 6,7 млн т, запаси залізооксидних гематитових (сурик коричневий) – 2,7 млн т, залізооксидно-глинистих каолін-гематитових (мумія червона) – 4 млн т.

Родовище шахти Саксагань містить запаси руд залізооксидно-глинистих каолін-гематитових (мумія червона), експлуатувалося під-

земним способом, з 1991 р. знаходиться на консервації. Враховані запаси каолін-гематитових руд (A+B+C<sub>1</sub>) у кількості 0,8 млн т.

Загальні запаси залізооксидних гематитових і залізооксидно-глинистих каолін-гематитових руд у Криворізькому районі (A+B+C<sub>1</sub>) складають 7,5 млн т.

Як сировина для мінеральної фарби перспективними є піролюзитові марганцеві руди Нікопольського і Великотокмацького, боксити Високопільського, кіновар Микитівського родовищ.

**Рис. 87. Криворізьке родовище залізного сурику (схематичний геологічний розріз за матеріалами П.Гаврилової, 1966)**

1 – суглинки, піски, галечники; 2 – кварцити, пісковики аркозові; 3 – філіти; 4 – сланці графіт-біотит-кварцові; 5 – кварцити гетит-мартит-гематитові; 6 – кварцити і джеспіліти мартитові; 7 – сланці кварц-амфібол-хлоритові; 8 – сланці кварц-біотит-хлоритові; 9 – залізні руди гетит-гематит-мартитові; 10 – тектонічні порушення

**Глини кольорові** в Україні не видобуваються у зв'язку з відсутністю попиту на сировину. Державним балансом враховані запаси глинистих пігментів у Донецькій (Яснопільське родовище, рис. 88), Закарпатській (Ільницьке, рис. 89, Іршавське, Новоселицьке, Чернянське, Малоком'ятське, Шаланківське) і Харківській області (Сухокам'янське) у кількості понад 4,5 млн т. Вміст Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> від 5–7 до 45–50% [7, 8].

**Глауконіт**, який є важливим природним адсорбентом, може використовуватися для рекультивації забруднених радіонуклідами ґрунтів, як агрономічна руда, представлений понад 80 проявами в межах Волино-Подільської плити, Львівського і Передкарпатського прогину, схилів УЩ, ДДЗ, Донбасу, приурочених до відкладів крейдового, палеогенового і неогенового віку, але розвідані родовища відсутні. Найперспективнішим для їх виявлення є південно-західний схил УЩ, де прогнозні ресурси глауконіту альб-сеноманської глауконітової формації оцінюються в 277,5 млн т. Тут виявлені родовища Карачайське

(Хмельницька область), Жванське, Адамівське, Карпівське (Вінницька область), де підраховані запаси глауконіту за категорією С<sub>2</sub> у 9,88 млн т, ряд перспективних ділянок (Струзька, Цивковецька, Великоолександрівська, Крутобродська, Баранівська та ін.) [3, 4, 6].

**Карачайівське родовище** глауконітових пісків приурочене до нижньосеноманського під'ярусу верхньої крейди, потужність продуктивних горизонтів 5–7 м, глибина залягання 5–15 м. Піски темно-зелені, зерна глауконіту округлі, його вміст 50–68,7%. Прогнозні ресурси пісків 388,8 млн т, глауконіту – 230,5 млн т.

**Жванське родовище** представлене різнозернистим фосфатно-глауконітовим піском (0,9–1,5 м) з включеннями кулястих фосфоритів, перекритим крейдоподібними мергелями турону. Вміст глауконіту в пісках 30–40%, Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – 2–9% (переважно 3–5%), в концентратах – 14–16%. Довжина покладів більше 10 км. Прогнозні ресурси кварц-глауконітових пісків 37,8 млн т, запаси – 5,4 млн т.

Запаси глауконітових пісків **родовища Адамівське** за категорією С<sub>2</sub> склали 2,5 млн т, середній вміст Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – 2,8 %, а потужність продуктивного шару в середньому 11,5 м.

**Карпівське родовище** фосфорит-глауконітових руд представлене глинистими і карбонатними пісками нижнього сеноману потужністю 4,0–19,2 м. Середній вміст фосфориту – 10,8%, глауконіту – 22,5%, запаси руд за категорією С<sub>2</sub> складають 2 млн т, прогнозні ресурси 9 млн т.

До родовищ подібного типу належать Осиківське (Донецька обл.), Ратнівське (Волинська обл.),

**Рис. 88. Яснополянське родовище глинистих вохр (за матеріалами І. Кілішевського, 1959)**

1 – суглинки, піски, галечники; 2 – глини; 3 – глини сланцеві; 4 – вапняки; 5 – пісковики; 6 – глини хлоритові

**Рис. 89. Ільницьке родовище глинистих вохр (схематичний геологічний розріз за матеріалами Б. Левіцького, 1975)**

1 – суглинки, піски, галечники; 2 – андезити; 3 – туфи вулканічні; 4 – глини хлоритові



## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які речовини відносяться до мінеральних пігментів?
2. Що визначає фарбувальні можливості і якість сировини для мінеральних фарб?
3. Які існують головні різновиди мінеральних пігментів?
4. Як можуть утворюватися мінеральні пігменти?
5. Які родовища мінеральних пігментів відомі в Україні?

## Література

1. Бельський Е.Ф., Рискін І.В. Хімія і технологія пігментів. – Л., 1974.
2. Вайнштейн Э.С. Природное красочное сырье (земляные пигменты) // Требования промышленности к качеству минерального сырья. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. – Вып. 48, изд. 2.
3. Глауконіт: Відомості про геологорозвідувальні роботи в Україні на 1.01.2002. Вип. 5. – К.: Геоінформ, 2002.
4. Гурський Д.С., Шимків І.В., Білошапський М.В. Каміння родючості // Мін. Ресурси України, 1996. – № 2. – С. 10–11.
5. Залесский Б.В., Розанов Ю.А. Опыт классификации месторождений минеральных красок // Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. – М.: АН СССР, 1946. – С. 13–18.
6. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Київ-Львів: „Центр Європы”, 2006.
7. Минеральные ресурсы Украины и мира на 1.01.2004 г. – К.: Геоинформ, 2005.
8. Сировина для виробництва мінеральних пігментів: Державний баланс запасів корисних копалин України. Вип. 94. – К.: Геоінформ, 2003. .
9. Толстихина К.И. Природные пигменты Советского Союза. – М.: Госгеолтехиздат, 1963.

## РОЗДІЛ 8

# АГРОХІМІЧНА СИРОВИНА

Для нормального розвитку рослин необхідні світло, тепло, повітря, волога та поживні речовини. Відсутність навіть одного з цих факторів призводить до повної загибелі рослин, а недостатня кількість – до порушення їх нормального розвитку. З кожним врожаєм з ґрунту виноситься велика кількість поживних речовин, відновлення яких без внесення ззовні практично неможливе. Тому внесення поживних речовин у ґрунт у вигляді добрив є основною умовою підвищення його родючості.

Усі добрива поділяються на органічні, мінеральні, органо-мінеральні та бактеріальні [7]. Крім того, за вмістом головних елементів живлення розрізняють однокомпонентні та багатокомпонентні добрива. Однокомпонентні добрива містять лише один з найважливіших елементів живлення (азот, фосфор, калій), а багатокомпонентні – декілька таких елементів і бувають подвійні (наприклад, калійна селітра, що містить калій і азот), потрійні (наприклад, нітрофоска, до складу якої входять азот, калій і фосфор).

**Мінеральними** називаються добрива, які одержують з мінералів та гірських порід. За фізичним станом вони поділяються на тверді та рідкі. Головною сировиною для виробництва мінеральних добрив є агрономічні руди.

**Агрономічними рудами** називаються гірські породи чи мінерали, які повністю або своїми складовими частинами використовуються в сільському господарстві для підвищення кількості або якості врожаю. Найбільше значення мають ті мінеральні добрива, які містять основні поживні речовини – азот, фосфор і калій. Вони повністю споживаються рослинами й називаються прямими або безпосередніми. Крім того, у ґрунт також корисно вносити цілий ряд інших мінералів і гірських порід, які рослинами не споживаються, але поліпшують структуру та інші фізико-хімічні властивості ґрунтів і тим самим значно сприяють підвищенню врожайності. Такі називаються другорядними. До них належать, передусім, вапнякові добрива.

Серед прямих мінеральних добрив найголовніші – фосфатні, до складу яких входить елемент фосфор (апатит, фосфорити та ін.), калійні, до складу яких входить елемент азот (селітри). З другорядних мінеральних добрив найбільше значення мають вапняки, крейда, доломіти, гіпс, ангідрит, торф, вівіаніт, сапропель, глауконіт, сапоніт, цеоліти та ін.

До агрохімічної сировини відносять природні мінеральні утворення, що є сировиною для виробництва мінеральних добрив і поліпшення структури ґрунтів в агрономічних цілях [10, 13]. Для виробництва мінеральних добрив використовуються у тому числі і такі види гірничохімічної сировини, як калійні солі та фосфатні руди, описані в розділі 2.

## ТОРФ І ВІВІАНІТ

### Загальні відомості

Торф і вівіаніт використовуються як місцеві меліоранти для запобігання виснаженню ґрунтів.

**Торф** – це органічна гірська порода із зольністю менше 50 %, що відноситься до гумітів, які є першою стадією перетворення органічної речовини. Він утворюється в болотах із залишків відмерлих рослин, що розкладаються в умовах підвищеної вологості та нестачі кисню. При цьому важливу роль відіграють процеси біохімічної гуміфікації, які йдуть за участю мікроорганізмів. Родовища торфу є складними геолого-біоорганічними системами, які суттєво залежать від природних умов. Колір торфу змінюється від жовтуватого-коричневого до сірого та чорного, вологість становить 75–95 %, вміст мінеральних домішок змінюється від 2–4 до 4–18 % залежно від типів торфу. Значний вплив на процес утворення торфу та на структуру торфовищ мають кліматичні умови, водний режим, склад рослинності, характер рельєфу та ін. За геоморфологічними умовами торфовища поділяються на вододільні, заплавні, терасові та ін.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Торф застосовується в сільському господарстві як цінне органічне добриво зазвичай у вигляді органо-мінеральних сумішей [15]. Це цінний матеріал для парникових і тепличних господарств, садівництва й городництва, де для вирощування розсади використовують торфоблоки та торфові горщечки. Використання в сільському господарстві визначається вмістом тих чи інших органічних компонентів у торфі. Зокрема, торфовівіаніт використовується як комплексне фосфатне добриво.

У тваринництві торф використовують як підстилку для худоби, що поліпшує зоогігієнічні умови її утримання, особливо в зимовий час,

забезпечує накопичення цінного добрива – торфового перегною. Торф також може використовуватися як добавка до корму худобі, птахам, риbam. Крім сільського господарства, торф використовують як паливо на теплових електростанціях, для виробництва активізованого вугілля, коксу, воску, отримання кормових дріжджів та ін.

При оцінці якості сировини зазвичай враховують зольність, вологість, міру розкладу, калорійність, структуру, хімічний склад органічної та мінеральної речовин тощо. При цьому для різних типів торфу ступінь розкладу коливається від 25 до 35 %, вміст речовин, що розчиняються у воді та легко піддаються гідролізу, – від 30 до 45 %, бітумів – 1,67–12 %, гумінових кислот – 10–55 %, целюлози – 1,5–10 %, лігніту – 10–20 %.

За зольністю торф поділяється на нормально-зольний (менше 12 %) і високозольний (12–50 %). Серед високозольних різновидів залежно від мінерального складу виділяють вапняковий торф (CaCO<sub>3</sub> до 30 %), вохристій і торфовівіаніт.

Важливою властивістю торфу є ступінь розкладу та гуміфікації або вміст матеріалу, що є повністю гуміфікованим (слабка – до 20 %, середня – 20–40 %, висока – понад 40 %), які багато в чому зумовляють такі властивості торфу, як спроможність поглинати вологу, щільність, калорійність.

## Економічні відомості

Площа торф'яних родовищ світу сягає 176 млн га, найбільші запаси торфу зосереджені в країнах СНД (40,0 %), Індонезії (13,6), Фінляндії (7), Канаді (7), США (7), Китаї (5,4), Швеції (2,4). Світові ресурси торфу оцінюються в 1,2 трлн т, річний видобуток торфу складає 26–28 млн т (табл. 98). Світовими лідерами видобутку торфу є Фінляндія, Ірландія, Росія, Білорусь, Канада і Україна, багато торфу видобувають також Естонія, Латвія, Швеція і США. Експорт торфу оцінюється в 2,2–2,3 млн т, основними постачальниками є Канада і країни Центральної і Східної Європи (включаючи СНД). Ціна торфу на ринках США складала (\$/т): 2002 – 28,85; 2003 – 29,74; 2004 – 28,64; 2005 – 27,76; 2006 – 30,31.

**Таблиця 98**

### Видобуток, запаси, ресурси торфу [22]

Країна	Видобуток, тис. т		Запаси, млн т	Ресурси, млн т
	2005	2006		
Білорусь	1900	2300	400	4000
Естонія	800	800	60	2000

Ірландія	5400	5500	Значні	Значні
Канада	1330	1400	720	30000
Латвія	800	700	76	1300
Литва	370	425	190	300
Молдова	475	475	Значні	Значні
Росія	2100	2100	1000	60000
США	685	618	150	10000
Україна	1000	1000	Значні	Значні
Фінляндія	9100	9000	6000	6400
Швеція	930	1000	Значні	Значні
Інші країни	1530	1700	1400	6000
<b>Всього</b>	<b>26400</b>	<b>27000</b>	<b>10000</b>	<b>120000</b>

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Відповідно до умов росту та накопичення торфоутворюючих рослин розрізняють три типи торфовищ: верховий, низинний і перехідний. У свою чергу відповідно до видів залишків рослин, що переважають, вони поділяються на сфагновий, осоковий, деревний, очеретяний підтипи.

Верхові торфовища формуються в умовах бідного мінерального живлення та різноманітного режиму зволоження під час накопичення оліготрофних рослин (сосна, модрина, верес, сфагнові мохи та ін.). Торф характеризується пониженою зольністю (2–4 %), кислою реакцією, підвищеним вмістом бітумів (до 22 %) і вуглеводів (більше 40 %), зниженим – гумінових кислот (менше 25 %). Поділяється на три підтипи (лісовий, лісо-мочаровий і мочаровий) і шість груп (деревну, деревно-трав'яну, трав'яну, деревно-мохову, трав'яно-мохову та мохову).

Низинні торфовища формуються в умовах багатого мінерального живлення та різноманітного режиму зволоження. Торфоутворюючі рослини також різноманітні (вільха, береза, ялина, верба, тростина, осока, гіпнові мохи та ін.). Торф характеризується підвищеною зольністю (6–18 %), нейтральною або лужною реакцією середовища, різноманітними фізико-хімічними властивостями, порівняно невеликим вмістом бітумів (6–10 %) і вуглеводів (до 25 %), значним – гумінових кислот (до 65 % і більше). Як і верхові, поділяються на три типи та шість груп.

Перехідний тип торфовищ виникає за умови мішаного складу фітоценозів, а торф цього типу має проміжну властивість.

## Родовища України

В Україні відомо більше 1500 родовищ торфу, запаси яких оцінюються в 1852 млн т, з них близько 500 розробляються (табл. 99). Загальна площа торф'яних родовищ перевищує 600 тис. га. 96 % ресурсів торфу належить до низинного типу, 1,8 % – до верхового, 1,6 % – до перехідного і 0,6 % – до змішаного [17, 18]. Найбільші ресурси торфу зосереджені в областях Полісся – Волинській, Рівенській, Сумській, Чернігівській, Житомирській. У західному і східному Поліссі переважають середні за площею родовища (200–1000 га), у центральному – дрібні (до 100 га). Торф мало- і середньозольний (10–20 %); ступінь розкладання 25–50 %. На південь від Полісся заторфованість території зменшується, торф'яні родовища зустрічаються лише в долинах рік. Вони низинного типу, високозольні (30–50 %), площа родовищ зазвичай не перевищує 10–20 га, запаси торфу незначні, малої потужності (1 м) і промислової цінності, крім родовища Кардашинське в Херсонській області, ці родовища не мають. Найбільші родовища: Поліське, Цирське (Волинська обл.); Морочне, Кременне (Рівненська обл.), Великі Болота (Львівська обл.), Трубіж, Перевід (Київська обл.), Супой (Черкаська обл.), Удай (Чернігівська обл.).

**Таблиця 99**

**Поширення родовищ торфу в Україні (на 01.01.2004 р.)**

Область	Кількість родовищ	Запаси, млн. т	Видобуток у 2003 р., тис. т
Вінницька	47	34	–
Волинська	226	372	206
Житомирська	187	84	31
Ів.-Франківська	35	13	20
Київська	51	148	10
Львівська	128	200	86
Полтавська	49	70	1
Рівненська	330	362	207
Сумська	115	101	3
Тернопільська	76	102	25
Херсонська	3	3	6
Хмельницька	80	62	–
Черкаська	37	52	26
Чернігівська	198	250	92
<b>Всього</b>	<b>1562</b>	<b>1852</b>	<b>713</b>

Торф видобуває Український державний концерн „Укрторф” з 40 родовищ. Близько 81 % видобутого торфу використовується як паливо, 19 % – як добрива. Освоєне виробництво торф'яних горщиків для вирощування розсади, торф'яних біодобрив „Тюльпан”, торфоперегнійних добрив „Конкурент”, торфу фасованого для садівників, наборів для садівників (торф і ґрунт змішані).

## Вівіаніт

**Вівіаніт** – це восьмиводний кристалогідрат ортофосфорного закису заліза  $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Вміст  $\text{P}_2\text{O}_5$  у вівіаніті становить 28,3 %. У неокисненому стані він утворює прозорі кристали або білі рихлі приховано-кристалічні маси, а на повітрі швидко синіє внаслідок часткового переходу закису заліза в окис. Синій колір вівіаніту зумовлений тим, що до кристалічної ґратки цього мінералу входять і закис, і окис заліза та вода. При повторному окисненні заліза вівіаніт переходить в основний фосфат оксиду заліза – пірит складу  $\text{Fe}_2^{3+}[(\text{OH})_3\text{PO}_4] \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ . Він має вигляд жовтих або жовтувато-білих рихлих і легких сирнистих мас. Вівіаніт кристалізується у моноклінній сингонії. Має вигляд зірчастих радіально-волокнистих агрегатів, ниткоподібних конкрецій, а також землистих скупчень.

Вівіаніт утворюється в екзогенних умовах серед торфовищ і бурих залізняків озерного або морського походження у відновному середовищі, а також у порожнинах черепашок і кісток тварин. У рудних жилах він є продуктом вивітрювання сульфідів. Зустрічається в низинних болотах, розміщених у долинах річок і приозерних западинах у районі заплави або надзапавної тераси, біля підшви схилів чи при виході джерел.

Низинні болота становлять близько 80 % торф'яних боліт України. Вони розміщені у Львівській, Волинській, Тернопільській, Житомирській, Київській, Чернігівській, Сумській, Харківській областях. На Херсонщині великі низинні болота зустрічаються на лівобережній заплаві Дніпра. Значні нагромадження вівіаніту знайдені в залізних рудах Керченського родовища.

Джерелом утворення фосфорної кислоти є ґрунтові води, які вимивають фосфор з гірських порід разом з вапном і залізом. У болотах осідають спочатку карбонати у вигляді болотного вапна або болотної крейди, перемішаних з торфом, а потім вівіаніт і сидерит. Відповідно до цього встановлюється послідовність відкладів: внизу під торф'яним покладом або частково в торфі залягає болотне вапно, вище вівіаніт перешаровується із сидеритом (рис. 90). Торфовівіаніти зазвичай супроводжуються лімонітами з фосфатами оксиду заліза – так звані во-

хри. Щодо вмісту фосфору та заліза, у низинних торфів спостерігається прямо пропорційна залежність, тобто зі збільшенням одного компонента зростає кількість іншого. Вміст фосфору залежить також від відсотка зольності торфу. Так, при зольності торфів від 40 до 60 % вміст  $P_2O_5$  становить близько 15 %, а при зольності 20–30 % – до 7 %. Торф, що містить 1,5–3,0 % фосфорного ангідриду, має розглядатися як корисна копалина, а при вмісті  $P_2O_5$  понад 10 % є прямим добривом.

**Рис. 90. Схематичний розріз болотних відкладів вівіаніту (за Г. Бушинським)**

1 – торф, 2 – сидерит, 3 – болотне вапно або мергель, 4 – вівіаніт, 5 – бурий залізняк, 6 – піцит, 7 – пісок і супісок, 8 – рівень ґрунтових вод

Вівіанітвмісні торфи за кількістю  $P_2O_5$  поділяються на три групи: вівіанітовий торф (0,5–2,5 %), торфовівіаніт (2,5–15,0 %) і вівіаніт (понад 15,0 %). Внесення в піщані та суглинисті ґрунти торфів низинних родовищ значно підвищує врожайність жита й картоплі. Систематичне внесення торф'яних добрив поліпшує фізико-хімічні властивості ґрунтів, особливо легких піщаних.

Родовища торфовівіаніту зазвичай невеликі – декілька сотень, рідко тисяч кубометрів. Поклади витягнуті вздовж сучасного або старовинного тальвегу долини. Вівіаніт достатньо поширений в Україні як цінне фосфатне добриво. Залягає він неглибоко й доступний для розробки будь-яким сільськогосподарським підприємством. Слід звернути увагу на вивчення вівіаніту попутно при дослідженні торфів.



# ГІПС ТА АНГІДРИТ

## Загальні відомості

Гіпс та ангідрит належать до корисних копалин подвійного використання і застосовуються і як сировина для в'язучих матеріалів і як агрохімічна сировина. Тому їхній опис наведено в розділі 5, а тут надаються додаткові відомості, які характеризують цю сировину з точки зору використання в сільському господарстві.

Гіпс – це водний сульфат кальцію  $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , у чистому стані утримує 32,5 %  $\text{CaO}$ , 46,5 %  $\text{SO}_3$ , 20,9 %  $\text{H}_2\text{O}$ . Кристалізується в моноклінальній сингонії, має доскональну спайність, зустрічається у вигляді товстотаблитчастих або призматичних безбарвних і прозорих кристалів, часто забарвлених домішками в сірий, жовтуватий, блідо-рожевий та інші кольори. Серед агрегатних скупчень виділяються зернисті, листоваті, порошкоподібні, волокнисті, радіально-голчасті; зустрічаються також волокнисті прожилки та конкреції. Густина гіпсу 2,2–2,4 г/см<sup>3</sup>, твердість за шкалою Мооса 1,5–2. У воді слабо розчиняється, є поганим провідником тепла. Може утримувати домішки сірки, кварцу, піриту, карбонатів, боратів, целестину, глинистої речовини та ін. Випадає в осадок за температури 63,5°C, а в насичених  $\text{NaCl}$  розчинах за 30°C.

В умовах підвищеної солоності замість гіпсу в осадок випадає ангідрит – безводний сульфат кальцію  $\text{CaSO}_4$ . Він кристалізується в ромбічній сингонії, зазвичай утворює мармуроподібні маси сіруватого та голубуватого кольору. Від гіпсу відрізняється більш значними твердістю – 3,5–3,8 і густиною – 2,9–3,0 г/см<sup>3</sup>. Може утворюватися при дегідратації гіпсу в умовах підвищеного тиску. З іншого боку, ангідрит у свою чергу легко гідратується й переходить у гіпс, що супроводжується значним (більше 30 %) збільшенням об'єму.

З погляду практичного використання, прийнято розрізняти: зернисті різновиди або алебастр; пластинчасті або гіпсовий шпат; землисті або гажа й ганч (незцементована або слабо зцементована маса з кристалів гіпсу та піщанистого або вапняно-глинистого матеріалу); волокнисті або селеніт. Частіше в природі зустрічаються скупчення зернистого гіпсу.

## Галузі використання і вимоги до сировини

Основною особливістю гіпсу, що обумовлює його широке застосування, є здатність частково піддаватися дегідратації при нагріванні та після розчинення водою схоплюватися й твердіти на повітрі. Гіпс застосовується в сирому та обпаленому виді. Він широко використовується в промисловості для виробництва різних гіпсових в'язких речовин (будівельний, формувальний, високоміцний, медичний гіпс); цементу (портландцемент, гіпсоглиноземистий, гіпсошлаковий, ангідритовий та інші види цементу); наповнювача при виробництві паперу; як обробний матеріал; у кольоровій металургії як флюс; у хімічній промисловості для виробництва сірчаної кислоти та сульфату амонію. Гіпс також застосовується як імітатор мармуру, а мальовничі та волокнисті різновиди (селеніт) – як виробне каміння.

У сільському господарстві гіпс застосовується як багатоцільовий меліорант для гіпсування засолених ґрунтів з метою поліпшення їх агрономічних властивостей. Справа в тому, що високий вміст натрію в ґрунтах зумовлює їх лужність, погіршує структуру та сприяє винесенню гумусу. За умови гіпсування кальцій витісняє натрій (який зв'язується у вигляді відносно нешкідливого сульфату) та сприяє винесенню калію, що поліпшує родючість ґрунтів. Гіпс підвищує гігроскопічність ґрунтів, оскільки він добре поглинає та зв'язує воду; внесення гіпсу в глинисті ґрунти підвищує їх якості щодо повітря- та водопроникнення. Середня норма внесення гіпсу становить від 1 до 4–6 т/га. В Україні близько 2,8 млн га ґрунтів відносяться до солонуватих і підлягають гіпсуванню.

Гіпс може використовуватися як добриво, особливо під бобові культури. При вапнуванні кислих ґрунтів гіпс додають у вапнякове борошно, ефективними є також добавки гіпсу в мінеральні добрива.

Замість гіпсу можуть бути використані відходи виробництва, як, наприклад, фосфогіпс, що є технологічним відходом суперфосфатних заводів. Він має утримувати не менше 90 % гіпсу та близько 5 % вологи. Головною перевагою фосфогіпсу є його дешевизна.

Агрорудою можуть також бути подрібнені гіпсоносні глини, які посилюють сорбційні та гігроскопічні властивості ґрунтів, активізують мікрокомпоненти, підвищують біологічну активність ґрунтів.

Згідно з вимогами ДСТ 4013-74, у товарному гіпсі вміст  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  має бути: в 1-му сорті не менше 90 %, у 2-му сорті не менше 65 %; втрати при прожарюванні до температури 600°C не менше 10 і не більше 21 %. Для різних видів промисловості існують різні вимоги, так, наприклад, у паперовій промисловості застосовується гіпс максимальної білизни, а в цементній – гіпс, в якому вміст корис-

ного компонента становить не менше 96 %. Що стосується агрохімічної сировини, то як меліорант гіпс може застосовуватися в сиромолотому вигляді (гіпсове борошно), де його вміст має бути не менше 85 % (клас А) і 70 % (Б); надкристалізаційної вологи – не більше 5 %, залишку на ситі 5 мм не більше 2 % (Б), 1 мм – 3,5 % (А) і 20 % (Б), 0,25 мм – 25 % (А) і 48 % (Б).

## Економічні відомості

Світі запаси гіпсу складають біля 7 млрд т, великі родовища відомі у США, Канаді, Німеччині, Великій Британії, Греції, Мексиці, Індії, Колумбії, Франції, Італії, Болгарії, Польщі, які одночасно є й провідними країнами з видобутку гіпсу (табл. 100). Провідні експортери гіпсу й ангідриту Канада, Таїланд, Іспанія; імпортери – США, Японія. В країнах СНД основна кількість запасів гіпсу, ангідриту й гіпсоносних порід зосереджена в Росії, Україні, Казахстані, Таджикистані. Середня світова ціна гіпсу (\$/т) складала: 2001 р. – 8,44; 2002 р. – 7,31; 2003 р. – 6,90; 2004 р. – 7,21; 2005 р. – 7,48 [21, 22].

**Таблиця 100**

### Видобуток гіпсу, тис. т [21]

Країна	2001	2002	2003	2004	2005
Велика Британія	1500	1500	1500	1500	1500
Венесуела	5	-	-	-	10
Ємен	44	41	42	44	44
Іспанія	11909	11218	11500	11500	11500
Мавританія	100	100	34	39	39
Мексика	6237	6740	6986	7000	7200
Молдова	32	32	32	32	32
Монголія	25	25	25	25	25
Марокко	550	600	600	600	600
Нігер	3	18	18	18	18
Нігерія	610	300	100	100	100
Нікарагуа	34	28	31	30	30
ОАЕ	90	90	110	130	130
Оман	44	56	50	60	60
Пакистан	350	360	360	360	360
ПАР	383	422	394	452	548
Парагвай	4	4	5	5	5
Перу	21	75	71	150	150
Польща	1094	1147	1328	1272	1300
Португалія	500	500	500	500	500
Росія	1500	1600	1800	2077	2200

Румунія	275	421	394	350	350
Саудівська Аравія	450	450	450	450	450
Сербія і Чорногорія	58	55	55	55	50
Сирія	290	351	375	375	375
Словаччина	169	122	125	125	125
Словенія	10	10	10	10	10
Сомалі	н/зв	н/зв	н/зв	н/зв	н/зв
Судан	2	5	13	14	14
США	16300	15700	16700	17200	21100
Сьєрра-Леоне	4	4	4	4	4
Таджикистан	35	35	35	35	35
Тайвань	1	-	-	-	-
Танзанія	72	73	33	59	23
Таїланд	6191	6326	7291	7169	6920
Туніс	125	125	110	130	130
Туреччина	329	264	197	250	250
Туркменістан	100	100	110	100	100
Уганда	-	7	7	7	7
Уругвай	1127	1130	1130	1130	1130
Швейцарія	300	250	250	250	250
<b>Всього</b>	<b>105000</b>	<b>107000</b>	<b>110000</b>	<b>112000</b>	<b>118000</b>

### Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Розрізняють три основні типи родовищ гіпсу: осадовий, залишко-вий і інфільтраційний.

Переважають **осадові родовища** гіпсу та ангідриту, пов'язані з галогенними та морськими осадовими формаціями, де вони представлені пластами, лінзами й гніздами потужністю до декількох десятків метрів. Часто вони формують пачки, що повторюються в розрізі. За умовами утворення серед осадових родовищ виділяють сингенетичний й епігенетичний підтипи. Перші накопичувалися разом з осадами, що їх вміщують, другі пов'язані з гідратацією ангідриту й переходом його в гіпс в умовах низького тиску на глибинах до 100–150 м і зворотним процесом дегідратації гіпсу й переходом його в ангідрит на великих глибинах за умов великого тиску. Осадові родовища зазвичай представлені великими об'єктами, запаси яких сягають сотень мільйонів тонн. Прикладами їх можуть бути Новомосковське (найбільше в РФ), Артемівське в Донбасі та ін. Відомі приклади сучасних родовищ, які утворюються сьогодні у котловинах озер (Петухівське та Джіра в Алтайському краї РФ).

Різновидом першої групи можуть бути **вулканогенно-осадові родовища** гіпсу, які утворюються в озерних котловинах за аридних

умов при випаровуванні розчинів і осадженні сульфатів кальцію. Іноді в родовищах такого типу гіпсоносні породи асоціюють з борами, наприклад, родовище Султан-Чаїр у Туреччині.

**Залишкові родовища** типу "гіпсових шляп" виникають внаслідок накопичення гіпсу та ангідриту як залишкових продуктів вилугування кам'яної солі. Крім того, вони виникають у корах вивітрювання сульфатно-кальцієвих порід, де розчинний сульфат кальцію порівняно легко перевідкладається спільно з теригенним компонентом. У цих випадках в умовах поверхні чи на невеликій глибині утворюються плащеподібні тіла землистих агрегатів гіпсу – гажа й ганча. Їх родовища мають середні розміри, запаси сировини досягають декількох десятків мільйонів тонн, але вони дуже зручні в експлуатації через неглибоке залягання та пухкість. Такі родовища відомі на Кавказі, в Калмикії, в Середній Азії, наприклад, Гамун-Булукське та Ленінське в Калмикії.

**Інфільтраційно-метасоматичні родовища** пов'язані з процесами гіпергенезу сульфідних родовищ, коли сульфідна мінералізація асоціює з карбонатними породами, що їх підстеляють. Вони відомі серед девонських вапняків на Алтаї, але їх запаси і практична цінність є незначними.

Крім цього, в Японії відомі й розробляються **гідротермальні родовища**, представлені жилами гіпсу серед аргілітів міоцену. Нарешті, важливе промислове значення можуть мати відходи виробництва фосфорних добрив (фосфогіпс), переробки соленосних і сірконосних утворень і руд, виробництва цукру та ін. або техногенні ресурси гіпсу.

За запасами сульфатно-кальцієвої сировини (млн т) родовища гіпсу і ангідриту поділяються на дуже великі – 1000, великі – 100–1000, середні – 10–100, малі – 1–10.

## Родовища України

Україна має потужну мінерально-сировинну базу цього виду сировини. Державним балансом запасів враховано 36 родовищ з сумарними балансовими запасами гіпсу та ангідриту за категоріями А+В+С<sub>1</sub> – 488,4 млн т, С<sub>2</sub> – 168,7 млн т, позабалансовими – 23,6 млн т. Крім того, в охоронних зонах за категоріями А+В+С<sub>1</sub> рахується 329 млн т гіпсу. Серед загальних запасів запаси ангідриту становлять 17,6 млн т за категоріями А+В+С<sub>1</sub> по 3 родовищах. В останні роки розроблялось 14 родовищ гіпсу із щорічним видобутком 450–600 тис. т. Ангідрит не розроблявся і його запаси залишаються без зміни.

Родовища гіпсу та ангідриту відомі в Донбасі (Попаснянське, Артемівське, Нирківське, Михайлівське), Придністров'ї (Вовчинецьке), Передкарпатському крайовому прогині (Піщане, Кудрінцівське),

Криму (Елькеджі-Елінське), ДДЗ (Ровенське), Закарпатті. В Донбасі вони представлені пластоподібними покладами (від 0,5 до 36 м) гіпсів у відкладах гіпсо-доломітовлі і соленосної товщі слов'янської та микитівської світ нижньої пермі; в Придністров'ї пов'язані з гіпсово-ангідритовим горизонтом міоцену; в Криму – з караганським і конкським горизонтами тортону; в ДДЗ – з кепроками соляних куполів девону (Ісаківський, Ровенський); в Закарпатті – з кепроками соляних куполів (Данилівська, Олександрівська соляні структури).

В Донбасі родовища гіпсу та ангідриту відомі й експлуатуються ще з дореволюційних часів. Тут поклади гіпсу приурочені до соленосної та вапняково-доломітової товщі нижньої пермі, потужність яких досягає 800 м. У першій відомо 7 пластів гіпсу потужністю від 0,3 до 40 м, у другій – 11 пластів потужністю від 0,55 до 36 м. Вони приурочені до Слов'яно-Бахмутської та Кальміус-Торецької западин, де також відоме Слов'яно-Бахмутське родовище кам'яної солі, тісно пов'язане з родовищами гіпсу. Порооди, що вміщують, слабо дислоковані, часто включають прошарки й лінзи глин, вапняків і ангідриту. Гіпс залягає в них у вигляді лінзо- і пластоподібних субгоризонтальних тіл з пережимами та роздувами. У доломітовій товщі сланцюваті глини, що розділяють пласти гіпсу, є водотривкими, у зв'язку з чим гіпс слабо порушений процесами денудації. У соленосній товщі, навпаки, пласти гіпсу розділені водопроникними породами, що сприяє розвитку карсту. Найбільшими промисловими родовищами, пов'язаними з доломітовою товщею, є Микитівське, Іванградське, Нирківське; із соленосною товщею – Артемівське, Покровське й Деконське. Припускають, що гіпс утворився при гідратації ангідритів, якими він заміщується на глибині.

У Придністров'ї та Індоло-Кубанському прогині поклади гіпсу та ангідриту відносяться до міоцену, потужність пластів гіпсу досягає тут 1,7–5 м. У ДДЗ відомі лише непромислові прояви гіпсу, пов'язані із соленосними відкладами девону. У Закарпатській западині також невідомі промислові скупчення гіпсу.

**Попаснянське родовище** пов'язане із соленосною світою нижньої пермі, де гіпс представлений двома пластами, розділеними прошарком (5,2–8,9 м) аргіліту. Нижній пласт складається із двох пачок потужністю 2,0–6,7 та 1,2–4,1 м, верхній має потужність 2,4–8,7 м (рис. 91). Гіпсовий камінь придатний для отримання гіпсу будівельного I сорту. Балансові запаси родовища за категоріями А+В+С<sub>1</sub> складають 15,4 млн т, позабалансові – 0,6. Родовище не розробляється.

**Артемівське родовище** представлене пермськими гіпсами та ангідритами, які перешаровуються з аргілітами, алевролітами, вапняками й доломітами слов'янської і крматорської світ, перекритих те-

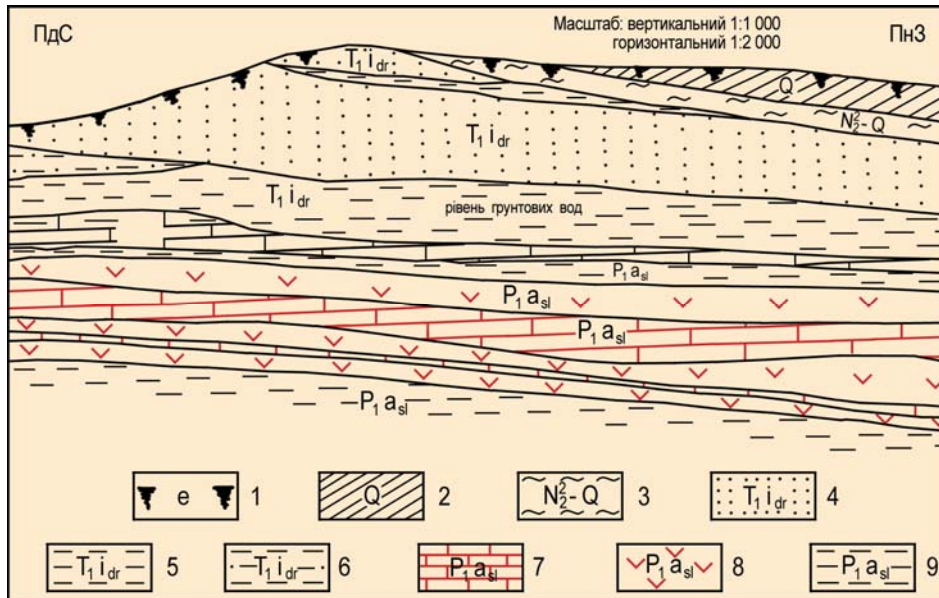
ригенними відкладами тріасу, палеогену, неогену і четвертинної системи. Загальна потужність продуктивної товщі у середньому складає 53,5 м. Вміст  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  у товарному гіпсовому камені складає 94–94,8 %. Запаси гіпсу за категоріями  $\text{B}+\text{C}_1$  складають 147 млн т,  $\text{C}_2$  – 28,6, крім того, в охоронних ціликах знаходяться запаси за категоріями  $\text{B}+\text{C}_1$  – 24 млн т. Щорічний видобуток гіпсу на родовищі – 25–30 тис. т.

**Нирківське родовище** 12 пластами (8 промислових) гіпсів в слов'янській світі нижньої пермі, які утворюють моноклінальну складку, ускладнену в південній частині флексурним перегином (рис. 92). Балансові запаси гіпсу категорій  $\text{A}+\text{B}+\text{C}_1$  складають 19,9 млн т, позабалансові – 1, млн т; балансові запаси ангідриту категорій  $\text{A}+\text{B}+\text{C}_1$  – 725 тис. т, позабалансові – 122 тис. т.

**Вовчинецьке родовище** представлено гіпсо-ангидритовою товщею, яка складається із двох шарів гіпсу та одного ангідриту загальною потужністю 26,8–38,0 м (в середньому 30 м). Із ангідриту можна виготовляти безвипальний ангидритовий цемент марки 500, із гіпсу – гіпсобетонні перегородки, їх також можна використовувати для внутрішнього облицювання стін будівель. Запаси гіпсу категорій  $\text{A}+\text{B}+\text{C}_1$  складають 4,6 млн т, ангідриту  $\text{A}+\text{B}+\text{C}_1$  – 5,1 млн т. Родовище не розробляється.

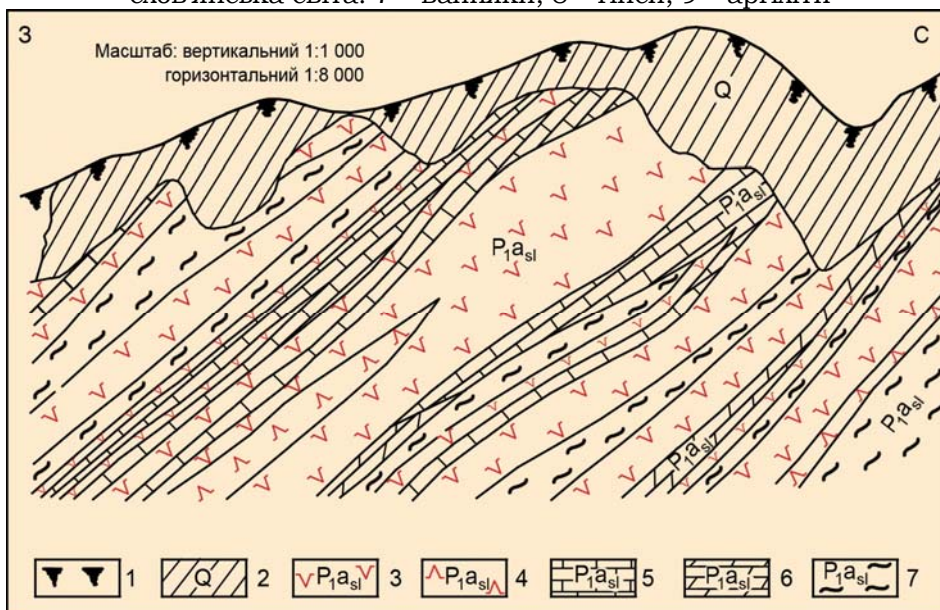
**Елькеджи-Елінське родовище** представлено пластом гіпсу потужністю 0,2–5,3 м (середня 2,6–4 м), який розділений на два шари: верхній крупнозернистий (2,3–4,6 м) і нижній дрібнокристалічний (0,2–1,0 м). Балансові запаси гіпсу категорій  $\text{A}+\text{B}+\text{C}_1$  складають 3 млн т, позабалансові ( $\text{B}+\text{C}_1$ ) – 6 млн т. Родовище розроблялось кар'єром Кіровського гіпсового заводу, в останні роки не розробляється.

В Україні є сім великих гірничодобувних і гіпсопереробних підприємств: АТ Артемівський алебастровий комбінат, Деконський гіпсовий комбінат будматеріалів, Щирецький гіпсовий завод, Кам'янець-Подільське АТ "Гіпсовик", Костришевський комбінат будматеріалів, АТ Мамализький гіпсовий завод і Криворізький завод будматеріалів. Вони виробляють гіпсоблоки, гіпсоплити, гіпс будівельний, медичний, для цементної промисловості. Україна повністю забезпечена розвіданими запасами гіпсу й має можливість широко експортувати його. Однак кон'юнктура як внутрішнього, так і зовнішнього ринку вивчена слабо, що зумовлює необхідність проведення маркетингових досліджень.



**Рис. 91. Схематичний геологічний розріз Попаснянського родовища [16]**

1 – ґрунтово-рослинний шар; 2 – четвертинні суглинки; 3 – глина червонобура; 4 – 6 – дронівська світа: 4 – пісковики, 5 – аргіліти, 6 – алевроліти; 7 – 9 – слов'янська світа: 7 – вапняки, 8 – гіпси, 9 – аргіліти



**Рис. 92. Схематичний геологічний розріз Нирківського родовища [16]**

1 – ґрунтово-рослинний шар (голоцен); 2 – четвертинні суглинки та глини з уламками гіпсу; 3–7 – слов'янська світа: 3 – гіпси; 4 – ангідрити; 5 – вапняки; 6 – доломіти; 7 – глини



# КАРБОНАТНІ ПОРОДИ

## Загальні відомості

Карбонатні породи, так само, як гіпс і ангідрит, використовуються в різних сферах народного господарства – як гірничохімічна сировина (розділ 2), флюсова і вогнетривка сировина для металургії (розділ 4), будівельне каміння і сировина для в'язучих матеріалів (розділ 5), агрохімічна сировина. У цьому розділі надається опис карбонатних порід саме як агрохімічної сировини.

Справа в тому, що для підвищення родючості ґрунтів, що збіднені кальцієм і мають підвищену кислотність, застосовується вапнування. Воно активізує мікробіологічні процеси, поліпшує якість гумусу, структуру та водний режим ґрунтів, нейтралізує дію кислотних мінеральних добрив. Усе це сприяє збільшенню врожайності. Найпоширенішою сировиною для вапнування ґрунтів є карбонатні породи: вапняк, доломіт і крейда. Загальні відомості про ці види корисних копалин наведені в попередніх розділах, тут дається їх характеристика лише як агрохімічної сировини. Крім природної сировини, як меліоранти можуть застосовуватися карбонатні відходи різних підприємств. Одним з найкращих місцевих меліорантів є дефекат цукрових заводів, що містить, крім карбонатів (близько 80 %), азотні, калійні, фосфорні сполуки й до 10 % органічних речовин.

**Вапняк** – це осадова гірська порода, світло-сірого, білого або сірого кольору, що складається в основному з кальцію або кальцієвих скелетних залишків організмів (рідко – арагоніту), іноді з домішкою глинистих мінералів, доломіту, кварцу та ін. Хімічний склад є близьким до кальциту з 56 % CaO і 44 % CO<sub>2</sub>. Основні літологічні типи: кристалічні, органогенно-уламкові, уламково-кристалічні та натічні (травертин) вапняки. Їх густина 2700–2900 кг/м<sup>3</sup>, об'ємна маса змінюється від 800 кг/м<sup>3</sup> (у черепашників і травертинів) до 2800 кг/м<sup>3</sup> (у кристалічних вапняків).

**Крейда** – слабозцементований тонкозернистий різновид карбонатних порід білого або жовтуватого кольору, складений в основному карбонатом кальцію CaCO<sub>3</sub> (96–99 %) у вигляді уламків органічних залишків різних організмів і рослин (50–60 %), тонкозернистого кристалічного кальциту (40–50 %) і нерозчинних мінералів (2–3 %). Серед органічних залишків переважають коколітофорида та форамініфери. Характерною рисою є присутність порошкуватого кальциту у вигляді дрібних крупинок. Крейда характеризується м'якістю, землистим зламом, при терті залишає слід, що бруднить. За фізичними власти-

востями та структурними ознаками розрізняють три різновиди крейди: біла писальна, мергелиста (з більшою густиною та меншою білизою) й подібний до крейди вапняк.

**Доломіт** – осадова карбонатна порода, що в основному складена мінералом доломітом (більше 95 %). Вона пов'язана поступовими переходами з вапняком. Залежно від вмісту доломіту виділяють вапняковий доломіт (95–75 %) і доломітовий вапняк (75–50 %). Містить також домішки ангідриту (ангідрито-доломіт), глини (доломітовий мергель), піску (піщанистий доломіт) та ін. Зустрічається в зернистих, ниркоподібних і фарфороподібних, рідше волокнистих агрегатах, характеризується сірувато-білим кольором, іноді з жовтуватим відтінком. За літологічними ознаками виділяють кристалічні, оолітові, органігенні, уламкові доломіти, доломіти з реліктовими структурами заміщення та доломітове борошно.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Карбонатні породи широко використовуються в різноманітних галузях народного господарства (металургії, виробництві вапна й цементу, хімічній і харчовій промисловості, виробництві соди, карбіду кальцію, мінеральних добрив, скла, цукру, паперу, як будівельний матеріал), у тому числі й у сільському господарстві для вапнування кислих ґрунтів, як мінеральна підгодівля, для виробництва комбікорму. Крейда може використовуватися для вапнування кислих ґрунтів, як кормові добавки, а також у хімічній, лакофарбовій, харчовій і фармацевтичній промисловості, для виготовлення шкільної та іншої крейди тощо. Доломіт застосовують у металургії, для виробництва скла й глазури, у будівництві та ін. У сільському господарстві нарівні з вапняком доломіт застосовують для нейтралізації кислих ґрунтів.

Ефективність вапнування ґрунтів залежить від тонкості помелу, тому бажаним є використання слабких порід, які легше подрібнюються: вапнякові туфи, лужний мергель, рихлий вапняк і крейда. У сировині небажаними є тверді домішки та включення. Можливо використання доломітового борошна, що сприяє збагаченню ґрунтів додатковим магнієм.

Вимоги до сировини регламентуються ДСТ 14050-76, що враховує два класи: за міцністю та вологою (табл. 101).

Вимоги до карбонатних порід (вапняк і крейда), що застосовуються для мінеральної підгодівлі сільськогосподарських тварин, визначаються ДСТ 21-37-78 "Крейда й вапняк для мінеральної підгодівлі сільськогосподарських тварин і птахів", згідно з яким регламентуються вміст вуглекислого кальцію, таких домішок, як F (не більше

0,15 %), As (0,012), Pb (0,08). Вапнякове борошно для мінеральної підгодівлі худоби має відповідати МРТУ 21-41-69 і містити не менше 85 % CaCO<sub>3</sub>, не більше 5 % нерозчинних залишків P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> або MgCO<sub>3</sub>, не допускається вміст отруйних речовин (F, As, Pb, Ba).

**Таблиця 101**

**Якість карбонатних меліорантів**

Показник	Норма для класів			
	I		II	
	I сорт	II сорт	I сорт	II сорт
Вміст CaCO <sub>3</sub> і MgCO <sub>3</sub> , %, не менше	88	85	88	85
Масова частка води, %, не більше:	1,5	1,5	1,5	1,5
- у такій, що пилить	4-6	4-6	4-6	4-6
- у такій, що слабо пилить				
Гранулометричний склад, %:				
залишок на ситі, мм, не більше: 5	-	0	-	-
3	0	3	0	0
1	6	15	3	5
Залишок на ситі 0,25 мм	15-45	Не більше 45	10-35	Не більше 35

Борошно доломітове має відповідати МЕРТУ 1-65 і містити в сумі вуглекислого кальцію та магнію не менше 85 %, води – не більше 8 %, а залишок на ситах не повинен перевищувати: для сита 5 мм – 3 %, 3 мм – 6 %, 1 мм – 10-25 % (залежно від класу) та на ситі 0,25 мм – 32-60 %.

Якість меленої крейди визначається ДСТ 21-10-74 (табл. 102).

**Таблиця 102**

**Якість меленої крейди**

Показник	Норми для сортів		
	I	II	III
Вміст CaCO <sub>3</sub> і MgCO <sub>3</sub> , %, не менше,	98	95	90
у тому числі MgCO <sub>3</sub> , %, не більше	2	3	-
Вміст речовин, що не розчинюються в соляній кислоті, %, не більше	1	2	5
Вміст окису заліза, %, не більше	0,1		-
Залишок на ситі 0,2 мм, %, не більше	1	3	6
Вологість, %	2	2	2

Вимоги до карбонатних дефекантів визначаються ТУ 18 УССР 488-77. До основних з них відносяться: зовнішній вигляд (грудкувата речовина), вміст  $\text{CaCO}_3$  (не менше 50 %), вологість (не більше 30 %), відсутність грубих домішок.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Вапняки зустрічаються у відкладах усіх геологічних систем, де складають пласти, лінзи, рифові та біогермні масиви різної протяжності, форми й потужності. За походженням виділяють органогенні (біогенні), хемогенні та уламкові вапняки, що складають відповідні генетичні типи родовищ. За морфогенетичними особливостями зазвичай виділяють два типи родовищ: 1) пластові (непорушені залягають горизонтально, а дислоковані можуть круто падати); 2) великі масиви та відторженці. Не виключена присутність великих брил вапняків у вигляді олістолітів в осадовій або тектонічній олістостромі (наприклад, Деловецьке родовище в Закарпатті).

Крейда характерна для відкладів пізньої крейди та палеогену, що пов'язано з бурхливим розвитком коколітофорид. Вона являє собою напівзатверділий мул теплих морів, що накопичувався на глибині від 30 до 500 м.

Доломіт може бути як первинно-осадовим, так і вторинним. Первинно-осадовий доломіт є результатом хімічного осадження в басейнах аридної зони. Вторинний доломіт (діагенетичний, метасоматичний, заміщення та ін.) є результатом заміщення вапнякової породи магнезіальними солями на різних стадіях діагенетичного процесу.

## Родовища України

В Україні відома значна кількість родовищ карбонатної сировини, у тому числі 30 родовищ для вапнування ґрунтів із загальними запасами 83,3 млн т і 2 родовища карбонатної сировини для кормових додатків із загальними запасами 6,6 млн т. З цих родовищ розробляються лише два, де в 1997 р. було видобуто 200 тис. т вапняків для вапнування ґрунтів.

До найбільших родовищ вапняків юрського віку відносяться Оленівське та Каракубське (Донецька обл.); неогенового віку – Глина-Наварицьке (Львівська обл.), Максимівське і Полупанівське (Тернопільська обл.), Лисогорка, Бугаїха і Негинсько-Вербецьке (Хмельницька обл.), Ізраїловське і Немійське (Вінницька обл.). Великі родовища вапняків відомі в Криму [11]: Інкерманське та Бодракське крейдового

віку; кайнозойські Лівенське, Ленінське, Басеровське, Камишбурумське, Бешараньське, Кутурське, Мамайське. Прояви крейди поширені також у фанерозойських товщах багатьох районів України, де відомі такі великі родовища крейдового віку, як Луковське (Волинська обл.), Новгород-Сіверське (Чернігівська обл.), Заруцьке (Сумська обл.). Родовища доломіту палеогенового віку відомі в Донбасі: Ямське, Стельське, Оленівське та ін.

За станом на 01.01.89 загальні ресурси карбонатних порід (вапняків, крейди та доломіту) становили 8081 млн т, у тому числі в областях: Кримська АР – 2492, Донецька – 1751, Хмельницька – 445, Харківська – 423, Тернопільська – 414, Одеська – 395, Львівська – 327, Чернігівська – 276, Чернівецька – 241, Рівненська – 232, Вінницька – 200, Дніпропетровська – 197, Херсонська – 195, Луганська – 110, Миколаївська – 95, Івано-Франківська – 83, Закарпатська – 63, Сумська – 53, Волинська – 43, Житомирська – 32, Кіровоградська – 13, Запорізька – 1.

## ЦЕОЛІТИ

### Загальні відомості

Цеоліти – група водних алюмосилікатів лужних і лужноземельних металів (кліноптилоліт, анальцим, морденіт, філіпсит, шабазит, еріоніт, фер'єрит, гейландіт, ломонтіт та ін.) каркасної структури з дуже малим (0,4–0,8 нм) розміром пор кристалічної решітки. У внутрішньокристалічному просторі є система сполучених між собою мікропорожнин, в яких розташовані обмінні катіони й молекули води. Мікропориста структура кристалічної ґратки зумовлює їх унікальні адсорбційні, іонообмінні, молекулярно-ситові, каталітичні та інші властивості. Сьогодні практичне значення мають в основному чотири мінеральні види цеолітів: кліноптилоліт, морденіт, шабазит і філіпсит. Відповідно виділяються й мінеральні типи руд. До 60-х рр. у світі не були відомими родовища природних цеолітів, і потреби промисловості задовольнялися за рахунок синтетичних цеолітів (що коштують дорого) та інших адсорбентів. Однак, починаючи з 60-х рр. у багатьох країнах світу у вулканічних туфах середнього, кислого та основного складу були виявлені великі скупчення природних цеолітів, які нині інтенсивно розробляються.

Головне значення серед численних різновидів групи цеолітових мінералів мають кліноптилоліт  $\text{Na}_6 [(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30}] (24\text{H}_2\text{O})$  і морденіт  $\text{Na}_8 [(\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{40}] (24\text{H}_2\text{O})$ .

## Галузі використання і вимоги до сировини

Дві важливі особливості обумовлюють використання цеолітів: здатність до катіонного обміну та здатність спучуватися, тобто втрачати воду при нагріванні й знову поглинати при обробці водною парою. Збезводнені цеоліти мають хороші адсорбційні, іонообмінні та каталітичні властивості й можуть застосовуватися: як "молекулярні сита" (селективні адсорбенти) при очищенні розчинів, продуктів хімічних реакцій, води, розділенні газів і рідин, вуглеводнів; як іонообмінники – катіонні сита для витягання радіоактивних елементів з атомно-енергетичних стічних вод, переробки радіоактивних розчинів; як каталізатори реакцій вуглеводнів і ін., при крекінгу, ізомеризації, полімеризації, дегідратації спиртів; можуть використовуватися як наповнювачі в паперовій промисловості, іонообмінники та адсорбенти – у рослинництві й тваринництві, як кормодобавки, для виділення кисню або азоту з повітря, вулканізації гуми, при виробництві гідралічного цементу та ін. [3, 12].

Цеоліти мають властивість сорбувати добрива й поступово віддавати їх рослинам, поліпшувати водний баланс і структуру ґрунту, знижувати його кислотність, що зумовлює їх широке застосування в сільськогосподарському виробництві. При внесенні до ґрунту 7,5–37,5 т/га цеолітів урожайність зернових підвищується на 6–10 %, зелених мас – до 60 %, картоплі – на 35 ц/га. Природні цеоліти застосовуються у тваринництві та птахівництві; так, добавка 5–10 % кліноптилоліту та морденіту до раціону худоби й птахів сприяє приросту маси поголів'я на 0,5–4,7 % зі зниженням витрати кормів на 4,3–9,4 %. Це обумовило їх широке застосування в промисловості Японії, США, Франції, Німеччини, Китаю, Австралії та ін.

Особливого значення вони набули у зв'язку з розвитком атомної енергетики та проблемою поховання радіоактивних відходів. Вони добре адсорбують радіонукліди й успішно застосовувалися в Чорнобилі, на атолі Бікіні, атомних станціях Великої Британії та США, зокрема, при аварії на станції Three Mile Island, де 2,27 млн л радіоактивної води для дезактивації було пропущено через ряд фільтрувальних колон, заповнених натуральними й синтетичними цеолітами, унаслідок чого була вилучена значна частка радіації.

У СНД до останнього часу промисловість базувалася на синтетичних цеолітах, однак останніми роками їх природні скупчення були виявлені в Сибіру, Придністров'ї, на Камчатці, Уралі, Алтаї, Малому Кавказі, де розвідано перше родовище кліноптилоліту – Айдазьке.

Єдиних вимог до цеолітової сировини поки що немає, розроблені лише регіональні вимоги до місцевої сировини. Так, згідно з грузин-

ським республіканським стандартом РСТ ГССР 318-80 "Цеоліти природні (кліноптилоліти) для комбікормової промисловості" цеолітовою сировиною є порошкоподібна маса зеленувато-сірого кольору, без запаху, вогкістю не більше 10 %, вологоємністю не менше 6 %, із залишком на ситі 0,67 не більше 5 %, із вмістом (не більше, %): фтору 1,15; миш'яку 0,012; свинцю 0,008; частка магнітних домішок з негострими краями розміром до 2 мм – не більше 100 мг/кг, наявність часток з гострими краями не допускається.

Закарпатським агропромом розроблені вимоги до борошна цеолітового (тонко подрібнений порошок світло-сірого, зеленуватого, жовтуватого кольору, без запаху) двох класів: I – для великої рогатої худоби, II – для свиней і птахів (табл. 102):

**Таблиця 103**

**Вимоги до якості цеолітів Закарпаття**

Показник	Клас	
	I	II
Гранулометричний склад із сіткою за ДСТ 214-70, залишок на ситі, не більше: 15 мм	Не допускається	5
3 мм	0	5
1 мм	8	10
Залишок на ситі з сіткою за ДСТ 3584-73, не більше: 0,15 мм	30	40
Масова частка води, %	5–15	5–15
Вміст цеоліту (кліноптилоліту), %	60	50
Вміст механічних домішок з гострими краями	Не допускається	
Вміст отруйних домішок (As, F), %, не більше	0,015	0,015
Вміст важких металів (Pb, Ba), %, не більше	0,008	0,008
Вміст вмісних порід, %, не більше	5	5

**Генетичні та геолого-промислові типи родовищ**

Природні цеоліти широко розповсюджені в приповерхневих частинах земної кори. Вони приурочені до різноманітних геологічних утворень і формуються в ході різних геологічних процесів. За походженням виділяють цеоліти кори вивітрювання, осадові, вулканогенно-осадові, діагенетичні, епігенетичні, метаморфічні, вулканогенні, гідротермальні, пізньомагматичні, цеоліти астромблем. Однак основну промислову цінність на сьогоднішній день мають цеоліти двох геолого-промислових типів: вулканогенно-осадового та вулканогенного.

Вулканогенно-осадові родовища ранньодіагенетичного походження виникають за умови діагенезу осадків високолужних содових озер, цеолітизації вулканічного матеріалу кислого або сублужного

складу. Такі родовища відомі в західних штатах США, у південно-східній Африці, в Італії. Іноді родовища цеолітів супроводжуються содовою або борною мінералізацією. Поклади цеолітів характеризуються пластоподібною формою, значною потужністю (до декількох десятків метрів), у високолужних умовах процес цеолітизації кислого вулканічного скла відбувається з високою швидкістю. Особливим різновидом цеолітів є цеоліти сучасних океанічних відкладів.

Вулканогенно-осадові родовища пізньодіагенетичного походження широко розвинені в країнах СНД, Європи, Японії. Поклади цеолітизованих туфів приурочені до вулканогенно-осадових морських і континентальних утворень. Процес перетворення вулканічного скла на цеоліти тут зазвичай проходив у нормальних за лужністю обстановках і відносно повільно. По туфах кислого складу розвивався лужний кліноптилоліт, рідше – морденіт, а середнього складу – лужноземельний кліноптилоліт, дуже рідко – філіпсит. Вони утворюють поклади й лінзоподібні тіла потужністю від перших до десятків метрів, протяжністю від сотень метрів до десятків кілометрів. Вміст цеолітів є витриманим, у межах 50–70 %. Іноді родовища цеолітів цього типу супроводжуються родовищами бентонітових глин. Типовим прикладом родовищ цього типу може бути Сокірницьке в Закарпатті, Айдазьке в Закавказзі.

Вулканогенні низькотемпературні гідротермально-метасоматичні родовища зустрічаються в Забайкаллі, на Далекому Сході Росії, на Камчатці, в Японії. У формуванні родовищ цеолітів цього типу провідну роль відіграють процеси раннього діагенезу й епігенезу вулканічних утворень, пов'язані з гідролізом кременистого скла або вулканічного попелу, що проходить під дією атмосферних вод, другорядну – гідротермальні процеси, зумовлені дією поствулканічних або інших термальних вод. Дуже часто ці процеси суміщаються. Скупчення цеолітів нерідко приурочені до родовищ перлітів. Форма покладів пласто- й лінзоподібна, неправильна, потужність від декількох до сотень метрів, протяжність від десятків метрів до 1–2 км. Вміст цеолітів змінюється від 15 до 80 %. По кислих вулканітах утворюються кліноптилоліт і морденіт, по основних – шабазит.

За величиною запасів родовища цеолітів поділяються на великі – сотні млн т, середні – десятки млн т, дрібні – перші млн т. Промислову цінність представляють родовища кліноптилоліту, морденіту, шабазиту, перспективними є родовища анальциму, філіпситу і деяких інших. Світові запаси цеолітової сировини оцінюють у декілька десятків мільярдів тонн: США, Японія, країни СНД (по 10–20 млрд т), Італія, Югославія, Болгарія (1–10 млрд т). Всього у світі відомо біля 1000 великих родовищ більше ніж у 40 країнах. Світове споживання цеолітової сировини оцінюється в 1–3 млн т на рік.



## Родовища України

В Україні родовища цеоліту розвідані у Карпатах (видобуваються з 1979 р.) [1], окремі поклади виявлені в Криму, де в 1914-1941 рр. вівся видобуток трасів Карадагу [11]. Державним балансом запасів враховано 3 родовища (Сокирницьке, Саригач, Зеленокам'яне), що розробляються. Загальні запаси родовищ за категоріями А+В+С<sub>1</sub> становлять 130 млн т, С<sub>2</sub> – 155 млн т.

**Карадазьке родовище** представлене покладами неправильної форми (потужністю до 160 м) морденіту (20–80 %), що утворився за рахунок зміни вулканічного скла юрських базальтових туфів.

**Сокирницьке** родовище (рис. 93) приурочене до цеолітизованих частин потужністю 20–70 м (середня 47–52 м) туфів тересвинської світи пізнього тортону. Вони утворюють два пластоподібні тіла потужністю 40–60 м у нижньому й верхньому підгоризонтах туфів, розділені пачкою (16–25 м) аргілітів. Вміст кліноптилоліту становить 30–70%. Балансові запаси цеолітів за категоріями А+В+С<sub>1</sub> – 126 млн т, С<sub>2</sub> – 155 млн т, залишок запасів (на 01.01.2006) за категоріями А+В+С<sub>1</sub> – 126 млн т, С<sub>2</sub> – 155 млн т.

Родовище розробляється ВАТ „Закарпатнерудпром” і ДП „Сокирницький цеолітовий завод” з рівнем видобутку 65–70 тис. т. Особливо інтенсивно експлуатація велася в рік Чорнобильської катастрофи, коли в потерпілі райони для знезараження ґрунтів і води було відправлено близько 200 тис. т цеолітів. Сокирницькі цеоліти широко застосовуються у тваринництві й птахівництві як добавка до кормів тварин і птахів; у землеробстві як меліоранти для поліпшення врожайності сільськогосподарських культур і як субстрат для вирощування тепличних культур; в очисних спорудах як фільтри для очищення стічних міських вод і питної води; можуть використовуватися в промисловості для очищення різних газів від сірководню, сіркоорганічних сполук і вуглекислого газу, очищення нафтопродуктів, природного газу, водню; для виділення кисню й азоту з повітря; у виробництві будівельних матеріалів і миючих засобів тощо. Так, наприклад, добавка Сокирницьких цеолітів до кормів сприяє збільшенню живої маси ягнят при народженні на 3,6–14,4 %, збільшенню кількості ягнят, що народжуються, на 100 вівцематок на 7–12 голів. Молочна продуктивність корів підвищується на 5–9,3 %, а жирність молока – на 6,8–9 %. Цеоліти є ефективним засобом при масових захворюваннях тварин. Внесення цеолітів до ґрунту забезпечує зростання врожаю сільськогосподарських культур: кукурудзи на силос – від 25 до 45 ц/га, кукурудзи на зерно – від 1,3 до 2,8 ц/га; картоплі – від 5 до 6,7 ц/га; зерна

озимої пшениці – від 1,3 до 3,1 ц/га, зерна озимого ячменю – від 2,5 до 3,5 ц/га.

Ряд родовищ цеолітів (кліноптилоліт, морденіт, анальцим) було відкрито вздовж північного борту Солотвинської западини, від с. Ліпча Хустського району до с. Водіца Рахівського району. Вміст цеолітів у ряді випадків досягає 95–96 % (район с. Ліпча). Тут цеоліти представлені морденітом, який також може застосовуватися в різних галузях народного господарства.

**Рис. 93. Сокірницьке родовище цеолітів (схематичний геологічний розріз за матеріалами Я. Маслякевича, 1974 р.)**

1 – суглинки, глини; 2 – туфи плагіоріолітові алевритові й псамітові; 3 – аргіліти з прошарками пісковиків і солей; 4 – аргіліти; 5 – туфоаргіліти; 6 – туфи цеолітизовані; 7 – тектонічні порушення

# САПРОПЕЛЬ

## Загальні відомості

Сапропелем називається відкладення мулу прісноводних континентальних водоймищ, що містить більше 15 % органічних речовин, а також розчинені речовини й мінеральні частки. Органічні речовини є залишками організмів і продуктів їх розпаду.

Назва "*сапропель*" походить від гр. слів *Sapros* – гнилий і *pelos* – мул. Серед сучасних утворень цього роду найбільше розповсюджені сапропелі, що називаються гітіями й являють собою органічно-мінеральні утворення озерних водоймищ з підпорядкованою кількістю мінеральних речовин і переважаючими залишками рослинних і тваринних організмів. Сапропель – желеподібна або зерниста маса темно-оливкового, коричневого, сірого, сіро-жовтого, голубуватого, рожевого або червоного кольору. Колір породи вказує на присутність органічних і неорганічних компонентів: оливковий – хлорофілу, рожевий – каротину або марганцю, голубуватий – вівіаніту, чорний – заліза, сірий – глини або вапна. Сухий сапропель твердіє й не піддається розм'якшенню. Як правило, сапропель не має запаху, іноді відмічається запах сірководню. Формування сапропелю відбувається за участю біохімічних, мікробіологічних і механічних процесів. Порода, що утворилася, є складним органогенно-мінеральним комплексом, до складу якого, крім рослинних і тваринних залишків і продуктів їх розкладання, входять різні мікроорганізми. Вона утримує значну кількість вуглеводу (53–60 %), кисню (30–36), водню (6–8), сірки (1,5–3), азоту (до 6). Органічна частина містить 3–11 % бітумів, до 40 % гумінових речовин тощо, а уламкова представлена теригенними або карбонатними уламками різної розмірності та мінералами: алогенними кварцом, польовими шпатами, біотитом, мусковітом; аутигенними опалом, кальцитом, лімонітом, сидеритом, гіпсом. Часто відмічається підвищена концентрація бору, нікелю, міді, кобальту, ванадію, цинку, молібдену, марганцю.

Фізичні властивості сапропелю: густина 1,4–2,7 г/см<sup>3</sup>; питома поверхня 1100–3200 м<sup>2</sup>/кг; природна вологість 72–98 %; вологоємність 78–87 %, об'ємна маса 1090–1170 кг/м<sup>3</sup>; дисперсність 50–250 мкм; рН 4,2–8,2; гідролітична кислотність 30–50 мг-екв/100 г; ємність поглинання 60–75 мг-екв/100 г; сума обмінних основ 90–200 мг-екв/100 г; міра насиченості основами 64–80 %. Фізичні властивості сапропелю визначаються насамперед їх вологістю: при воло-

гості більше 90 % вони мають сметаноподібну консистенцію, при 60 % відбувається тверднення, а при 20 % сапропель кам'яніє. Головними компонентами, що визначають агрономічну цінність сапропелю, є органічні сполуки та гумус.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Сапропель використовують як добрива, при виготовленні поживних сумішей для закритих ґрунтів і компостів, як кормову добавку для тварин і птахів [14, 19]. Залежно від складу та властивостей він може використовуватися в чистому вигляді, із застосуванням мінеральних добавок, може компостуватися, при цьому компости за ефективністю не поступаються гною. Агрономічна активність сапропелю визначається, насамперед, вмістом азоту, фосфору, калію, обмінною кислотністю, вмістом муакої фракції й біологічно активних речовин. Карбонатний сапропель може застосовуватися для вапнування ґрунтів замість крейди та доломітового борошна. У деяких країнах озерний сапропель застосовується для меліорації піщаних ґрунтів, збіднених гумусом. Крім того, він може застосовуватися для виготовлення бурових розчинів, будівельних матеріалів (пористі керамічні вироби, керамзит, деревно-волокнисті плити), як зв'язувальні добавки, у медицині (як лікувальна грязь і препарати).

Згідно з вимогами до сапропелю як сировини для виробництва добрив зольність не повинна перевищувати 50 %, вміст азоту – 1,5 %, а вміст у золі має бути не більше, %:  $Fe_2O_3$  – 10,  $CaO$  – 12,  $SO_3$  – 3, рН – 5. При застосуванні в меліорації обмежуються зольність (не більше 70 %) і рН (5).

При виробництві кормових добавок розмір порошку має бути не більше 10 мм, причому кількість часток розміром 5–10 мм не повинна бути вище 10 %; вологість має коливатися від 0,5 до 3,5 %, вміст азоту – 1–45 %, вміст у золі, %:  $CaO$  – 1–45;  $SiO_2$  – 1–15;  $Fe_2O_3$  – 0,1–15;  $SO_3$  – 0,1–3;  $P_2O_5$  – 0,1–2; часток, нерозчинних у 10 %  $HCl$ , –2–20. Крім того, обмежується вміст F, As, Pb, Cd, Sn, Hg, Mn, Cu, Cr, хлорорганічних речовин.

Сапропель для вапнування обмежень не має. Лікувальні грязі регламентуються за санітарно-бактеріологічними показниками. Малозольний сапропель із вмістом золи менше 15 %, азоту – 3–4 %, гумінових кислот – 6–25 % і фракції 0–0,1 мм – не менше 90 % використовується для отримання клею у виробництві деревно-волокнистих плит.

Одним з найважливіших показників якості сапропелю є його зольність, яка залежить від умов формування: зазвичай найменша зольність характерна для сапропелю замкнених озер, найвища – для сап-

ропелю проточних водоймищ або озер, вода яких багата на карбонати. За зольністю та іншими якостями виділяють сапропель трьох груп (табл. 104).

**Таблиця 104**

**Вимоги до сапропелю**

Група	Вміст піщаної фракції, %	Вміст золи, %	pH
I	5	50	7,0–8,5
II	5–50	50–90	6,5–7,5
III	50–75	90	4,0–6,5

Зазвичай до балансових відносять родовища сапропелю із зольністю до 65 % для нормальних порід і до 85 % для вапнякових.

**Генетичні та геолого-промислові типи родовищ**

За походженням виділяють автохтонний, змішаний і алохтонний типи з класами: органічним, органо-кремнеземистим, органічно-мінеральним, мінеральним, органо-кластичним і кластичним, а за складом такі види: змішано-водоростевий, торф'янистий, зоогенний, діатомовий, водоростево-кремнеземистий, водоростево-залізистий, вапняковий, залізистий, водоростево-піщаний, водоростево-глинистий, піщаний, глинистий, глинисто-вапняковий та ін.

Розрізняють два типи сапропелевих покладів: 1) під торф'яними покладами, 2) на дні озер під шаром озерної води. Утворення сапропелю найбільш характерне для водоймищ лісової зони, розташованих в області моренного ландшафту. Швидкість накопичення залежить від режиму накопичення органічних залишків у болотах і може змінюватися від 0,4 до 8 мм/рік. Формування сапропелю продовжується до нашого часу. Потужність сапропелю під торф'яними покладами – 4–7 м. Площа сапропелевих покладів під торф'яними – сотні-тисячі гектарів.

Добувають сапропель різними способами. При невеликих розмірах застосовують автоцистерни з насосами, використовують плавучі кріпи та екскаватори. Але найдешевший і найпродуктивніший спосіб – видобуток за допомогою землесосних установок (земснарядів). Слід підкреслити, що при видобуванні сапропелю не тільки отримують цінне добриво та підживлення для тварин, але й очищують і оновлюють озера, що заростають.

Сапропелі значно поширені на земній кулі в озерах середньої смуги Європи, Азії, Америки (Скандинавія, Німеччина, Польща, Литва, Білорусь, Україна, Росія, США, Канада).

## Родовища України

В Україні відомо три головних типи сапропелю: біогенний, кластогенний і змішаний; розвідано 274 родовища сапропелю із запасами понад 97 млн т, а ще для 37 родовищ прогнозні ресурси оцінені в кількості 15 млн т [2, 20]. Розповсюдження сапропелю в областях України наведено в табл. 105.

Основні запаси сапропелю зосереджені у водоймищах Волинської області. Середня продуктивність цих водоймищ на сапропель становить більше 1 тис т/га. Наприкінці ХХ ст. розроблялося 8 водоймищ: Бурків, Колпіно, Комляково, Горіхово, Мисливське, Скомор'є, Синово, Туричанське з видобутком до 200 тис. т/рік. Найбільші за площею озера розташовані в Любомльському (Острівське, Світязь, Пульмівське, Луки, Люцимер, Кримне), Ратненському (Лука, Турське, Горіхове, Волянське), Старовижевському (Біле) і Любешівському (Бурків) районах. У східних районах Волинської області переважають невеликі озера. Продукція, що видобувається, використовується місцевими споживачами на сільськогосподарські добрива, для підгодівлі тварин, з ветеринарними цілями, як хімічна сировина.

**Озеро Лука** площею 120 га, площа сапропелю 50 га, середня потужність 6,54 м, максимальна – 11,4 м, глибина води 5,41 м, запаси 487 тис т, типи – органо-глинистий, зоогенно-водоростевий.

**Озеро Острівське** площею 236 га, площа сапропелю 154,9 га, середня потужність 3,77 м, максимальна – 12,4 м, глибина води 1,62 м, запаси 1127,8 тис. т, зоогенно-водоростевий тип.

**Озеро Біле** площею 86 га, площа сапропелю 92,4 га, середня потужність 4,18 м, максимальна – 14,4 м, глибина води 1,19 м, запаси 942,8 тис. т, типи – зоогенно-водоростевий, органо-вапняний.

**Озеро Бурків** площею 13 га; площа сапропелю 7,6 га, середня потужність 3,23 м, максимальна – 7,15 м, глибина води 0,98 м, запаси 42 тис. т, тип – змішано-водоростевий.

Загалом, Україна має значні запаси цього виду сировини, яке має значну агрономічну ефективність. Грамотна розробка родовищ сапропелю сприяє оздоровленню навколишнього середовища, оскільки поліпшує якість води у водоймищі, регулює його водообмін з навколишньою сушею, перешкоджає процесам заболочування.

**Таблиця 105**

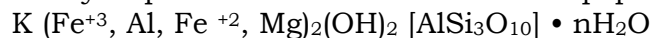
**Поширення родовищ сапропелю в Україні**

Область	Родовищ	Площа озер, га	Запаси, млн. т
Волинська	190	9821	71,8
Рівненська	37	1241	13,9
Сумська	21	416	3,8
Київська	2	102	1,3
Чернігівська	2	17	0,06
Харківська	22	659	6,3
<b>УСЬОГО</b>	<b>274</b>	<b>12256</b>	<b>97,2</b>

## ГЛАУКОНІТ

### Загальні відомості

Глауконіт належить до групи гідрослюд підкласу шаруватих силікатів. Склад глауконіту виражається такою загальною формулою:



Таким чином, він є калійвмісним алюмосилікатом заліза, алюмінію та магнію. Різновидами глауконіту є селадоніт і сколіт. Кристалізується глауконіт у моноклінній сингонії, зустрічається переважно у вигляді зерен розміром 0,5 мм, які мають кулясту, ниткоподібну, яйцеподібну та видовжену форми, а також землистих агрегатів. Найчастіше він входить до складу зелених глауконітових пісків або глауконіто-піщаних глин.

Глауконіт утворюється, головним чином, осадовим шляхом за рахунок діагенетичного перетворення алюмосилікатів і залізистого матеріалу мулів (біотиту, рогових обманок і піроксенів), польових шпатів, мінералів глин, а також синтезу з колоїдних розчинів (з поглинанням, зокрема, іонів калію з вод мулів). Відомі утворення глауконіту в корі витрювання гірських порід і ґрунтах.

### Галузі використання і вимоги до сировини

Глауконіт є важливим природним адсорбентом, може використовуватися для рекультивациі забруднених радіонуклідами ґрунтів, є комплексною агрономічною рудою [8, 9].

Глауконіт застосовується також як калійне добриво. Глауконіт, який містить понад 13,0 % оксиду калію, може бути використаний як природний замітник калійних солей. З 1 т глауконіту в ґрунт може бути внесено близько 60 кг  $K_2O$ , 7 кг  $P_2O_5$ , 4 кг  $BaO_3$ , 1,3 кг  $MnO$ . Глауконіти містять мікроелементи:  $Cu$ ,  $Ni$ ,  $Co$ ,  $Cr$ ,  $As$ ,  $Ga$ ,  $Mo$ . Глауконіт може бути прямим і непрямим добривом, бо його катіонні обмінні властивості зберігаються не одне десятиріччя. Але безпосереднє внесення глауконіту в ґрунт не завжди дає позитивний результат, оскільки калій цього мінералу часом важко засвоюється, чому в деяких випадках потрібна попередня обробка глауконіту.

Встановлено, що використання природної глауконітової руди, роздробленої до 0,07 мм, у кількості 60 кг на 1 га орних земель у Київській області сприяло зростанню врожаю ячменю на 44 % (порівняно з контрольним без добрив) і на 50 % (порівняно з тими, де були внесені калійні добрива). Крім того, збільшувався вміст білка й крохмалю. Урожай гречки збільшується на 48,4 % порівняно з контролем і на 27,0 % порівняно з дією калійних добрив, вівса – на 43,8 %, віки – на 16,0 %, а врожай томатів зростає в 2,8 рази. Приріст урожаю озимої пшениці, кукурудзи, цукрового буряку на сільськогосподарських ділянках Житомирської та Хмельницької областей свідчить, що ефективність глауконітового борошна як добрива не поступається дією калійного добрива. Агрохіміки пропонують застосовувати глауконіт як місцеве добриво на землях Вінницької, Хмельницької, Тернопільської, Чернівецької, Львівської та інших областей, де розповсюджені відклади глауконітових пластів.

У США для одержання калійних солей з глауконіту його обробляють сірчаною кислотою при 80–90°C з наступним нагріванням до вищих температур. При такому способі, крім калійних солей, що застосовуються як добриво, одержують ряд побічних продуктів (силікагель, глинозем, цемент і глаукозоль – відбілююча речовина для очистки масел). Одночасно глауконіт обробляють протягом однієї години при 250°C і підвищеному тиску вапнистим молоком. Їдкий калій, що при цьому одержують, обробляється невеликою кількістю азотної кислоти з утворенням  $KNO_3$ . Калій, який переходить у розчин при першому процесі, піддається випаровуванню до 90 %  $KOH$ , з якого шляхом обмінного розкладу одержують  $KCl$ ,  $K_2SO_4$  та інші солі калію.

## Родовища України

В Україні глауконітові породи поширені в межах Волино-Подільської плити, Львівського і Передкарпатського прогину, схилів УЩ, ДДЗ, Донбасу, де відомо понад 80 родовищ і проявів у крейдових



і палеогенових відкладах, але розвідані родовища відсутні. Значні нагромадження глауконіту пов'язані з нижньо- та верхньокрейдовими, а також палеогеновими відкладами, де він часто асоціює з фосфоритами. Як верхньокрейдові, так і палеогенові породи України є платформними утвореннями й приурочені до відкладів, які знаменують початок трансгресії моря. Морський басейн, в якому відбувалося утворення глауконіту, був за своїми умовами значною мірою аналогом басейнів, в яких утворювалися фосфорити, чим пояснюється майже повсюдна асоціація глауконіту з фосфоритами. Матеріалом для утворення глауконіту послужили справжні та колоїдні розчини, які частково були принесені із суші, а частково виникли в басейні. Тут глауконіт утворювався в результаті синтезу при взаємній коагуляції колоїдів у мулах і природних водах морського басейну.

**Крейдові відклади** пов'язані з альб-сеноманськими глауконітовими пісками, де вміст глауконіту становить 15–25 % і більше, лише в сеномані Придністров'я спостерігається значно вища концентрація, особливо по долинах річок Дністра, Калюсу, Ушиці, Тернові, де їх потужність досягає 40–50 м (рис. 94, 95).

Значний інтерес викликають фосфоритові родовища в глауконітовій формації верхньої крейди. Вона характеризується невисокими концентраціями  $P_2O_5$  (5,0 %), але зв'язок з глауконітовою формацією дозволяє розглядати ці породи як комплексну агрохімічну сировину. Найперспективнішими є Осиківське (Донецька обл.), Жванське (Хмельницька обл.) родовища. При збагаченні фосфориту глауконіт можна виділяти попутно з фосфатом не тільки при магнітній сепарації, але й з хвостів після процесу пінної сепарації. Вміст оксиду калію в глауконіті сягає 5,0–7,0 %. Вихід глауконітового концентрату 15,0–37,0 %, а глауконіту з концентрату – 65,0–75,0 %.

**Рис. 94. Глинське (а) та Мокротинське (б) родовища глауконіту (геологічний розріз за О.С. Пашкевичем)**

1 – глауконітові піски, 2 – глини, 3 – вапняки, 4 – піски, 5 – пісковики, 6 – леси, 7 – піски глинисті, 8 – мергелі

**Рис. 95. Родовище глауконітових пісків околиці м. Нова Ушиця (розріз)**  
1 – неогенові вапняки; 2–3 – верхньокрейдові відклади: 2 – кремені, 3 – глауконітові піски; 4 – піски з прошарками кременів; 5–6 – докембрійські (вендські) утворення: 5 – алевроліти, 6 – пісковики

Палеогенові глауконітові породи в Україні відомі серед відкладів канівської, бучацької, київської, харківської світ, тортонського ярусу неогену. Найбільша концентрація глауконіту спостерігається у відкладах канівської, київської та харківської світ палеогену, де він представлений пісками глауконіт-фосфатної фації. Потужність глауконітових пісків канівської світи досягає 20–30 м, вміст  $K_2O$  у глауконітах перевищує 6 %. Відклади київської світи зі значною концентрацією глауконіту відслонюються в околицях м. Несторова (Львівська обл.), де її потужністю сягає 5 м, вміст глауконіту – до 80 %, вміст  $K_2O$  у глауконіті – 7,5 %.

Найперспективнішим для виявлення промислових родовищ глауконіту є південно-західний схил УЩ, де ресурси глауконіту альбсеноманської глауконітової формації оцінюються в 3 млрд т. Тут виявлені родовища Карачайське (Хмельницька область), Жванське, Адамівське, Карпівське (Вінницька), ряд перспективних ділянок (Струзька, Цивковецька, Великоолександрівська, Крутобродська, Баранівська) [4, 6].

**Карачайське родовище** глауконітових пісків складається з двох ділянок: Карачайської (площа 19,1 км<sup>2</sup>) і Цивківської (10,3 км<sup>2</sup>), вони приурочені до нижньосеноманського під'ярусу верхньої крейди, їх потужність 5–7 м, глибина залягання 5–15 м. Піски темно-зелені, зерна глауконіту округлі, його вміст 50–68,7%. Прогнозні запаси пісків 388,8 млн т, глауконіту – 230,5 млн т.

**Жванське родовище** представлене різнозернистим фосфатно-глауконітовим піском потужністю 0,9–1,5 м з вклученнями кулястих фосфоритів, перекритим крейдоподібними мергелями турону. Вміст глауконіту в пісках 30–40 %,  $P_2O_5$  – 2–9 % (переважно 3–5 %), в концентратах – 14–16 %. Довжина покладів більше 10 км. Прогнозні ре-

сурси кварц-глауконітових пісків 37,8 млн т, попередньо підраховані запаси – 5,4 млн т.

Запаси глауконітових пісків **родовища Адамівка** за категорією С<sub>1</sub> складають 2,5 млн т, середній вміст Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – 2,8 %, а потужність продуктивного шару в середньому 11,5 м.

До родовищ подібного типу належать Осиківське (Донецька обл.), Ратнівське (Волинська обл.),

**Карпівське родовище** фосфорит-глауконітових руд представлено глинистими і карбонатними пісками нижнього сеноману потужністю 4,0-19,2 м. Середній вміст фосфориту – 10,8 %, глауконіту – 22,5 %, запаси руд за категорією С<sub>2</sub> – 2 млн т, прогнозні ресурси – 9 млн т.

## САПОНІТ

Сапонітові глини (від лат. "сапо" – мило) – унікальні природні утворення, промислові поклади яких уперше виявлені в Україні в 70-х рр. ХХ ст. Сапоніт, Mg<sub>3</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>[OH]<sub>2</sub>, є основним породоутворюючим мінералом змінених гіпергенезом туфів, мінералом групи монтморилоніту, в якому Al<sup>3+</sup> майже цілком замінений на Mg, а Si<sup>4+</sup> – частково на Al<sup>3+</sup>.

Сапонітові глини можуть використовуватися для мінеральної підгодівлі тварин, як консервант земельних кормів, для комплексної меліорації ґрунтів, рекультивації ґрунтів, забруднених радіонуклідами. У складі мінерального додатку до кормів сапоніт дає змогу підняти середньодобовий приріст свиней на 14,4–19,5 %, великої рогатої худоби на 11,4–19,0 %, збільшити добовий надій молока на 9 % (1,1 кг), а також підняти живу масу бройлерів на 3–5 %. Вміст <sup>137</sup>Cs у молоці корів, до корму яких додали сапоніт, знижувався на 13–74 % порівняно з контрольними показниками.

Сапонітові глини можуть бути використані як природні мінеральні добрива, внесення яких у ґрунт дозволяє підняти врожайність кукурудзи (вихід силосної маси) на 11–14 %, приріст зерна збільшити на 32 %. Через високий вміст у сапоніті магнію (9–11 %) та високу нейтралізуючу здатність, що становить близько 25 % такої здатності СаСО<sub>3</sub>, підвищується родючість дереново-підзолистих ґрунтів легкого гранулометричного складу (на 10–20 %) при внесенні сапоніту 5–10 т/га), а ці ґрунти становлять майже 2 млн га орних земель поліської зони України.

Продукти, створені на основі бентонітових глин (сапоніт – їх магнієвий різновид), застосовуються більше ніж у 80 господарських галузях багатьох розвинених країн і є важливою статтею світових експортно-імпортних операцій. Сьогодні ціна хімічно-оброблених бентонітів (за даними Лондонської біржі) досягає 120–150 фунтів стерлінгів за

тонну. США ввозять хімічно активовані продукти бентонітової сировини за ціною 200–250 дол./т. Щорічна потреба України в сапоніті становить близько 4 млн т.

Сапонітові глини (магнієві монтморилоніти) виявлені на північно-західному схилі УЩ у розрізі осадово-вулканогенних порід, де вони утворюють цілу провінцію бентонітової сировини. У стратиграфічному відношенні вони приурочені до берестовецької світи волинської серії венду, а в літологічному – представлені аргілітоподібною строка-то-барвною корою вивітрювання туфів основного складу.

Мінералогічний склад сапонітових глин такий: монтморилоніт, дикіт, кальцит, гематит, кварц. Як залишкові мінерали фіксуються олівін, гіперстен, діопсид, тремоліт, актиноліт. Серед акцесорних мінералів можна відзначити корунд, муасоніт, шпінель, ставроліт, дістен, силіманіт, монацит, апатит, барит, епідот. Середній хімічний склад, %:  $\text{SiO}_2$  – 47,9–48,3,  $\text{TiO}_2$  – 1,30–1,31,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 13,42–13,52,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 12,6–13,3,  $\text{FeO}$  – 1,2–1,3,  $\text{MgO}$  – 10,69–10,97,  $\text{MnO}$  – 0,20–0,22,  $\text{CaO}$  – 1,69–1,86,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,06–0,08,  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,96–1,24,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,12–0,14, S заг. – 0,004,  $\text{CO}_2$  – 0,58–0,72, в.п.п. – 8,45–8,47. Мікроелементний склад, %: Zr – 0,012, Cr – 0,005, Cu – 0,001, Zn – 0,001, La – 0,001, Li – 0,002, Ba – 0,0015, V – 0,0015, Ni – 0,0015.

Фізико-хімічні властивості сапонітових глин: зовнішня питома поверхня (фракція 0,053) – 1037,1–1079,7 м<sup>2</sup>/кг; набухання – 2 %; колоїдальність – 11,7–12,7 %; ємність катіонного об'єму – 5468 мг-екв на 100 г.

Останніми роками геолого-економічну оцінку одержали чотири ділянки залягання сапонітових глин: Ташківська-I; Ташківська-II, Радошівська та Варварівська, розташовані на півночі Хмельницької області. Їх прогнозні ресурси сягають 10–20 млн т. Сапоніти залягають на доступних для розробки відкритим способом глибинах (10–20 м). Потужність продуктивних пластів становить від 20 до 50 м.

На основі хмельницького сапоніту Інститутом кормів одержана нова мінеральна кормова добавка для тварин та птахів під назвою "фіс-ташки" [5].

## ІНША СИРОВИНА

Крім описаних вище, як агрохімічна сировина можуть бути використані такі види нетрадиційної сировини, як бентоніти, палигорські глини, діатоміти й опоки, перліти. Вони мають унікальні властивості структуроутворювачів і біостимуляторів, мають великі перспективи використання як меліоранти для поліпшення структури ґрунтів і зменшення їх вологовіддачі, мінеральні добрива, кормодобавки, на-

повнювачі отрутохімікатів, у гідропонних установках, для зв'язування токсичних металів ґрунтів, для зберігання сільськогосподарської продукції та ін.

**Бентоніти** в сільському господарстві застосовуються переважно на піщаних малородючих ґрунтах для поліпшення їх структури та збільшення водообмінних якостей, як акумулятор добрив і наповнювач отрутохімікатів. Україна має значні запаси (понад 60 млн т) бентонітів (Черкаське, Горбське та інші родовища).

**Палигорскітові глини** за кордоном використовують для приготування суспензійних рідких добрив, як меліорант і кормові добавки, підсушку для худоби й грануляції насіння. В Україні вони виявлені на Черкаському родовищі, прогнозні ресурси якого оцінюються в 2 млрд т.

**Кременева сировина** (діатоміти, трепели, опоки) є перспективною для використання її у виробництві мінеральних добрив, мінеральної підгодівлі та консервації кормів. В Україні такі родовища виявлені у Львівській, Кіровоградській, Харківській областях і в АР Крим. Їх промислові запаси становлять 135 млн т.

**Перліти** широко застосовуються за кордоном для виготовлення антизлежувачів добрив і для гідропонних матеріалів. В Україні розвідано три родовища в Закарпатській області із запасами 48,9 млн т. При внесенні їх у ґрунти підвищується водовбирання, поліпшується водообмін, зменшується вимивання поживних речовин.

Крім вищенаведених як мінеральні добрива, меліоранти ґрунтів, матеріал для гідропоніки, мінеральної підгодівлі тварин і птахів, консерванти зелених кормів, для кондиціонування добрив можуть використовуватися апатит, фосфорит, калійні солі, галіт, кальцит, синерит, вермикуліт, бішофіт, пірофіліт, талько-магнезити, відходи цукрових і металургійних заводів.

Хоч калійні солі є головною сировиною для одержання ефективних калійних добрив, питання про їх заміну набуває сьогодні дуже важливого значення. Особливо це стосується районів, які не мають своїх природних запасів і змушені завозити добрива. Багато сільськогосподарських культур погано переносять домішки хлору, натрію та інших елементів, які потрапляють у ґрунт разом з калійними солями. Крім того, в імпортованій сировині (Сенегал, Марокко) завжди присутня значна кількість токсичних і радіоактивних елементів.

Проте Україна має додаткові (нетрадиційні та вторинні) джерела мінеральних ресурсів для споживання та виробництва калійних добрив. Таким заміником може бути попіл рослинних культур. Особливо виділяється попіл зі стебел соняшника, який містить 30–36 %  $K_2O$  і до

5–6 %  $P_2O_5$ , соломи – 13,6–19,2 % та берези – 1,71 %  $K_2O$ . Найменше калію в попелі торфу (0,5–1,2 %) і калійного вугілля – 0,12 %.

Важливим заміником калійних солей є поташ ( $K_2CO_3$ ), який є безхлорною речовиною й містить понад 60 %  $K_2O$ . Він дуже гігроскопічний і має високу лужність, тому в чистому вигляді його не використовують, а змішують з торфом. Одержують поташ з відходів алюмінієвого виробництва. Крім них, як місцеве сільськогосподарське добриво та сировину для хімічної меліорації ґрунтів використовують торф і віваніт, гіпс і ангідрит, вапняк і крейду, цеоліти, сапропелі тощо.

### ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що розуміється під терміном “агрохімічна сировина”?
2. Де у сільському господарстві застосовується торф і віваніт?
3. Які країни мають найбільші запаси торфів?
4. Як утворюються торфи?
5. Де в Україні найбільш розповсюджені торфяники?
6. Що таке віваніт і де він застосовується?
7. Чим відрізняються гіпс та ангідрит?
8. Які якості гіпсу обумовлюють його застосування у сільському господарстві?
9. Які країни світу є лідерами у видобутку гіпсу?
10. Де і як утворюється гіпс?
11. Охарактеризуйте мінерально-сировинну базу України у відношенні гіпсу та ангідриту.
12. Які родовища гіпсу та ангідриту ви знаєте в Україні?
13. Де можуть використовуватися карбонатні породи?
14. Надайте порівняльну характеристику вапняку, доломіту і крейди.
15. Які якості карбонатних порід обумовлюють можливості їх застосування у сільському господарстві?
16. Що ви знаєте про цеоліти?
17. Як утворюються цеоліти?
18. Чи є в Україні родовища цеолітів?
19. Надайте загальну характеристику сапропелі.
20. Де в Україні видобувають сапропель?
21. Як у сільському господарстві використовується глауконіт?
22. Які родовища глауконіту ви знаєте в Україні?
23. Що таке сапоніт і де він використовується?

### ЛІТЕРАТУРА

1. Байраков В.В. Особенности минерального состава клиноптилолитовых пород Закарпатья // IV Болгаро-советский симпозиум „Природные цеолиты”. Тез. докл. – Бургас, 1985. – С. 23–24.

2. Безуглая М.В., Шумлянський В.А. Сапропель Волини как перспективное минеральное сырье // Наук. вісник Волинського держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2000. № 1. С. 11–13.
3. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. М.: Мир, 1976.
4. Глауконіт: Відомості про геологорозвідувальні роботи в Україні на 1.01.2002 р. Вип. 105. – К.: Геоінформ, 2002.
5. Гурський Д.С., Білошильний М.В. Сапоніт – камінь родючості // Мін. ресурси України, 1994. – № 1. – С. 31–32.
6. Гурський Д.С., Шимків Л.М., Білошапський М.В. Каміння родючості // Мін. ресурси України, 1996. – № 2. – С. 10–11.
7. Добрянский Ю.Е. Минеральное сырье для сельского хозяйства. – К.: УМК ВО, 1988.
8. Жилевский Д.Я., Ковалев В.И., Грицык В.Е. Экономические предпосылки использования кварц-глауконитовых песков Среднего Приднепровья // Экономика минер. сырья и геол.-развед. работ: Экспресс-информация. – М.: ВИЭМС, 1975. – № 10. – С. 9–14.
9. Канцельсон Ю.Я., Алексаньян О.М., Волошина А.М. Глауконитсодержащие микроконкреции как поглотители радионуклидов // Минералогия и геохимия глауконита. – Новосибирск, 1981. – С. 80–89.
10. Колоколович Л.Г., Демьянович Е.Н., Хитрова Г.М. Использование трепела в качестве стимулятора роста молодняка крупного рогатого скота // Научные основы развития животноводства в БССР. – Минск, 1983. – Вып. 13. – С. 87–91.
11. Краснов Е. Есть в Крыму минеральные удобрения. – Симферополь: Крым, 1964.
12. Кудряшова В.И. О путях использования цеолитов // Новые виды неметаллических полезных ископаемых. – М.: Наука, 1975. – С. 103–109.
13. Лазаренко Є.К., Коваленко Д.Н. Агрономічні руди України. – Львів: Львівський ун-т, 1966.
14. Малышев И.Г. Перспективность использования сапропелей в сельском хозяйстве // Химия в сельском хозяйстве, 1985. – № 2. – С. 8–11.
15. Матвеев А.Ф. Торфовиваниты – местные органо-фосфорные удобрения // Тр. ЗапСибНИГНИ. – Тюмень, 1976. – Вып. 104. – С. 27–28.
16. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Київ-Львів: „Центр Європы”, 2006.
17. Минеральные ресурсы Украины и мира на 1.01.2004 г. – К.: Геоинформ, 2005.
18. Ресурси твердих горючих копалин України на 01.01.2003 р. (за оперативними даними) / Ред. М.О. Акулов. – К.: Геоінформ, 2003.
19. Сапропель в сельском хозяйстве // Сб. научных трудов. – Якутск: Якутский филиал АН СССР, 1983.
20. Справочник ресурсов сапропеля Украины по состоянию на 1.01.1993 г. – К.: Геоинформ, 1994. Кн. I. Кн. II.
21. USGS Mineral Yearbook, 2005
22. USGS Mineral Yearbook, 2007

## РОЗДІЛ 9

# НОВІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ СИРОВИНИ

Розвиток галузі неметалічних корисних копалин йде шляхом залучення нових і нетрадиційних видів сировини, особливо протягом останніх десятиліть [1, 9, 12, 13]. Це пов'язане, по-перше, з вичерпанням ресурсів традиційних видів сировини, по-друге – з необхідністю залучення до виробництва корисних копалин з новими якісними показниками, що потрібні для одержання сучасних виробів і композиційних матеріалів. Це потребує нових методів і підходів до їх вивчення, одержання детальної інформації з багатьох питань, таких, як кристалоструктурні властивості породоутворюючих мінералів, особливості речовинного складу й фізико-хімічних властивостей мінералів і мінеральних агрегатів, установа нових напрямків їх використання, нових, екологічно чистих технологій переробки. Важливого значення набувають питання комплексного використання руд, максимально повної утилізації відходів і відвалів гірничих підприємств, що переробляють нерудну сировину, зростає роль геологічних і геолого-економічних досліджень. Існує багато класифікацій нових і нетрадиційних видів сировини, зокрема, виділяють такі типи: природні сорбенти, керамічна та вогнетривка (термохімічна) сировина, мінеральні добрива, хімічна та технічна сировина. Така систематика є, безумовно, неповною, оскільки діапазон використання нових і нетрадиційних видів сировини набагато ширший. Дуже умовно, з урахуванням реальних можливостей і потреб України, до цих видів сировини ми відносимо бітуми (озокерит, асфальт, керити та антраксоліти), шунгіт, нефелінові породи, маршмаліт, воластоніт, ставроліт. Цей список, безумовно, може бути значно розширений.

## БІТУМИ

### Загальні відомості

Бітуми – корисні копалини органічного походження з первинною вуглеводневою основою, які залягають у надрах у твердому, в'язкому



й в'язко-пластичному стані. Слово *bitumen* постійно згадується в грецькій і латинській літературі й означає нафту, мальти, смоли.

У наш час термін "бітум" використовується в трьох значеннях.

- як генетичне поняття – включають каустобіоліти нафтового й нафтоїдного рядів, зокрема, нафту, газ, газовий конденсат, природні похідні нафти (мальти, асфальти, асфальтити, керити, гумінокерити, озокерити, антраксоліти) та їхні аналоги (нафтоїди);
- як аналітичний термін – сума речовин, які вилучаються з гірських порід органічними розчинниками (хлороформом, бензолом та іншими) й дістали назву бітумоїдів;
- як технічний термін – природні та штучні речовини, які включають природні асфальти, продукти переробки нафти, дьогті з певними властивостями, що використовуються в народному господарстві для шляхових покриттів, гідроізоляції, приготування лаків тощо (технобітуми).

Природні бітуми складаються з високомолекулярних вуглеводнів і гетероатомних (кисневих, сірчанних, азотистих, металовмісних) сполук. До їх головних фізико-хімічних властивостей відносяться: *консистенція* – від в'язко-рідких (мальти) до рихлих (гумінокерити); *густина* – від 965 (мальти) до 1500 кг/м<sup>3</sup> (гумінокерити); *температура розм'якшення* – від 35°C (мальти) до неплавких (нафти, антраксоліти, гумінокерити); *розчинність у хлороформі* – від 100 % (мальти, асфальти) до нерозчинних (антраксоліти); *вміст масел* – мальти 65–40 %, асфальти 40–25 %, асфальтити 25–5 %. Для деяких різновидностей асфальтизових бітумів характерним є збагачення сіркою 10–15 % і більше (тіокерити, кіскеїти), а також металами (V, Ni, U, Co, Mo, Rb, Ge). Елементарний і груповий склад бітумів наведено в табл. 106.

**Таблиця 106**

**Основні властивості бітумів**

Бітум	Елементарний склад, %			Груповий склад, %				Вихід коксу, %	Густина, г/см <sup>3</sup>
	С	Н	O+S+N	мас-ла	смоли	асфальтени	карбоїди		
Нафти	84–86	12,5–14,5	0,5–4,0	55–100	0–30	0–5	0	0,5	0,70–0,95
Мальти	80–87	10,5–11,7	3,0–7,0	50–65	30–40	5–15	0	5–10	0,85–1,5
Асфальти	78–87	9,0–11,0	5,0–10,0	30–50	30–50	15–40	0	10–20	1,05–1,10
Асфальтити	76–86	7,5–9,5	5,0–10,0	5–30	5–50	30–90	0–10	15–20	1,05–1,20
Оксікерити	75–80	6,5–7,5	10–20	1–5	1–5	60–80	10–40	40–60	1,15–1,25
Гумінокерити	65–75	4,5–	20–30	0–2	0–2	0–60	40–	40–60	1,25–

		6,5					100		1,50
Керити	80–90	4,0–9,0	5,0–10,0	1–20	5–20	1–50	10–95	20–80	1,10–1,30
Антраксоліти	90–99	0,2–4,0	0,5–5,0	–	–	–	95–100	80–100	1,30–2,0

## Галузі використання і вимоги до сировини

Природні бітуми – це комплексна сировина, в основному хімічна, енергетична й будівельна. З асфальтових бітумів отримують легку синтетичну нафту, компоненти моторного палива. Природні бітуми й важкі високосмолисті нафти є джерелом отримання сірки, ванадію, нікелю, германію, урану та інших цінних металів. Бітуми, вилучені з нафти, широко застосовуються для асфальтування у шляховому будівництві, для гідроізоляції. Бітумінозні породи використовують для поліпшення ґрунтових доріг. Завдяки своїм специфічним властивостям – міцності та стійкості до дії атмосферних агентів і агресивних середовищ – бітуми широко застосовуються для ізолюючих покриттів в електротехніці, як антикорозійні матеріали. Крім цього, бітуми використовуються для виробництва пластмас, лаків, клеїв, а також у медицині та в побутовій техніці. У перспективі використання бітумів буде розширюватися й тому вивчення будови родовищ, складу та властивостей бітумів викликає значний інтерес.

## Генетичні та геолого-промислові типи родовищ

Утворення природних бітумів обумовляють гіпергенні (оксидні), фазово-міграційні та термально-метаморфічні процеси, які можуть проявлятися окремо, а можуть накладатися один на одного [2, 14].

**Гіпергенний (оксидний) ряд бітумів** формується при біохімічному та хімічному окисненні нафти і бітумів, що утворилися при інших процесах. При наближенні покладу до денної поверхні в зоні гіпергенезу нафта піддається дегазації, прямій дії поверхневих вод і проходить послідовні стадії окиснення, що супроводжуються поступальним збільшенням частки гетеросполук, підвищенням густини, в'язкості, зміною складу високомолекулярних сполук, накопиченням смолистих і сірчистих сполук. Нафта перетворюється на мальту й асфальтові бітуми, що заповнюють тріщини й утворюють покриви на поверхні.

Інший процес, що дає початок групі бітумів, пов'язаний з легкими метановими й нафтовими нафтами, які виливаються на поверхню й піддаються вивітрюванню та окисненню під дією кисню повітря,

утворюючи скупчення навколо тріщин, озер грязьових вулканів, виходів нафтових пластів на поверхню. У зоні гіпергенезу проходить і перетворення вуглеводнів під дією окисників, що призводить до перетворення нафти на окиснені бітуми (оксидитуми).

Завдяки процесам окиснення сформовано багато поверхневих проявів нафти, наприклад, збагачені бітумами піски й пісковики Східного Сибіру, виходи окремих нафтоносних пластів в Азербайджані, Західному Туркменістані, у Ферганській долині, на Мангишлаку та в багатьох інших регіонах світу. Втрати вихідних запасів нафти за рахунок утворення бітумів інколи сягають 70–85 % (Канада, Венесуела).

**Фазово-міграційний ряд** бітумів утворюється при диференціації вуглеводневих флюїдів у ході їх переміщення по порах і тріщинах при зміні термобаричних умов і співвідношення між розчинником і нерозчинними речовинами на шляхах міграції. При цьому може відбуватися виділення газу й частини легких вуглеводнів, у результаті чого розчин стає пересиченим і тверді вуглеводні випадають з нього й заповнюють пори й тріщини. В процесі висхідної міграції по слабо проникних породах відбувається також фільтрація нафти з втратою асфальтено-смолистих компонентів і ароматичних вуглеводнів завдяки їх адсорбції глинами. Це призводить до "зараження" деяких розрізів твердими бітумами. Суттєву роль у перетворенні нафти відіграють процеси виходу з пласта легких фракцій, що характеризуються меншою в'язкістю, накопичення смолистих і сірчаних сполук. В результаті смолисті й особливо асфальтенові компоненти, що знаходяться в нафті у вигляді колоїдного розчину, стають менш рухливими, осаджуються у пласті, утворюючи високов'язкі смолисто-асфальтенові нафти – первинні мальти. Фазова диференціація може приводити й до випадіння з нафти смолисто-асфальтенових бітумів або мальт у нафтоносних пластах при розбавленні нафти нижчими алканами.

Прикладом покладів, що утворилися в результаті фазової диференціації, можуть бути скупчення високов'язкої смолисто-асфальтенової нафти в кунгурських шарах у Прикаспійській западині, високов'язкої нафти в сеномані Західного Сибіру, у девоні Тіману.

Характерною групою бітумів фазово-міграційного ряду є озокерити жильного й пластового залягання, які утворюють родовища в Передкарпатському прогині (Бориславське жильне, Дзвиняцьке пластове), у Ферганській долині (Шорсу), на півострові Челекен. У жильних родовищах нафта диференціюється при підйомі по тріщинах, де з неї виділяються газові й легкі вуглеводні, а парафін випадає та утворює тверду масу озокериту, що заповнює тріщини. У пластових родовищах фазова диференціація нафти проходить у поровому просторі ко-

лектора, який заповнюється озокеритом із залишками легких і смолистих компонентів нафти.

**Термально-метаморфічний ряд** бітумів формується при таких процесах: деструкції органічної речовини в умовах контактового метаморфізму з утворенням складного спектра бітумів (нафтоїдів), піролізі твердих бітумів в умовах контактового метаморфізму з утворенням природних коксів і метаморфічній деструкції нафтових вуглеводнів ендогенного походження в гідротермальних системах.

За вихідним матеріалом термально-метаморфічні бітуми поділяються на метаморфобітуми та піробітуми (піронафтоїди). Перша група утворюється з асфальтових бітумів чи високосмолистих нафт в умовах контактового, гідротермального метаморфізму і динамометаморфізму, друга є продуктом піролізу багатих на органічну речовину порід і представлена пароподібними бітумами, які потім диференціюються у фазу гідротерм. До другої групи, напевне, відносяться бітуми гідротермальних родовищ ДДЗ і Донбасу, нафтоїди вугільних шахт. Крім температури на їх формування впливають і ретроградні явища – розчинення бітумінозних речовин при метаморфізмі вугілля газами (CO<sub>2</sub> і вуглеводневими), їх винос у вигляді газоконденсатів і конденсація при зниженні тиску і температури.

Природні тверді бітуми утворюють скупчення чотирьох типів: пластові, жильні, покривні та розсіяні.

Пластові скупчення бітумів, з якими пов'язані їх основні промислові родовища, утворилися в результаті окиснення, диференціації чи іншого перетворення нафти. Бітуми тут є залишковою частиною нафти, що заповнювала порожній простір колектора. Форма їх покладів аналогічна формі покладу нафти і повторює її. Як правило, для пластових скупчень спостерігається перехід твердих бітумів в окиснену і далі в неокиснену нафту за падінням порід. Найбільшим скупченням цього типу у світі є родовище Атабаска в Канаді.

Скупчення бітумів жильного типу пов'язані, головним чином, з фазово-міграційними процесами. Це жильні родовища Передкарпатського прогину (Бориславське, Старунське), півострова Челекен, Волгоуральського регіону (Садкінська асфальтитова жила).

Розміри жильних скупчень бітумів менші, ніж пластових, але достатньо великі. Садкінська асфальтова жила потужністю до 18 м простежується на глибину 400 м і за простяганням – на 680 м. Бориславська "головна поздовжня жила" озокериту при потужності 3 м простежується на глибину 400 м.

Скупчення покривних бітумів широко розповсюджені на внутрішніх бортах крайових прогинів і в міжгірних западинах. Вони зустрічаються на Апшеронському, Керченському, Таманському півостровах,

у Західно-Туркменській западині. Механізм формування покривних скупчень досить простий – нафта вилівалася на денну поверхню, просочувалася скрізь породи й зазнавала вивітрювання, що призвело до втрати легких фракцій.

Розсіяні прояви твердих бітумів у вигляді дрібних гнізд, включень, півок на стінках тріщин досить різноманітні й зустрічаються в усіх нафтогазоносних регіонах світу.

Видобуток бітумів ведеться кар'єрним, шахтним і свердловинним методами. Світовий видобуток бітумів і високов'язкої нафти становить 103,5 млн т свердловинами та 9,8 млн т кар'єрами.

## ОЗОКЕРИТ

### Загальні відомості

Озокерит – мінеральна віскоподібна речовина, природна суміш твердих вуглеводнів парафінового ряду ( $C_nH_{2n+2}$ ) з рідкими нафтовими маслами, смолами й асфальтенами. Середній елементарний склад озокериту: С 84–86 %, Н 13–16 %. Залежно від вмісту масел, смол, асфальтенів консистенція озокеритів може бути від м'якої, пластичної до твердої, крихкої. Колір змінюється в широких межах від чорного до темно-коричневого при високій смолистості до світло-коричневого, жовтого, світло-жовтого при низькому вмісті асфальтосмолистих компонентів. Зустрічаються зовсім білі різновиди без асфальтових домішок (бориславіт). Церезин – продукт очистки озокериту зі складом від  $C_{37}H_{76}$  до  $C_{53}H_{108}$ .

### Галузі використання і вимоги до сировини

Озокерит використовується у вигляді озокериту-сирцю та у вигляді церезину. Церезин використовується у виробництві пластичних масил, які здатні утворювати дуже тонкі й стійкі волого- та газонепроникні півки на металах, що визначає високі антифрикційні та антикорозійні властивості таких масил.

Завдяки високим діелектричним властивостям озокерит і церезин використовуються в електротехнічній промисловості. Церезин застосовується для просочування паперу при виробництві електродетонаторів, озокерит – для ізолюючого та антигниючого просочування ба-

вовняного обплетення проводів і кабелів. Зокрема, трансатлантичний кабель з озокеритовою ізоляцією безвідмовно служить вже 130 років.

Лікувальні властивості озокериту відомі давно. У східній медицині він широко використовується при лікуванні шкіряних і очних захворювань. Виникла особлива галузь медицини – озокеритотерапія – один з видів теплового лікування, заснований на тому, що теплоутримувальна здатність озокериту в 1,5–2 рази вища, ніж парафіну, й у 3–4 рази – ніж лікувальних грязей. Застосування озокериту у вигляді аплікацій при температурах 55–70°C дуже ефективно при лікуванні травм. Крім цього, озокерит і церезин широко застосовуються в сучасній фармакології для виготовлення лікувальних мазей, вазелінів, кремів. Використовуються вони також у парфумерії, харчовій і гумовій промисловості (пом'якшувач при просочуванні гумових тканин), у деревообробній промисловості (консервація дерева).

Цінність озокериту визначається, в першу чергу, відсотком виходу церезину – основного у валовому відношенні товарного продукту первинної переробки сировини. На це були орієнтовані кондиції параметрів для підрахунку запасів. До балансових запасів відносяться запаси руд при бортовому вмісті озокериту 1 % при температурі краплевиділення, не нижче 60°C. При таких умовах виділяються промислові тіла з відносно високоякісними рудами (вміст озокериту 2,3 % при температурі краплевиділення 60–71°C). Однак, за межами балансових руд залишаються руди з температурою краплевиділення 55–60°C, які містять сировину для отримання медичного озокериту й віско-озокеритових сумішей.

## Родовища України

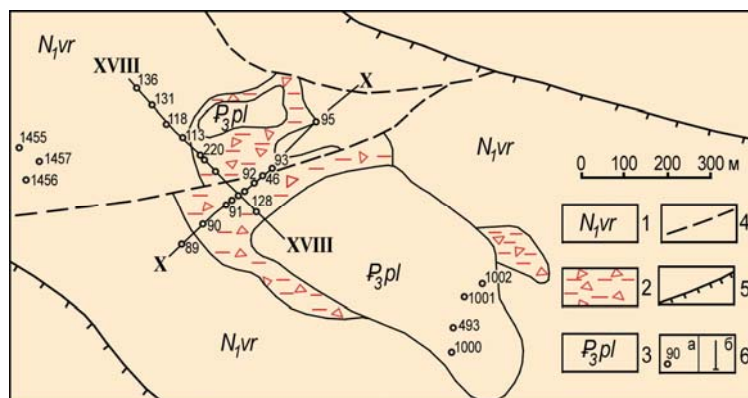
Родовища озокериту відомі в Україні, Туркменістані, Узбекистані, Румунії, США, Росії, Таджикистані, Киргизстані. Мінерально-сировинна база озокериту України залишається слабко вивченою. Державним балансом запасів корисних копалин враховуються три родовища: Бориславське (Львівська обл.), Старунське й Дзвиняцьке (Івано-Франківська обл.), які давно експлуатуються. Основними споживачами продукції були Харцизький і Одеський канатно-тросові заводи (консистентні мастила на основі озокериту); Трускавецьке й Моршинське курортні управління (озокеритотерапія); Львівське аптекоуправління (медичний озокерит); заводи гумових виробів України (віско-озокеритові суміші).

Озокерит відомий в Україні з давніх часів. Скупчення його локалізуються в межах внутрішньої зони Передкарпатського прогину в

найпродуктивнішій частині нафтогазоносної провінції. Більша частина відомих озокеритових родовищ пов'язана з відкладами соленосної формації міоцену, рідше вони зустрічаються у флішових відкладах еоцену й олігоцену, переважно в антиклінальних структурах Бориславсько-Покутської внутрішньої зони прогину.

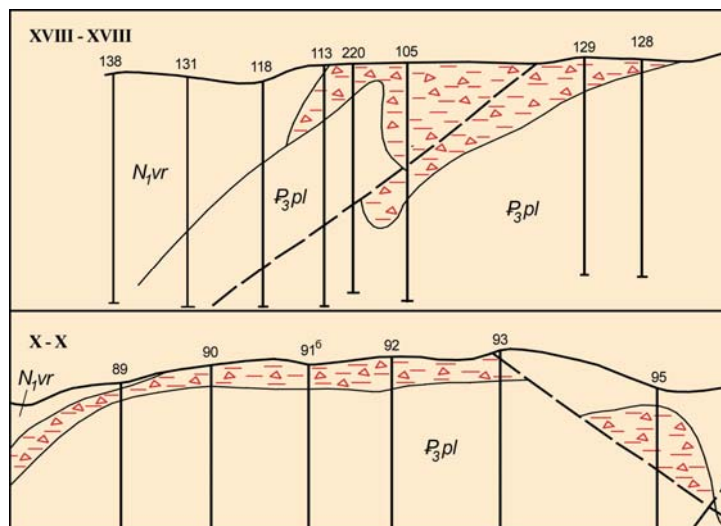
Розвідані промислові запаси озокериту сконцентровані в межах Бориславської антиклінали й приурочені до відкладів воротищенської світи неогену й поляницької – олігоцену. Вони представлені Бориславським, Дзвиняцьким, Старунським родовищами, балансові запаси яких за категоріями В+С<sub>1</sub> становлять 192 тис т, позабалансові – 128 тис т озокериту [11]. Промислова розробка озокериту на Бориславському родовищі розпочалась у 1855 р., на Дзвиняцькому та Старунському – на початку 70-х років ХІХ сторіччя. Основний тип зруденіння – пластовий у пісковикових відкладах воротищенської світи. Руда являє собою піщано-глинисту брекчію, в якій озокерит виповняє пори й порожнини, а також покриває у вигляді плівок уламки порід. У відкладах поляницької світи розвинений також жильний тип зруденіння.

**Бориславське родовище** пов'язане з відкладами поляницької світи олігоцену і воротищенської світи міоцену в склепінні Бориславської брахіантиклінальної складки довжиною 10 км і шириною 5 км (рис. 96, 97). Скупчення озокериту пов'язані з системою тріщин кліважу, представлені жилами потужністю від 0,02 до 0,8 м і пластами потужністю 110–180 м. Балансові запаси за категорією С<sub>1</sub> до глибини 400 м дорівнюють 139 тис. т, позабалансові – 128 тис т, середній вміст озокериту – 2,34 %. За часи розробки вилучено 25,4 тис. т озокериту.



**Рис. 96. Геологічна карта Бориславського родовища [11]**

1 – 2 – воротищенська світа: 1 – соляна брекчія, 2 – піщано-глиниста брекчія з озокеритом; 3 – поляницька світа – пісковики та глинисті сланці; 4 – зсуви; 5 – насуви; 6 – свердловини: а – на карті; б – на розрізі



**Рис. 97. Розрізи (поперечний та повздовжній) через Бориславське родовище [11]**

Умовні позначення на рис. 96

**Дзвиняцьке родовище** пов'язане з відкладами воротищенської світи міоцену, де потужність продуктивної озокеритоносної товщі складає в середньому 90 м (від декількох до 200 м і більше). Промислові скупчення озокериту простежені на 350 м. Озокерит виповняє тріщини чи вкраплення й окремі скупчення, нерівномірно розподілені в продуктивній товщі. Середній вміст озокериту в рудах 2,12 % (від 0 до 4,75%). Запаси затверджені за категорією С<sub>1</sub> в кількості 21,8 тис. т, із яких за станом на 1 січня 2004 року залишилось 17 тис. т озокериту. Родовище не розробляється.

**Старунське родовище теж** пов'язане з відкладами воротищенської світи. Озокерит у вміщуючих породах знаходиться у вигляді жил потужністю від долів сантиметру до одного й більше метрів, тонких прожилків, примазок, нальотів, заповнює порожнини в піщанистих брекчійованих глинах. Потужність покладів 100–150 м, вміст озокериту 1,0–2,78 %, середній 1,84–2,08 %. Запаси родовища за категоріями В+С<sub>1</sub> дорівнюють 61,4 тис. т озокериту.

Зараз озокеритова промисловість в Україні знаходиться в занепаді через різке скорочення попиту на озокерит. При відновленні канатно-тросового, гумово-технічного виробництв, забезпеченні курортів і фармацевтичної промисловості якісними препаратами та засобами, використанні озокериту для консервації дерева (якісні меблі, паркет) потужностей Бориславського підприємства вже не вистачатиме.



## АСФАЛЬТ

Асфальт – тверда або в'язка природна речовина майже чорного кольору. Розчиняється в скипидарі, хлороформі, сірководні, частково в бензолі та спирті. Елементарний склад, %: С – 67–88, Н – 7–10, О – 2–23. Густина 1000–1200 кг/м<sup>3</sup>. Температура плавлення від 20 до 80–100°С.

Використовується в будівництві шляхів, електротехніці й хімічній промисловості. Видобуток у світі – близько 3 млн т.

Утворюється з деяких нафт у результаті їх окиснення й випаровування легких фракцій. Широко розповсюджений у нафтогазоносних басейнах у районах неглибокого залягання або виходу на поверхню продуктивних товщ. Асфальт просочує пори пісковиків, вапняків і доломітів, інколи утворює потужну кору на поверхні великих нафтових озер (асфальтовий покрив Мертвого озера, асфальтове море на острові Тринідад) і потужні жили в нафтовмісних породах (Садкінська асфальтитова жила).

В Україні родовища асфальту відомі і деякий час розроблялися на Керченському півострові. Це родовище, що розташовано на Голубиному мисі, локалізовано в сарматських вапняках. Запаси його становлять 20 тис. м<sup>3</sup> із вмістом асфальту 2,15 %. Є дані, що на мисі Еніколе також розроблялося родовище асфальту.

## КЕРИТИ ТА АНТРАКСОЛІТИ

Керити та антраксоліти – тверді, чорні, блискучі речовини з раковистим зламом, нерозчинні в органічних розчинниках, складаються в основному з вуглецю. Густина 1300–2000 кг/м<sup>3</sup>. За складом і деякими властивостями антраксоліти дуже близькі до антрацитів. Є продуктами глибокого метаморфізму бітумів і піролізу багатих на органічну речовину порід за участі гідротермальних процесів.

В Україні промислові родовища керитів і антраксолітів невідомі. Присутність твердих бітумів ряду керит-антраксоліт встановлено на багатьох гідротермальних рудно-бітумних родовищах – золота, поліметалів, ртуті, флюориту, що приурочені до осадових нафтогазоносних провінцій – ДДЗ, Донбасу, Передкарпаття. Тверді бітуми цих родовищ промислового значення не мають.

## ШУНГІТ

Шунгіт був виділений як крайній член у ряді аморфного вуглецю. Це елементарний вуглець з глобулярною нормолекулярною структурою, що знаходиться в метастабільному стані, близькому до штучного скловуглецю та сажі. Від графіту відрізняється відсутністю кристалічної структури, від бітумів і вугілля – мізерним вмістом летких компонентів (водню, кисню, азоту). Особливості структурного стану визначають ряд специфічних і часто унікальних технологічних властивостей шунгіту, чому він і виступає нетрадиційною мінеральною сировиною багатоцільового призначення.

Однією з основних галузей використання шунгітових порід є чорна й кольорова металургія. У високотемпературних металургійних процесах (рідке шлаковидалення, електротермічне виробництво феросплавів, переробка нікельвмісної сировини, синтетичного чавуну, фосфору, кольорових металів) шунгітові породи здатні виступати комплексною сировиною, що одночасно замінює кокс і кварцит. У такому випадку використовуються різновиди із вмістом шунгітового вуглецю 25–40 %, кварцу 40–50 %, алюмосилікатів 15–25 %.

Високодисперсний рівномірний розподіл вуглецю та силікатів робить можливою заміну ливарних графітів високозольними шунгітами (до 17 % золи), оскільки в технологічному процесі силікатні частинки обволікаються з поверхні плівкою вуглецю й поводять себе як повністю вуглецеві. Дисперсна структура шунгіту обумовлює високу седиментаційну стійкість і покривну здатність при застосуванні його для термічних фарб.

Шунгітові породи характеризуються високою електропровідністю та фізико-механічною стійкістю й складаються з різних компонентів (вуглець, кварц, складні силікати). У зв'язку з цим їх можна використовувати як наповнювач композиційних матеріалів на основі неорганічних сполук.

Шунгітові породи мають розвинену внутрішню поверхню (в 1 г – до декількох метрів при вмісті вуглецю 30 %), характеризуються високою адсорбційною здатністю, що робить можливим їх застосування як адсорбенту при очистці стічних вод і газових викидів. Високі каталітична активність, стійкість і електропровідність шунгітів використовуються при електрохімічних процесах і каталізі. Останнім часом шунгітвмісні хлоритові сланці із вмістом шунгітового вуглецю 1–3 % використовуються для отримання штучного щебеню, що спучується (шунгізиту).

Використання на основі шунгіту мідно-вуглецевих електродів при електроерозійному легуванні котлів дозволяє скоротити кількість вимушених зупинок для очищення поверхні нагріву. Це, у свою чергу, впливає на скорочення вимушеного простою (год/рік), скорочення аварійності енергоблоку, зменшення потужності аварійного резерву й, у кінцевому результаті, – зниження затрат на очищення поверхні нагріву котлів від забруднення.

Виділяють два основні типи родовищ шунгіту: нестратифікований, представлений дрібними жилами і гніздами шунгіту; стратифікований, представлений витриманими пластами шунгітоносних порід в осадових і осадово-вулканогенних формаціях. За вмістом вуглецю виділяють п'ять різновидів шунгітових порід: I (більше 98 % C), II (35–75 % C), III (20–35 % C), IV (10–20 % C), V (5–10 % C).

Зараз використовуються шунгітовмісні (менше 10 % C) і шунгітові (більше 20 % C) породи, основними компонентами яких є шунгітовий вуглець (20–40 %), кварц (40–50 %) і алюмосилікати (15–25 %). Перша група використовується для виробництва шунгізитів.

Шунгіти утворюються в результаті природних процесів коксування, що супроводжуються переходом органічного вуглецю в аморфний різновид під дією зеленосланцевого метаморфізму осадових і вулканогенно-осадових порід.

Промислові родовища шунгіту та шунгітовмісних порід сконцентровані в основному на території Карелії (Гінозерське родовище) та Казахстану [7, 18]. В Україні родовища і прояви шунгіту та шунгітовмісних порід невідомі.

## НЕФЕЛІНОВІ ПОРОДИ

Серед вивержених гірських порід на частку лужних припадає близько 1 %. Найпоширенішими відмінами лужних порід є нефелінові сієніти, котрі складаються з лужного польового шпату та нефеліну й підпорядкованої кількості біотиту та лужного піроксену чи амфіболу. За текстурою розрізняють два типи нефелінових сієнітів: трахітоїдний і гранітоїдний; структура їх переважно середньозерниста, іноді крупнозерниста, подібна до структури гранітів. За особливостями мінерального складу виділяються різновиди нефелінових сієнітів: міаскіти (нормальні й роговообманкові), дітроїти, хібініти, луяврیتی, фойяїти, канадити, ювіти тощо.

Нефелінові породи можуть розглядатися як комплексна сировина для отримання алюмінію, лужних продуктів, будівельних матеріалів, часом рідкісних металів та фосфору [3].

В Україні нефелінові сієніти особливо поширені в Приазов'ї [5, 6], де представлені маріуполітами, у складі яких переважають широкотабличасті кристали нефеліну (15–30 %) і видовжені ідіоморфні індивіди альбіту (50–70 %). Забарвлені мінерали представлені голчастими кристалами егірину, інколи лепідомелану та лужної рогової обманки; акцесорні – апатит, ільменіт, циркон, пірохлор, содаліт, канкриніт. Породи характеризуються значним розмаїттям структури та складу, що дає підстави для виділення серед них численних відмін. Виділяється дві серії порід: протерозойська сієнітова та палеозойська лужних габроїдів.

Першу складають фойяїт-маріуполітовий (руди на алюміній, лужні продукти, цирконій, ніобій, тантал і рідкісноземельні елементи) та нефелін-карбонатитовий (руди на фосфор, тантал, ніобій, рідкісноземельні елементи, алюміній) комплекси. Детальніше вивченими є фойяїт-маріуполітові породи Октябрського лужного масиву, який знаходиться на перетині глибинних розломів північно-західного та північно-східного напрямків. У межах масиву розрізняють чотири різновиди цих порід (комплексних руд): нефелінізованих сієнітів, фойяїтів, маріуполітів і лужних пегматитів, а також три відміни рідкіснометальних альбітитів: циркон-пірохлорових (у нефелінових породах), пірохлорових (у сієнітах), цирконових (у гранітах). Виявлено три родовища комплексних руд, а саме: Балка Мазурова, Калініно-Шевченківське та Валі-Тарама, загальні запаси яких становлять близько 1 млрд т. Для нефелінових руд Октябрського масиву розроблено нову гідрохімічну схему отримання глинозему разом із содою і будівельними матеріалами.

Породи нефелін-карбонатитового комплексу (Новополтавський масив, Чернігівська зона в Західному Приазов'ї) є апатитоносними і вміщують рідкіснометальну та рідкісноземельну мінералізацію. Лужні породи фіксуються у вигляді системи крутопадаючих лінійних жил зональної будови, що формувалися, напевно, протягом трьох етапів: кварц-сієнітового, власне сієнітового та карбонатитового, з яким і пов'язано корисне навантаження.

Друга серія поширена в зоні сполучення Приазовського блоку УЩ зі складчастим Донбасом в районі Єланчицького горсту, де породи палеозойського віку складають Покрово-Кирейівський масив, у межах якого виділяють два типи нефелінових утворень – малін'їти та ювіти. Нефелінові руди можуть бути використані для виробництва глинозему за гідрохімічною технологією після попереднього збагачення. Поблизу знаходиться Покрово-Кирейівське родовище плавикового шпату з ділянками калієвих метасоматитів, що мають підвищений вміст берилію, ніобію та рідкісноземельних елементів. Крім того, є підстави очікувати виявлення в цьому районі корінних родовищ алмазів.

## МАРШАЛІТ

Маршаліт – пухка чи мало ущільнена гірська порода, що складається з кутастих часток кварцу алевритової розмірності з невеликою (до 10–20 %) домішкою більших уламків. Є залишковим продуктом (вміст  $\text{SiO}_2$  90 % і більше) вивітрювання окремених вапняків або кварцитів і деяких інших істотно кременистих порід. Синоніми: кварц пилоподібний, кварц борошністий. Дуже широко використовується в промисловості для виробництва рідкого скла, з якого, у свою чергу, отримують штучні камені, деталі будівель (у суміші з доменним шлаком, піском, тирсою тощо), художні й декоративні вироби (з молотого мармуру), матеріал для ущільнення пористих кам'яних мас, прискорення твердіння цементу, цементації ґрунту, просочування шляхового покриття, брикетування вугілля, кислототривкий цемент, абразивні матеріали, вогнетривкі вироби, стрижні дугових ламп, силікатний клей, фанеру та фіброліт, хірургічні пов'язки тощо; як наповнювач у виробництві пластмас і гуми; у склоробному й фарфоро-фаянсовому виробництві.

Прояви маршаліту в Україні відомі в Криворізькому залізорудному басейні, де вони пов'язані із зонами гіпергенезу кременисто-залізистих і сланцево-кременисто-залізистих порід (зокрема, з окисненими рудами Саксаганського району) і на північний захід від міста Києва (Гаврилівське родовище).

**Гаврилівське родовище** біля села Гаврилівка Димерського району Київської області представлено пластом, збагаченим маршалітом, з площею виходу 130 га, потужністю 1,4–4,8 м, на глибині від 5,12 до 8,75 м, приуроченим до полтавських пісків. У мінеральному складі переважає кварц (93–94 %), каолінит (5–6 %), у меншій кількості розвинені плагіоклаз, халцедон, лейкоксен, присутні турмалін, рутил, дистен, циркон, апатит, ільменіт, епідот. Хімічний стан наведений у табл. 107. У гранулометричному відношенні переважає фракція 0,01–0,06 мм (96–98 %). Розкривні породи потужністю 7,1 м, на 50 % вони представлені якісною цегельно-черепичною сировиною. Орієнтовні запаси маршаліту становлять 5,4 млн м<sup>3</sup>.

**Таблиця 107**

**Хімічний склад маршаліту**

Компоненти	Вміст, %	Компоненти	Вміст, %
$\text{SiO}_2$	88,45–97,00	MgO	0–1,04
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,10–5,04	$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	0,20–0,68
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,31–3,14	$\text{SO}_3$	сл.–0,17
$\text{TiO}_2$	сл.–1,01	в. п. п.	0,33–2,70
CaO	0,26–2,00		

## ВОЛАСТОНІТ

### Загальні відомості

Воластоніт  $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$  (названий за іменем англійського мінералога й хіміка У.Х.Воластона (William Hyde Wollaston, 1766–1828) належить до силікатів групи піроксеноїдів і відноситься до числа промислових мінералів, сфера й обсяги застосування яких у світі значні. Хімічний склад, %:  $\text{CaO}$  – 48,3;  $\text{SiO}_2$  – 51,7. Домішки:  $\text{FeO}$  (до 10 %),  $\text{MnO}$  (до 7 %), також  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Синоніми: вільніт, граміт, шпат дощаний, едельфорсит та ін. Триклінно-пінакоїдальний, поліморфний з цикловоластонітом і параволастонітом. Колір білий, сірий, жовточервонуватий. Блиск скляний до шовковистого. Часто прозорий. Густина 2,78–2,91 твердість 5–5,5. Стійкий за температури нижче  $1200^\circ\text{C}$ . Форма виділення – жердинчасті агрегати, зростки широких тонких пластинок, волокнисті до тонковолокнистих, зернистих, листуватих мас; кристали стовпчасті, таблитчасті, голчасті. Типовий метаморфічний мінерал, а також отримується штучно при рекристалізації сплавів  $\text{CaF}_2$  і  $\text{SiO}_2$ ; нагріванні суміші  $\text{CaCO}_3$  і  $\text{SiO}_2$  з водою без доступу повітря при температурі  $400\text{--}425^\circ\text{C}$ .

### Галузі використання і вимоги до сировини

Маючи сталий хімічний склад і специфічні форми кристалів, воластоніт знайшов застосування як універсальний або модифікований наповнювач, флюс, керамічний матеріал та ін. [16, 17]

При переробці вихідних руд виробляються воластонітові матеріали двох видів: 1) порошкоподібні, які використовуються, головним чином, у керамічному виробництві, виготовленні покриття, як наповнювач та флюс; 2) напівволокнисті, які застосовуються як наповнювачі (замінник азбесту) у виробництві пластмас, гуми та ін. Переробка руди включає дроблення, візуальне сортування, додаткове дроблення, флотацію, магнітну сепарацію, додатковий помел і розділення на сорти з розмірами часток 200, 75, 43, 37 мкм.

Воластонітові руди поділяють на багаті – середній вміст воластоніту не менше 70 %, рядові – 55–69 %, бідні – менше 55 %. На найбільшу увагу заслуговують руди, що легко збагачуються. Для окремих галузей промисловості існують певні умови, наприклад, для лакофарбової водорозчинність повинна бути не більше 0,5 %, білизна – не менше 75 %, ступінь помелу (залишок на ситі 008) – не більше 40 %, рН – 7–9.

У фарфоровій промисловості можливе застосування воластонітових концентратів, що вміщують (% не більше):  $\text{SiO}_2$  – 54;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$  – 1;  $\text{MgO}$  – 0,3;  $\text{CaO}$  – не менше 4.

Порошковаті воластонітові продукти споживає переважно керамічне виробництво як головну складову керамічної маси при виготовленні облицювальної плитки (чому сприяє мала усадка й незначне газовиділення), додатків до поливних сумішей. У менших обсягах воластоніт використовують у складі мас для виготовлення фарфору й фаянсу. Облицювальні вироби на основі воластоніту мають гарні конструкційні властивості, їх легко можна пиляти й свердлити, вони добре тримають гвинти й цвяхи. Воластоніт успішно заміняє такі традиційні компоненти керамічних домішок, як крейда, доломіт, тальк і польовий шпат. Він сприяє формуванню міцного черепка з низькою пористістю, його хімічна чистота забезпечує високу білизну черепка, визначає електроізоляційні властивості виробів, знижує температуру спікання (з 991 до 119,6°C), забезпечує одержання якісної продукції в умовах швидкого випалу тощо.

У виробництві фарб воластоніт конкурує з іншими природними матеріалами. Особливо цінуються антикорозійні покриття та технічні барвники на основі воластоніту. За білизною та дисперсністю воластонітові продукти мало відрізняються від інших наповнювачів, але при цьому показують низьку масляну адсорбцію.

Позитивний вплив на якість продукції справляють такі властивості воластоніту: 1) голчаста форма кристалів забезпечує витриману товщину нанесеного шару фарби, підвищує міцність і знос покриттів, підвищує їх опір хімічній дії зовнішнього середовища; 2) висока білизна й низька адсорбційна здатність роблять можливим зниження дозування пігменту; 3) хімічний склад підвищує стійкість ряду барвників (наприклад, полівінілацетатних) під дією лужного середовища.

У металургії застосування воластоніту теж надає деякі переваги, пов'язані з його властивістю плавитися при відносно низькій температурі. У процесі безперервного розливу сталі застосовується складний порошок препарат з воластонітом, що забезпечує однорідність поверхні потоку розплавленої сталі. При зварювальних роботах воластоніт використовується у складі обмазок електродів, які суттєво знижують іскроутворення. Напівволокнисті сорти воластоніту разом з в'язкими речовинами та органічними волокнами застосовуються для виготовлення різних жаротривких виробів.

Голчаста морфологія часток воластоніту є дуже сприятливою, зменшує усадку матеріалів, але ускладнює шліфування після екструзивного лиття. Специфічна хімічна обробка збільшує сумісність воластоніту з матеріалом-наповнювачем. Ці особливості застосування вола-

тоніту дозволяють широко використовувати його у виробленні гум і пластмас.

Фарбові характеристики, включаючи яскравість, білизну та непрозорість, сприяють економії пігменту; електричні – збільшенню електричного опору матеріалів, що наповнюють, збільшують діелектричну сталу поліпропілену до 2,74 (при 40 % воластонітового наповнювача).

### **Економічні відомості**

Світова продукція воластоніту у 2005 р. була біля 600 тис. т, лідирує Китай, який видобув 395 тис. т, а експортував 190 тис. т, другий виробник – Індія, видобула 169 тис. т, третій – США – 115-127 тис. т, далі йдуть Мексика (27,1 тис. т), Фінляндія (16,8 тис. т) [19].

Ціна на воластоніт у 2005 р. коливалась від 50-60 \$/т за китайський порошок до 1700 \$/т за ультратонкий для кераміки воластоніт. Ціна на воластоніт з Китаю (free on board – f.o.b.) 200-меш – 80-100 \$/т, 325-меш – 90-110 \$/т, наповнювач (з Азії та Африки) – 89-510 \$/т, на керамічний з Азії – 58-137 \$/т [19].

У цілому, кон'юнктура споживання воластонітових продуктів на світовому ринку складається дуже сприятливо, особливо зважаючи на увагу, яку сьогодні приділяють напівволокнистим сортам, що використовуються як замітник азбесту.

У державах, де відсутня національна сировинна база, налагоджено виробництво синтетичного воластоніту, що є рентабельним за методом спікання променевого кварцу й тонкоподрібненого вапняку у співвідношенні 1:1. Конкурентоспроможність синтетичного воластоніту залежить від вартості палива. Останніми роками збільшилася кількість способів одержання штучного воластоніту. Для його синтезу застосовують вапно, вапняк, мармур, крейду, кремнезем, кварцовий пісок, діатоміт, трепел, опоку, а також кремнеземисті вапняки зі співвідношенням CaO і SiO<sub>2</sub>, близьким до 1:1.

### **Генетичні та геолого-промислові типи родовищ**

Воластоніт є характерним метаморфічним мінералом карбонатно-сілікатних комплексів, він присутній у складі кальцифірів, роговиків, скарноїдів, скарнів, карбонатитів. Виділяють три основні генетичні типи родовищ: регіонально-метаморфічний, контактово-метаморфічний і контактово-метасоматичний. Воластоніт утворює непромислові прояви в карбонатних і лужних ультрабазитах [4, 8, 16]. Найбільший практичний інтерес викликають кальцифіри та скарної-



ди, бо в них мінеральні домішки мають найменший розвиток, при тому що форма їх присутності сприяє відносно легкому та повному їх вилученню при переробці руд. Інфільтраційні воластонітові скарни – найбільш важкий об'єкт для збагачення, кількість одержаних з них концентратів низька.

В Україні прояви воластоніту відомі в сеномані середнього Придністров'я, але кремнеземисті карбонатні породи інших регіонів також викликають значний інтерес [15].

## СТАВРОЛІТ

Назва мінералу походить від гр. *ставрос* – хрест (часто має вигляд хрестоподібних двійників). Хімічний склад: FeO – 15,8, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 55,9, SiO<sub>2</sub> – 26,3, H<sub>2</sub>O – 2,0 %. Як домішки, в його складі можуть бути присутні Mg, Zn, Co. Сингонія мінералу ромбічна. Кристалічна структура ставроліту складається з шарів дистену, які чергуються з шарами Fe<sup>2+</sup> і (OH)<sup>-</sup>. Близькістю структур дистену та ставроліту пояснюються часті зростання цих мінералів. Ставроліт утворює одиничні кристали або двійники, що врастають у масу породи. Кристали мають призматичний габітус і є комбінацією призми й пінакоїда. Часто зустрічаються двійники у вигляді хреста або косоного хреста. Колір мінералу червонувато-бурий до бурувато-чорного. Навіть у тонких шліфах прозорий тільки у свіжих зразках. Блиск скляний, спайність середня, злам нерівний, твердість 7–7,5, густина 3,65–3,77. Діагностується за кольором і габітусом кристалів (зазвичай, здвійникованих). При плавленні паяльною трубкою не плавиться, за винятком марганцевих відмін, які сплавляються в чорне магнітне скло.

Ставроліт утворюється переважно в кристалічних сланцях і гнейсах, особливо часто в слюдяних і глинистих сланцях, де є продуктом регіонального та контактового метаморфізму, зустрічається разом з дистеном, гранатом, слюдою, силіманітом, турмаліном. Головні типи родовищ ставроліту: корінні (ставролітові сланці), розсіпні. Достовірних відомостей про промислові родовища, ресурси, видобуток, і економіку ставролітової сировини в світі практично немає. Він видобувається в США, Австралії, Бразилії, Шрі-Ланці та ін.

Ставроліт є чудовим десульфатором і розріджувачем сталі. Ставролітовий концентрат при промисловому використанні зарекомендував себе як якісний, високоефективний (економічно й технологічно) та екологічно безпечний флюсовий матеріал при виплавці сталі, який успішно замінює більш дорогі боксити й плавиковий шпат. Ставролітовий концентрат використовується лише на деяких металургійних заводах України (Макіївський, Криворізький та ін.), його використан-

ня стримується відсутністю мінерально-сировинної бази, хоча відомі прояви ставролітовміщуючих порід – неогенові морські розсипи (Малишівське родовище) і докембрійські пластові поклади ставролітовміщуючих сланців (Осипенківське родовище) [10].

**Малишівське родовище** залягає в товщі морських пісків неогену, звідки, разом з концентратами рутилу, ільменіту, циркону, дистен-силіманіту вилучається і ставролітовий концентрат (в 2002 р. – 71 тис. т ставроліту). Запаси ставроліту за категоріями А+В+С<sub>1</sub> становлять 1586 тис. т.

**Осипенківське родовище** приурочене до центральної частини Сорокинської зони, де виділяється серія пластових тіл сумарною потужністю 55–220 м, збагачених ставролітом (середній вміст 19,6–21,9%). Ставролітові сланці складаються з (%): кварцу (10–25), плагіоклазу (15–40), ставроліту (10–35), біотиту (10–15), силіманіту (0–15), гранату (0–15), андалузиту (0–10), мусковіту (5–15), дистену (0–10); акцесорних (циркон, турмалін, кордієрит). Прогнозні ресурси за категоріями С<sub>2</sub>+Р<sub>1</sub> до глибини 300 м оцінюються в 25 млн т ставроліту, а за категорією Р<sub>3</sub> – 400–460 млн т руди або 90–96 млн т ставроліту. Збагачення сланців магнітною сепарацією і флотацією просте та економічне.

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які види неметалічної мінеральної сировини можна віднести до нових і нетрадиційних типів?
2. Що називається бітумами?
3. Які типи родовищ бітумів ви знаєте?
4. Надайте загальну характеристику озокериту.
5. Які родовища озокериту в Україні ви знаєте?
6. Де використовується шунгіт?
7. Які є перспективи використання нефелінових порід України?
8. Що ви знаєте про маршаліт?
9. Де використовується воластоніт?
10. Дайте загальну характеристику ставроліту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Арбатов А.А., Астахов А.С., Лаверов Н.П. и др. Нетрадиционные ресурсы минерального сырья. – М.: Недра, 1988.
2. Гисматуллин Р.М., Валеев Р.И., Штейнгольц В.А. Основные типы битумных месторождений // Геология битумов и битумовмещающих пород. – М., 1979. С. 45–52.
3. Гороховский А.М. О некоторых вопросах использования и изучения нефелинового сырья // Нефелиновое сырье. – М., 1978. С. 180–183.
4. Дмитриев С.Л. Волластонит и его месторождения в СССР // Тр. ВСЕГЕИ, 1964. – Т. 113. – С. 3–108.
5. Донской А.Н. Нефелиновый комплекс Октябрьского щелочного массива. – К.: Наук. думка, 1988.
6. Донской А.Н., Кулиш Е.А. Щелочные серии пород Украины (петрология, геохимия, минералогия) // Аспекты минерагении Украины. – К.: НАН Украины, 1998. – С. 84–109.
7. Игнатьев С.В., Глебашев С.Г., Гисматуллин Р.М. Сравнительная оценка шунгитов Карелии и Казахстана // Геологические методы поисков и разведки месторождений неметаллических полезных ископаемых. Отечественный производственный опыт: Экспресс-информация. – М.: ВИЭМС, 1987. – Вып. 9–10. – С. 1–9.
8. Козырев В.В. Сырьевая база волластонита и перспективы ее развития // Волластонит. – М., 1982. – С. 29–34.
9. Комов И.Л. Новые типы месторождений неметаллических полезных ископаемых // Геология и разведка, 1993. – № 1. – С.88–98.
10. Кривонос В.П., Панов Б.С., Полуновский Р.М. и др. Новая сырьевая база ставролита в Украине // Разведка и охрана недр, 1987. – № 12. – С. 28–32.
11. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – Киев-Львов: „Центр Європы”, 2006. – 552 с.
12. Нетрадиционные виды нерудного минерального сырья / Ред. У.Г.Дистанов, А.С.Филько. – М.: Недра, 1990.
13. Нетрадиционные виды полезных ископаемых. – К.: Геоинформ, 2000.
14. Основы геологии горючих ископаемых / Ред. И.В.Высоцкий. – М.: Недра, 1987.
15. Перес Ф.С., Бушмина И.Ю., Свидерская И.О. и др. Кремнеземистые известняки Среднего Приднестровья – новый вид сырья для получения синтетического волластонита и изделий на его основе // Осадочные породы и руды. – К., 1980. – С. 226–274.
16. Савич Л.Л. Контактново-метасоматические преобразования Кайташского месторождения волластонита // Вестник ЛГУ, 1983. – № 6. – С. 116–117.
17. Шепелев Ю.Ф. Волластонит // Неметаллические полезные ископаемые СССР. Справочное пособие. – М., 1984. – С. 304–312.
18. Шунгитовые породы Карелии. – Петрозаводск: Карелия, 1981.
19. Canadian Minerals Yearbook, 2005