

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Навчально-науковий інститут «Інститут геології»**

**Омельчук О.В., Загнітко В.М., Курило М.М.**

**ПОШУКИ ТА РОЗВІДКА РОДОВИЩ  
КОРИСНИХ КОПАЛИН**

**ПІДРУЧНИК**

**КИЇВ – 2017**

УДК 550.812(075.8)

Рецензенти:

**Шнюков С.Є.** – доктор геологічних наук, завідувач кафедри мінералогії, геохімії та петрографії ННІ «Інститут геології»

**Грінченко О.В.** – кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент кафедри геології родовищ корисних копалин ННІ «Інститут геології»

Омельчук О.В. – кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент кафедри геології родовищ корисних копалин ННІ «Інститут геології»

Загнітко В.М. – доктор геолого-мінералогічних наук, завідувач кафедри геології родовищ корисних копалин ННІ «Інститут геології»

Курило М.М. – кандидат геологічних наук, доцент кафедри геології родовищ корисних копалин ННІ «Інститут геології»

Пошуки та розвідка родовищ корисних копалин: електронний підручник: / Омельчук О.В., Загнітко В.М., Курило М.М. – електронний ресурс ННІ «Інститут геології».

Підручник складено за програмою курсу "Пошуки та розвідка родовищ корисних копалин". Підручник включає питання щодо: геолого-промислових та генетичних типів родовищ корисних копалин, стадій геолого-розвідувальних робіт, пошукових передумов, ознак і методів пошуків; опробуванню та розвідці родовищ корисних копалин. Велика увага приділена геолого-економічній оцінці родовищ: кондиціям на мінеральну сировину, класифікації, підрахунку запасів корисних копалин.

Підручник рекомендований Вченою радою ННІ «Інститут геології» (протокол №12 від 16 травня 2017 року) та призначений для студентів, які навчаються за кваліфікаційним рівнем «бакалавр» 6.0401 в галузі знань 0401 «Науки про Землю», з напрямку підготовки 6.040103 «Геологія» та широкого загалу фахівців геологів.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> ( <i>Загнітко В.М.</i> ).....	5
<b>РОЗДІЛ 1.</b> Геолого-промислові та генетичні типи родовищ корисних копалин ( <i>Загнітко В.М.</i> ).....	7
<b>Частина 1.</b> Загальні відомості про родовища корисних копалин.....	7
1.1. Промисловий поділ родовищ.....	7
1.2. Розповсюдження, морфологія, будова та склад родовищ.....	13
1.2.1. Площі поширення корисних копалин.....	13
1.2.2. Морфологія тіл корисних копалин.....	14
1.2.3. Мінеральний і хімічний склад тіл корисних копалин.....	22
1.2.4. Текстури і структури руд.....	26
1.3. Методи вивчення родовищ корисних копалин.....	30
1.4. Генетична класифікація родовищ корисних копалин.....	31
<b>Частина 2.</b> Родовища металевих корисних копалин.....	35
2.1. Родовища чорних металів.....	35
2.1.1. Родовища феруму (заліза).....	35
2.1.2. Родовища мангану (марганцю).....	39
2.1.3. Родовища хрому.....	40
2.1.4. Родовища титану.....	41
2.1.5. Родовища ванадію.....	41
2.2. Родовища кольорових металів.....	42
2.2.1. Родовища алюмінію.....	42
2.2.2. Родовища міді.....	43
2.2.3. Родовища плюмбуму (свінцю) і цинку.....	45
2.2.4. Родовища ніколу (нікелю) і кобальту.....	46
2.2.5. Родовища стануму (олова).....	47
2.2.6. Родовища молібдену.....	48
2.2.7. Родовища вольфраму.....	50
2.2.8. Родовища бісмуту (вісмуту).....	50
2.2.9. Родовища стибію (сурми).....	50
2.2.10. Родовища ртуті (меркурію).....	51
2.3. Родовища благородних, рідкісних, рідкісноземельних і радіоактивних... 53	53
2.3.1. Родовища золота.....	53
2.3.2. Родовища срібла.....	55
2.3.3. Родовища платини і платиноїдів.....	55
2.3.4. Родовища рідкісних та розсіяних металів.....	56
2.3.5. Родовища рідкісноземельних металів.....	57
2.3.6. Родовища радіоактивних металів.....	57
<b>Частина 3.</b> Родовища неметалевих корисних копалин.....	59
3.1. Хімічна сировина.....	59
3.1.1. Родовища фосфатної сировини.....	59
3.1.2. Родовища мінеральних солей.....	60
3.1.3. Родовища сірки.....	61
3.2. Індустріальна сировина.....	61
3.2.1. Родовища алмазів.....	61
3.2.2. Родовища азбесту.....	62
3.2.3. Родовища тальку.....	63

3.2.4. Родовища слюд.....	64
3.2.5. Родовища кварцу.....	65
3.2.6. Родовища графіту.....	66
3.3. Будівельні матеріали.....	67
3.3.1. Родовища будівельного каменю.....	67
3.3.2. Родовища цементної сировини, гіпсу й ангідриту.....	68
3.3.3. Родовища глин.....	68
Література до розділу 1.....	69
<b>РОЗДІЛ 2. Пошуки родовищ корисних копалин (Омельчук О.В.).....</b>	<b>71</b>
2.1. Пошукові передумови.....	77
2.2. Пошукові ознаки.....	90
2.2.1. Прямі пошукові ознаки.....	91
2.2.2. Опосередковані пошукові ознаки.....	102
2.3. Методи пошуків.....	109
2.3.1. Аерокосмічні методи пошуків.....	109
2.3.2. Геолого-мінералогічні методи.....	110
2.3.3. Геохімічні методи пошуків.....	118
2.3.4. Геофізичні методи пошуків.....	125
2.3.5. Гірничо-бурові методи пошуків.....	130
<b>РОЗДІЛ 3. Опробування родовищ корисних копалин (Омельчук О.В.).....</b>	<b>132</b>
3.1. Види опробування.....	132
3.2. Способи відбору проб у розвідувальних гірничих виробках.....	136
3.3. Способи відбору проб при бурінні свердловин.....	142
3.4. Обробка проб.....	145
<b>РОЗДІЛ 4. Розвідка родовищ корисних копалин (Омельчук О.В., Курило М.М.).....</b>	<b>148</b>
4.1. Основні задачі розвідки.....	148
4.2. Принципи розвідки.....	149
4.3. Методи й технічні засоби розвідки.....	151
4.4. Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин.....	155
4.4.1. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин.....	155
4.4.1.1. Поняття про запаси та ресурси корисних копалин в дослідженнях економічної геології.....	155
4.4.1.2. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин.....	156
4.4.2. Кондиції на мінеральну сировину.....	165
4.4.2.1. Поняття про кондиції на мінеральну сировину. Розвідувальні та експлуатаційні кондиції. Тимчасові та постійні кондиції.....	165
4.4.2.2. Показники та параметри кондицій на мінеральну сировину... ..	172
4.4.3. Підрахунок запасів корисних копалин.....	182
4.4.3.1. Визначення головних параметрів корисних копалин для підрахунку запасів.....	185
4.4.3.2. Використання поправочних коефіцієнтів при підрахунку запасів корисних копалин.....	189
4.4.3.3. Способи підрахунку запасів.....	189
Література до розділів 2 – 4.....	194

## ВСТУП

Головною метою підручника є ознайомлення студентів геологічних спеціальностей з основними методами прогнозування, пошуків та розвідки родовищ корисних копалин, а також з деякими особливостями геологічної будови родовищ, їх мінеральним та хімічним складом та процесами, які зумовили виникнення масштабних концентрацій корисних копалин в земній корі.

Основним завданням геологорозвідувальної галузі є пошук нових родовищ і наращування запасів мінеральної сировини уже відомих родовищ для забезпечення зростання виробництва всіх галузей промисловості. На відміну від живої природи запаси розроблюваних родовищ не відновлюються. Відтворення мінерально-сировинних ресурсів відбувається за рахунок відкриття і освоєння нових родовищ, що вимагає значних матеріальних і трудових витрат і нерідко значного часу. Виправдовуються витрати на геологорозвідувальний процес внаслідок видобутку і реалізації виявленої і розвіданої мінеральної сировини, що здійснюються, багато пізніше. При цьому треба мати на увазі, що далеко не всі геологічні пошуки і навіть розвідка призводять до виявлення родовищ, до визначення запасів мінеральної сировини, що мають промисловий інтерес, тоді як тільки вони можуть характеризувати ефективність геолого-пошукового і розвідувального процесу в цілому. Звідси впливає необхідність постійного удосконалення методів, технічних засобів і організації геологічних робіт з метою підвищення їхньої ефективності.

Слідом за геологічними, на родовищі починаються гірничо-підготовчі, експлуатаційні і всі пов'язані з ними будівельні роботи. Проектування і проведення гірничих робіт ґрунтується на геологічних матеріалах, що характеризують форму та умови залягання родовища, тіл корисних копалин, а також якісні показники мінеральної сировини. Цілком зрозуміло, що неточність або схематичність геологічних матеріалів відіб'ється в проекті розкриття, відпрацьовування та в економічних розрахунках роботи майбутнього підприємства, що виявляється вже під час початку та у ході експлуатаційних робіт і призводить до необхідності додаткових матеріальних витрат і може затримати початок розробки родовища. Усе це різко негативно відбивається на роботі гірничого підприємства, а іноді і всієї галузі народного господарства. Таким чином, внаслідок геолого-пошукових і розвідувальних робіт повинні бути отримані дані, що досить повно і з необхідною достовірністю та точністю характеризують родовища, – це і

складає конкретну задачу геологів-розвідників та забезпечує проектування і проведення гірничих робіт у межах намічених витрат і термінів.

Відкриття і вивчення нових родовищ являє собою тривалий, дорогий процес, у якому беруть участь сотні і тисячі геологів, затрачаються великі матеріальні і технічні засоби. У цілому всі витрати на виявлення та освоєння родовища разом з витратами на видобуток корисних копалин складають собівартість мінеральної сировини. Таким чином, розвиток мінерально-сировинної бази промисловості пов'язано з вирішенням складної проблеми підвищення результативності геологічних робіт і зниженням собівартості усіх видів геолого-пошукових і розвідувальних робіт.

У нових економічних умовах необхідно не тільки розвивати теоретичні основи і удосконалення методів пошуків і розвідки родовищ корисних копалин, але й технічне оснащення виробничих геологічних організацій, планування і керування всім геологорозвідувальним процесом. Теоретичні основи вирішення зазначених задач складають зміст наукової дисципліни – методики пошуків і розвідки родовищ корисних копалин та економічної геології. Даний науковий напрямок розвивається на основі критичного аналізу досвіду геологорозвідувальних робіт на різних типах родовищ корисних копалин.

Кінцевою метою геологів-розвідників є складання моделей родовищ і рудних тіл з таким ступенем наближення до справжніх характеристик досліджуваного об'єкта, що забезпечує проектування і планомірну роботу гірничого підприємства. При цьому деталізація і достовірність інформації повинна бути достатньою.

У процесі розвідки родовищ геолог має у своєму розпорядженні обмежений обсяг інформації і складає модель, користуючись методом порівняння одержуваних даних з характеристиками відомих родовищ аналогічного генезису, що залягають в аналогічних геологічних умовах. Такий метод широко використовується в геологічній практиці і називається методом аналогій. Метод аналогій опирається на систематизовані описи типових родовищ корисних копалин і геологічних умов їхнього виникнення.

Таким чином, знання особливостей геологічної будови та речовинного складу найбільш типових родовищ різних видів корисних копалин складає основу удосконалення їхніх пошуків, розвідки та видобування.

## РОЗДІЛ 1

### ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВІ ТА ГЕНЕТИЧНІ ТИПИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

#### ЧАСТИНА 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РОДОВИЩА КОРИСНИХ КОПАЛИН

##### 1.1. Промисловий поділ родовищ

**Рудою** є мінеральний агрегат, в якому вміст цінного компонента (або компонентів) є достатнім для промислового вилучення.

**Родовищем** корисної копалини називається ділянка земної кори, в якій в результаті тих чи інших геологічних (або технологічних) процесів відбулось накопичення мінеральної речовини, що за кількістю, якістю та умовами залягання придатна для промислового використання на сучасному технологічному рівні. Останнє зауваження зумовлено тим, що поняття „руда” і „родовище” є економічними категоріями і значною мірою залежать від кон’юнктури ринку, політичного стану в світі в цілому, і в країні, де розташовані потенційні руди, зокрема, технологічних і економічних можливостей розробки родовищ та екологічних наслідків їх експлуатації [1].

Існують різні класифікації руд – в даному випадку прийняте групування промислових типів руд родовищ в залежності від напряму використання в практичних цілях розроблене М.Єрмаковим [4] з врахуванням їх генетичної приналежності (Табл. 1.1).





Таблиця 1.1.

Промислова систематика родовищ корисних копалин  
(за М. Єрмаковим зі змінами та доповненнями)

Металічні	Неметалічні					Горючі		Гідромінеральні	
	Родовища мінералів		Родовища кристалів		Родовища аморфних і прихованокристалічних речовин	Родовища гірських порід		Родовища рідин і газів	
Руди металів	Металургійна і теплоізоляційна сировина	Хімічна й агрономічна сировина	Технічна сировина і дорогоцінні камені	П'єзо-оптична сировина	Виробна сировина і кольорові камені	Будівельні матеріали і скляно-керамічна сировина	Тверда паливно-хімічна сировина	паливно-хімічна сировина	Розсоли, води
<p><b>Чорних металів</b> Fe, Ti, Cr, Mn, V</p> <p><b>Кольорових металів</b> Cu, Zn, Pb, Sn, Ni, Co, Al, Mg та ін.</p> <p><b>Рідкісних металів</b> Li, Be, W, Mo, Bi, Zr, Cs, Nb, Ta та ін.</p> <p><b>Благородних металів</b> Au, Ag, Pt, Pd, Os, Ir, Ru, Rh</p> <p><b>Радіоактивних металів</b> U, Ra, Th</p> <p><b>Розсіяних елементів</b> Sc, Ga, Ge, Rb, Cd, In, Hf, Re, Te, Po, As та ін.</p> <p><b>Рідкісноземельних елементів</b> Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu</p>	<p><b>Флюси</b> Плавикий шпат, Кальцит і доломіт</p> <p>Польовий шпат і кварц</p> <p>Нефелін</p> <p><b>Вогнетриві і теплоізолятори</b> Графіт, Перліт</p> <p>Хроміт</p> <p>Хризотилазбест, Вермикуліт</p> <p>Тальк і тальковий камінь</p> <p>Магnezит</p> <p>Кварцит</p> <p>Боксит</p> <p><b>Високовогнетриви</b> Андалузит</p> <p>Силіманіт</p> <p>Кіаніт (дистен)</p> <p>Діаспор</p> <p>Воласоніт</p>	<p><b>Хімічна сировина</b> Галоліти (солі)</p> <p>Сірка самородна</p> <p>Сірчаний колчедан</p> <p>Арсенопірит</p> <p>Реальгар</p> <p>Аурипігмент</p> <p>Флюорит</p> <p>Барит</p> <p>Вігерит</p> <p>Алуніт</p> <p>Целестин</p> <p>Стронціаніт</p> <p>Кальцит</p> <p>Арагоніт</p> <p><b>Агрономічна сировина</b> Апатити</p> <p>Фосфорити</p> <p>Калійні солі</p> <p>Селітри</p> <p>Борати</p> <p>Датоліт</p> <p>Турмалін</p> <p>Глауконіт, Сапоніт</p>	<p><b>Діелектрики</b> Мусковіт</p> <p>Флогопіт</p> <p><b>Абразиви</b> Алмаз</p> <p>Корунд</p> <p>Топаз</p> <p>Гранати</p> <p>Кварц</p> <p><b>Кристали самоціти</b> Алмаз</p> <p>Смарагд</p> <p>Аквамарин</p> <p>Александрит</p> <p>Рубін</p> <p>Шпінель</p> <p>Топаз</p> <p>Аметист і ін.</p>	<p><b>П'єзо-кристали</b> П'єзокварц</p> <p>Турмалін</p> <p><b>Оптичні мінерали</b> Оптичний флюорит</p> <p>Ісландський шпат</p> <p>Оптичний кварц</p>	<p>Агати</p> <p>Опали</p> <p>Обсидіан</p> <p>Халцедон</p> <p>Яшма</p> <p>Родоніт (орлець)</p> <p>Малахіт</p> <p>Лазурит</p> <p>Нефрит (і жадеїт)</p> <p>Агальматоліт</p> <p>Селеніт</p> <p>Ангідрит</p> <p>Бурштин</p>	<p><b>Будівельні матеріали</b> Будівельні камені (стінові, покрівельні, дорожні, будові)</p> <p>Лищовальні камені (мармури, граніти, лабрадорити й ін.)</p> <p>Кам'яні кислототриви (андезити, фельзити й ін.)</p> <p>Сировина для кам'яного лиття (діабази, базальти й ін.)</p> <p>В'язкі матеріали (мергель, вапняк, глина, гіпс)</p> <p>Наповнювачі (гравій, пісок і ін.)</p> <p>Гідравлічні добавки (траси, пемза, діатоміти і трепели, менлітові сланці й ін.)</p> <p>Мінеральні фарби (крейда, охра)</p> <p><b>Скло-керамічна сировина</b> Скляні піски</p> <p>Пегматити</p> <p>Глини і каоліни</p> <p>Леси і суглинки</p>	<p><b>Гуміти</b> Торф</p> <p>Лігніт</p> <p>Буре вугілля</p> <p>Кам'яне вугілля</p> <p>Антрацит</p> <p><b>Напів-сапропеліти</b> Гагат</p> <p>Полубогхед</p> <p><b>Сапропеліти</b> Богхед</p> <p>Пальні сланці</p> <p>Асфальтит</p> <p>Антраксоліт</p> <p>Озокерит</p>	<p>Нафта важка нафтенова</p> <p>Нафта легка парафінова</p> <p>Пальний газ</p>	<p>Прісні води питного і технічного постачання</p> <p>Мінеральні бальнеологічні води (вуглекислі, сірководневі, радіоактивні й ін.)</p> <p>Соляні води джерел</p> <p>Нафтові води з Br, J, B, Ra, й ін.</p> <p>Озерні розсоли</p> <p>Мінеральні грязь і мули</p> <p>Непальні, інертні гази He, Ne, Ar, Kr і ін.</p>

На сьогоднішній день на Землі виявлено більше 20 тис. реальних родовищ, з яких 45 унікальних і 80 великих і дуже великих, вони містять значну частку світових запасів мінеральної сировини.

Не кожне накопичення мінеральної сировини є родовищем корисної копалини. До них відносяться тільки такі, які мають достатню кількість цієї сировини в надрах і відповідну якість руди. Кількість мінеральної сировини в надрах називається її **запасами**.

Якість мінеральної сировини, яка йде на переробку, визначається вмістом в ній цінних компонентів. Крім основного корисного компонента, руди також можуть містити інші складові, що можливо використовувати при розробці родовища або при вилученні основного цінного компоненту. Зокрема, використання порід, що перекривають рудне тіло з поверхні, або відходів пустої породи, може суттєво впливати на економічні показники експлуатації родовищ. За наявності супутніх цінних компонентів, руди розглядаються як комплексні і за умови раціональної схеми вилучення їх, зиск від розробки таких руд може бути істотним. Наприклад, в деяких залізних рудах докембрійських родовищ залізистих кварцитів супутнім елементом є золото (до 5г/т і більше), із комплексних руд карбонатитового родовища Ковдор крім магнетиту і апатиту вилучають баделеїт, флогопіт і вермикуліт.

Руди родовищ однієї корисної копалини можуть містити різні супутні цінні компоненти в залежності від промислового типу родовища. Наприклад, в родовищах урану, крім цього металу можуть бути присутні в різних типах родовищ мідь, золото, ванадій, рідкісні землі, тощо, які відсутні в інших родовищах (Табл. 1.2). Тому розробка й удосконалювання технологій процесів збагачення з метою комплексного використання мінеральної сировини і максимального вилучення корисних речовин з руд, є важливою і прибутковою справою. Для промислової оцінки деяких видів корисних копалин має значення також і наявність в них шкідливих компонентів, які заважають переробці і використанню руд. У залізних рудах деяких родовищ нерідко містяться домішки сірки, арсену, фосфору та інших, що погіршують якість металу й ускладнюють технологію металургійного процесу. Чим вищий вміст цінних компонентів і чим нижчі концентрації шкідливих, тим більша цінність руди.

Мінеральна сировина може використовуватись для потреб промисловості або безпосередньо, без попередньої переробки, або ж для вилучення із неї цінних, необхідних народному господарству природних хімічних сполук або елементів, в такому випадку видобута руда піддається збагаченню. Під час збагачення відбувається збільшення відносного вмісту

металу (чи мінералу) за рахунок відділення мінералів з цінними компонентами від супутніх мінералів, або таких, що містять шкідливі компоненти. Після цього збагачені руди надходять на металургійні заводи для виплавки металу, або в інші технологічні схеми.

Таблиця 1.2

Типові вмісти та ресурси головних типів родовищ урану і супутні елементи.

№ з/п	Тип родовищ	Типові вмісти, % U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Ресурси, 1000 мт U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>		Продукт	
			Родовище	Район	Головний	Супутній
1	Незгідності-контакту	0,3-4,0	<1-170	>400	U	Ni, Au
2	Субнезгідності-епіметаморфічні	0,1-0,4	<1-150	>300	U	Au
3	Жильний	0,1-1,0	<0,1-25	<60	U	Ag, Co, Ni, B
4	Пісковиковий	0,1-0,4	<5-25	10-150	U	V, Cu, Mo, S
5	Трубок брекчій обвалу	0,3-1,0	<2,5	<15	U	Au, Ag, Cu
6	Поверхневий	0,03-0,25	<0,1-3	<1-60	U	V
7	Кварц-уламкових конгломератів	0,03-0,15	<10-100	>250	U, Au	Y, REE
8	Брекчійових комплексів	0,08	50 (360)	-	Cu, Au	U
9	Інтрузивний	0,03-0,1	<0,1-125	125	U, Cu	U, Zr

Мінімальні запаси і вміст цінних компонентів, а також допустимий максимальний вміст шкідливих домішок в мінеральній сировині за яких можлива експлуатація родовищ корисних копалин, називаються **промисловими кондиціями**. Промислові кондиції не є строго визначеними і раз назавжди заданими. По-перше, з ростом потреб людства в мінеральній сировині воно історично змінюється. По-друге, промислові межі вмістів компонентів руди зменшуються завдяки вдосконаленню техніки видобутку і переробки мінеральної сировини. По-третє, промислові кондиції на мінеральну сировину різні для різних природних умов знаходження родовищ корисних копалин і визначаються економічними розрахунками.

Для різних видів мінеральної сировини найважливішими в промислово-економічному відношенні є родовища різного генезису. У зв'язку з цим у геологорозвідувальній практиці затвердилося поняття промисловий тип родовища даного виду мінеральної сировини, тобто такий генетичний тип родовищ, який протягом багатьох років складав основу розвитку даної галузі гірничодобувної промисловості і дає на даний момент часу не менше 1-3% світового видобутку. Промислово-генетична класифікація родовищ корисних копалин здійснюється за видами мінеральної сировини. Наприклад, серед родовищ нікелю до промислових типів відносяться магматично-ліквацийні родовища сульфідних мідно-нікелевих руд, з яких видобувається близько 40% цього металу у світі, і залишкові родовища кори вивітрювання

ультраосновних порід (біля 55% видобутку); найбільша кількість молібдену зосереджена і видобувається із штокверкових родовищ кварц-молібденітових і кварц-серицит-молібденіт-халькопіритових руд (до 85%) і т.ін.

Оцінка промислової перспективності родовища проводиться, таким чином, з урахуванням геологічної характеристики умов залягання, форм тіл корисних копалин, їх мінерального складу і геолого-структурних особливостей району, які дозволяють визначити генетичний тип об'єкта; а також на основі досвіду й історичної оцінки значення даного генетичного типу в розвитку промисловості.

**За агрегатним станом** корисні копалини бувають **газоподібні, рідкі і тверді**. До газоподібних корисних копалин відносяться накопичення в надрах Землі горючих газів вуглеводневого складу і негорючих, інертних газів, таких як гелій, неон, аргон і криптон і інші. До рідких відносяться родовища нафти і підземних вод. До твердих відноситься більшість корисних копалин, які використовуються як родовища елементів або їх сполук (залізо, золото, бронза і інші), родовища кристалів (гірський кришталь, алмаз та інші), родовища мінералів (викопні солі, графіт, тальк та інші) і родовища гірських порід (граніт, мармур, глина і інші).

За промисловим використанням родовища корисних копалин поділяються на металічні (або як раніше говорили – рудні), неметалічні (або нерудні), горючі (або каустобіоліти) і гідромінеральні (Табл. 1.1).

Родовища **металічних корисних копалин** в свою чергу поділяються на родовища чорних, кольорових, радіоактивних, рідкісних і розсіяних, рідкісноземельних та благородних металів. Серед родовищ **неметалічних корисних копалин** виділяються родовища каменебарвної, хімічної, агрохімічної, металургійної, технічної та будівельної сировини.

Родовища **горючих корисних копалин** зазвичай поділяють на родовища нафти, горючих газів, вугілля, горючих сланців та торфу.

**Гідромінеральні родовища** - це переважно розсоли, які містять цінні елементи в кількості, яка достатня для їх вилучення (бром, йод, бор, літій, цезій, стронцій та ін.) Підземні води поділяють на питні, технічні, мінеральні або бальнеологічні.

В одних випадках вміст цінних компонентів в руді вимірюється відсотками, а то і першими десятками відсотків, а в інших - складає лише грами на тону руди або навіть менше (зокрема алмазів). З іншої сторони, в родовищах з високими значеннями вмісту рудних мінералів загальні запаси сягають кількох мільярдів тон, а в інших кількість корисного компоненту вимірюється лише кілограмами або ж декількома тонами. В таблиці 1.3 наведені масштаби вмістів цінних компонентів для деяких найбільш

розповсюджених корисних копалин та загальні обсяги, зосереджені в окремих родовищах цих компонентів.

Таблиця 1.3.

Масштаби запасів деяких промислових родовищ корисних копалин (у тонах)

Корисні копалини	Унікальні і	Великі	Середні і
Вугілля	$n \cdot 10^{11-10}$	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$
Мінеральні солі	$n \cdot 10^{11-10}$	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$
Руди заліза	$n \cdot 10^{10}$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^7$
Руди марганцю	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^7$
Руди хрому, боксити	$n \cdot 10^{9-8}$	$n \cdot 10^{8-7}$	$n \cdot 10^{7-6}$
Мідь, свинець+цинк	$n \cdot 10^{8-7}$	$n \cdot 10^{7-6}$	$n \cdot 10^{6-5}$
Каолін, глини вогнетривкі	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^{6-5}$
Графіт	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^{7-6}$	$n \cdot 10^5$
Молибден, нікель	$n \cdot 10^{7-6}$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^4$
Вольфрам, олово	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^4$
Уран	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^3$
Бериллій	$n \cdot 10^{5-4}$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^3$
Золото	$n \cdot 10^{3-2}$	$n \cdot 10^{2-1}$	$n \cdot 10$
П'єзооптичний кварц	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10$	$n \cdot 1$

Чим вища цінність мінеральної сировини, тим нижчий промисловий кондиційний рівень вимог для величин запасів і вмістів корисного компонента в руді. Але такі вмісти завжди є вищими ніж їх кларки в гірських породах земної кори і для різних елементів можуть змінюватись від кількох до багатьох сотень разів (Табл. 1.4).

Таблиця 1.4.

Об'єм гірської породи, яка містить розсіяний метал в кількості, що дорівнює запасам родовищ світу. (За В. І. Смирновим,12).

Метал	Кларк, вага, %	Кількість металу, тис. тонн	Об'єм гірської породи в $\text{км}^3$ , що вміщує відповідну кількість металу	Світові запаси металу, тис. тонн
Ванадій	0,02	50	0,1	500
Олово	0,008	200	26,5	5300
Нікель	0,02	500	40	20000
Молибден	0,001	25	200	5000
Уран	0,0004	10	200	2000
Цинк	0,02	500	200	100000
Мідь	0,01	250	800	200000
Свинець	0,0016	40	1500	60000

Таким чином, родовища корисних копалин є лиш аномальним, локальним підвищенням концентрацій тих чи інших елементів і їх природних сполук на фоні їх широкого розсіювання в земній корі.

Окрім необхідної наявності сприятливих геологічних факторів для утворення родовища корисної копалини, не менш важливими є умови, які

забезпечують збереження утворених промислових концентрацій в родовищі від наступних геологічних подій і в першу чергу від ерозії.

Наприклад, шари солей, які відкладаються в ході хімічної садки, збережуться як промисловий об'єкт лише в тому випадку, якщо вони будуть перекриті іншими породами, що будуть їх зберігати від руйнування новими порціями розчинів, які попадають в басейн хемогенної седиментації. Подібним чином, для алювіальних розсипищ золота чи платини необхідною умовою їх збереження має бути забезпечення затухання сили потоку, щоб не розмити утворенні концентрації.

Отже, поява родовища корисної копалини – це рідкісне природне явище і завданням геолога є визначення цих особливих геологічних та фізико-хімічних процесів, які призвели до локальної концентрації мінеральної сировини на фоні її регіонального розсіяння.

## **1.2. Розповсюдження, морфологія, будова та склад родовищ**

Кожне родовище має свої унікальні просторові та речовинні характеристики, без визначення яких неможливо оцінити перспективи його подальшого вивчення та використання.

### **1.2.1. Площі поширення корисних копалин**

За площею поширення корисних копалин виділяють:

- 1) точка мінералізації;
- 2) тіла або поклади корисних копалин;
- 3) родовища корисних копалин;
- 4) поля родовищ корисних копалин;
- 5) райони (вузли) корисних копалин
- 6) області (појаси, басейни) корисних копалин
- 7) провінції корисних копалин.

В даному випадку наведений порядок переліку назв площ корисних копалин відображає порядок збільшення площі території їх розміщення та масштабів зруденіння.

**Точка мінералізації** – окреме скупчення мінералів (елементів) із неясними кількісними та просторовими характеристиками.

**Рудним тілом** або **покладом** корисної копалини називається локальне скупчення мінеральної сировини, яке приурочене до певного структурно-геологічного елементу або комбінації таких елементів.

**Родовище** - одне або декілька рудних тіл, сукупність яких, об'єднаних спільним походженням та єдністю геологічної структури, визначається як **рудне поле**. Площі рудних полів зазвичай мають розмір від кількох до декількох десятків квадратних кілометрів.

**Рудний район** (часто він називається рудним вузлом) виділяється за наявності двох чи більше рудних полів з однаковою металогенічною спеціалізацією і зазвичай вирізняється місцевим зосередженням родовищ. Площі рудних районів (вузлів) досягають сотень і перших тисяч квадратних кілометрів.

**Область родовищ корисних копалин** характеризується набором властивих їй певних за складом та походженням родовищ, приурочених до одного чи до групи тектонічних елементів першого порядку (антиклінорії чи синклінорії, серединні масиви чи мульди і т.д.). Вони і визначають певну однонаправлену просторову орієнтацію в скупченні родовищ.

**Пояси родовищ корисних копалин** – можуть бути різні за складом. В залежності від походження вони можуть мати протяжність до сотень чи навіть перших тисяч кілометрів (осадові пластові корисні копалини), але зазвичай менші. **Басейни** – мають більш ізометричну форму і характерні для металічних і неметалічних корисних копалин, нафти і газу.

**Провінція** – це сукупність родовищ корисних копалин в межах крупної ділянки земної кори: платформи, складчастого геосинклінального поясу, дна океану, з розміщеними характерними їй родовищами. Прикладом можуть бути провінції Українського щита, Уралу, Кавказу, дна Тихого океану та ін. В зв'язку з диференціацією науки про корисні копалини, за видами корисних копалин виділяють різні спеціалізовані провінції – металогенічні, нафтогазові і інші.

Області, райони, поля, родовища і рудні тіла можуть бути повністю відслоненими на земній поверхні і тоді вони визначаються як відкриті. В інших випадках вони можуть відноситись до частково закритих, якщо вони частково перекриті породами, або ж бути повністю закритими. Серед закритих або сліпих груп родовищ виділяються ті, що не відкриті ерозією після їх утворення, і перекриті – ті, до яких дійшов ерозійний рівень, а потім вони були перекриті більш молодими відкладами.

### 1.2.2. Морфологія тіл корисних копалин

Природні геологічні тіла мають складні геометрично неправильні форми, однак за співвідношеннями розмірів у трьох напрямках серед них виділяють окремі ідеалізовані форми. За умовами залягання по відношенню до вмісних гірських порід розрізняють згідні та січні рудні тіла.

Для родовищ твердих корисних копалин можна виділити три морфологічних типи покладів: пласкі, витягнені в одному напрямку і ізометричні.

**ПЛАСКІ ТІЛА** – характеризуються двома протяжними і одним коротким розміром. До пласких тіл належать пласти і жили. Основні

елементи, які визначають геологічну позицію і розміри пластів – напрям простягання і довжина за простяганням, напрям падіння, кут падіння, довжина за падінням і потужність пласта (Рис.1.1). Зазвичай пластові поклади мають велику довжину – до десятків кілометрів. За падінням (Вітватерсранд) – до 2 км. Потужність – від ледве помітних пропластків – до сотень метрів. Приклади – вугільні пласти Донбасу (сер. 0,7м), солі в Солікамську (700м).

**Пласти** – найбільш типові для осадових родовищ руди, вугілля, неметалічних корисних копалин. Метасоматичні тіла, які розвиваються по окремих пластах осадових порід набувають характеру пластоподібних покладів. Пласт може розділятися на окремі шари. В залежності від цього розрізняють пласти прості (без прошарків породи) і складні (з прошарками).

Тонкі шари не розробляють. Тому крім геологічного визначення потужності існує промислове визначення – **робоча потужність** – мінімальна потужність, за якої пласт є сенс експлуатувати. Експлуатаційна потужність – сумарна потужність корисної копалини і прошарків породи для робочої частини пласта. **Корисна потужність** – визначається як сума потужностей пачок корисної копалини, які добуваються при видобутку із пласта.

Родовища пластової форми бувають однопластовими чи багатопластовими. В останньому виділяється продуктивна товща порід, які вміщують серію пластів корисних копалин. Багатство продуктивної товщі визначається **коефіцієнтом продуктивності** – відношенням сумарної потужності пластів корисної копалини до загальної потужності товщі.

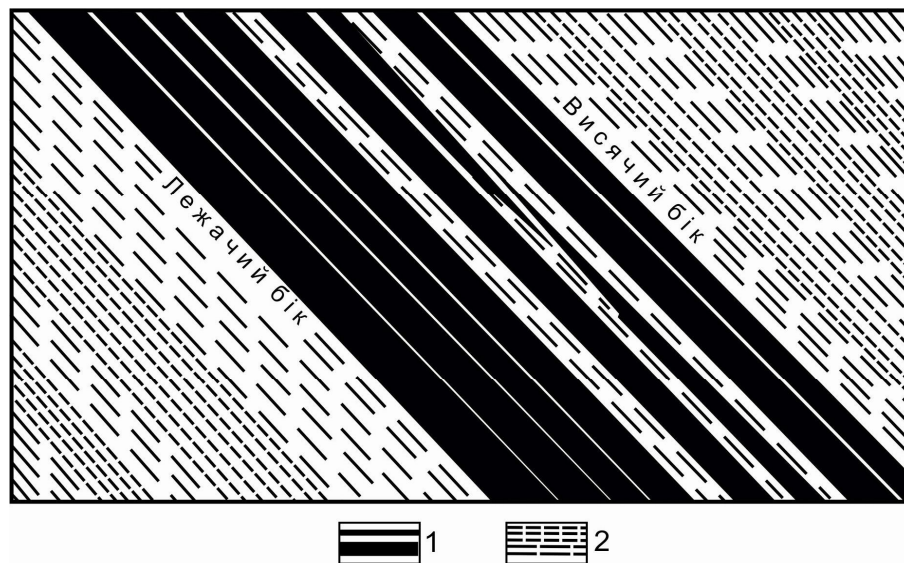


Рис.1.1 Пластове (згідне) залягання корисної копалини (в розрізі). 1 – пачки і шари корисної копалини, 2 – прошарки породи.



**Жили** (Рис.1.2) – це тіла в гірських породах, що виникли внаслідок прямого заповнення тріщин мінеральними агрегатами або метасоматичного заміщення порід мінеральною речовиною вздовж тріщин. Обмежуючі жилу поверхні її контакту з вмісними породами називаються **зальбандами** (Рис.1.2А) – вони, як правило, мають неправильну форму. Жили можуть зближатися, утворюючи стоншення або повні пережими чи, навпаки, віддалятися, викликаючи роздуви.

Породи, які прилягають до тріщини нерідко бувають змінені і мінералізовані – такі зони змінених бокових порід створюють ореол навколожильної зміни, який іноді містить промислові концентрації цінних компонентів. Прожилки які відходять від жил в бокові породи називають **апофізами**.

Нерідко в породах виникає не єдина тріщина, а лінійно-витягнута зона дрібних тріщин (Рис. 1.2Б). Вона при наступних геологічних процесах заповнюється новою мінеральною речовиною, за рахунок чого утворюється ціла серія дрібних взаємно пов'язаних, кулісоподібних жил і жилок, що поєднуються в одне тіло, яке має назву складної жили. За характером мінералізації складна жила нагадує штокверк, але відрізняється різко підлеглою величиною потужності щодо розмірів у двох інших напрямках.

Основні геологічні елементи які визначають розміри і умови залягання жили – напрям простягання і довжина за простяганням, напрям, кут падіння і довжина по падінню, схилення, а також потужність (Рис.1.2.-В). Довжина жил змінюється в дуже широких межах – від коротких прожилків розміром 1м і менше до колосальної протяжності – 200км (Материнська жила золотих руд в Каліфорнії, чи Велика жила в Африці). По падінню деякі жили виклинюються на короткій віддалі від земної поверхні, а інші – на цілі кілометри в глибину (Садонська жила свинець-цинкових руд – 1.5км, золотоносні кварцеві жили Колар в Індії – 3.2км).

Схилення – занурення ліній виклинювання жили за її простяганням, кути схилення – кути утворені лініями схилення з лінією простягання.

В жилах так як і в пластах, розрізняють геологічну і робочу потужність, тобто таку найменшу величину її, при якій стає можливим експлуатація жильного родовища.

Жили бувають прості і складні. Елементи залягання їх, у разі складного залягання можна визначати тільки наближено (рис.1.2).

За деталями морфології і характеру зміни потужності серед жил виділяються: сідлоподібні, гніздоподібні, вервечкові, камерні, опірені і драбинчасті (Рис.1.3).

**Сідлоподібна** – утворюється при накопиченні речовини в шарнірах складок (Рис. 1.3.1).

**Гніздоподібна** – відносно некрупне локальне скупчення корисної копалини (Рис.1.3.2). Часто гнізда переходять в ізометричні тіла. Прикладом можуть слугувати рудні тіла деяких родовищ золотих, свинець-цинкових, ртутних і інших руд.

**Вервечкова** – характеризуються чергуванням в її площині роздувів і пережимів, які іноді переходять в тонкі провідники (Рис. 1.3.3).

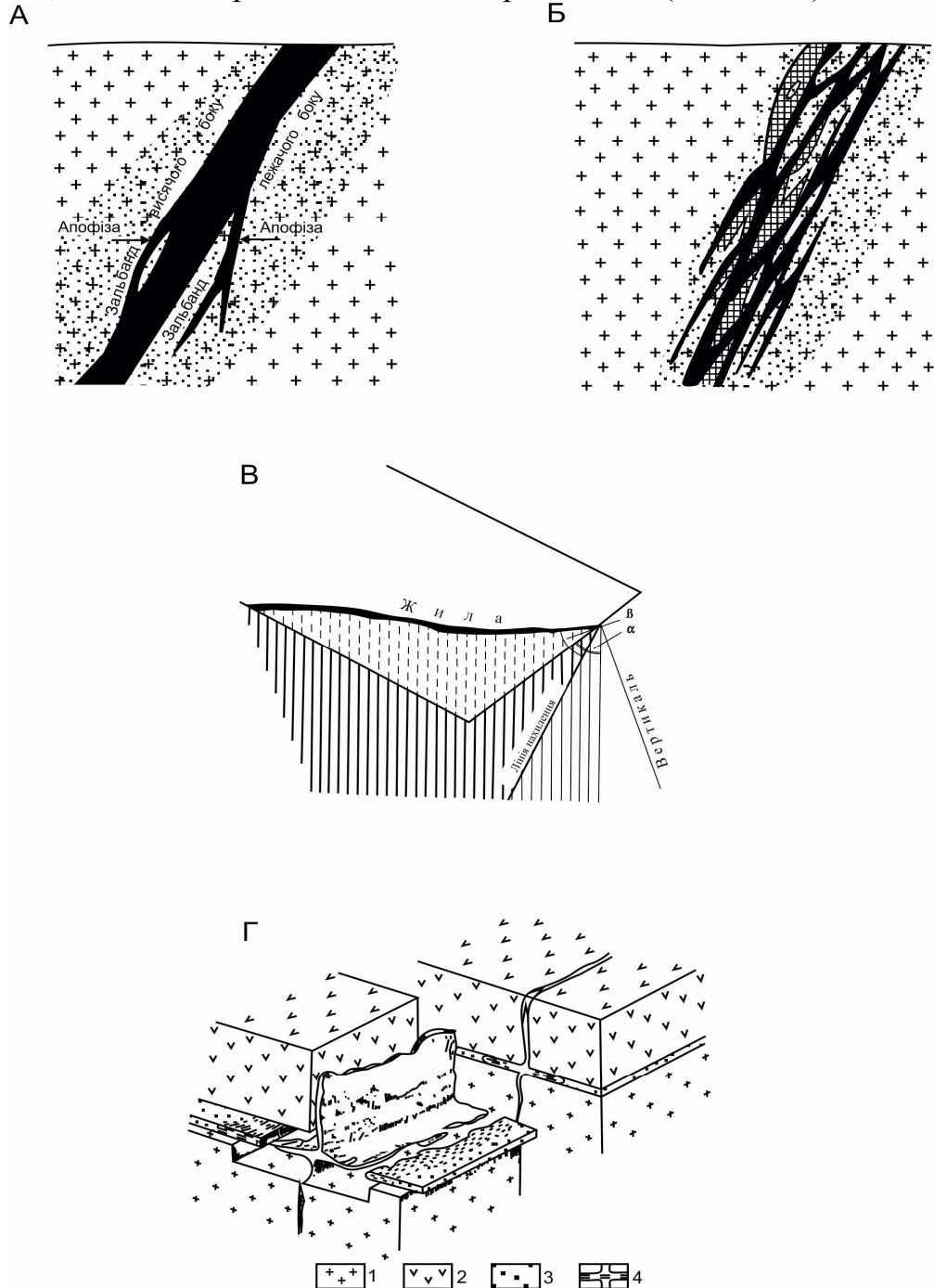


Рис.1.2 Жильне (вторинне) залягання корисної копалини. Жили: А - проста, Б - складна. Крапом показано змінені навколожильні вмісні породи. В - Елементи залягання жили в точці її виклинювання:  $\alpha$  – кут падіння,  $\beta$  – кут схилення. Г – Приклад: комбінація згідного пластового покладу і січної жили в рудному тілі Лебединського родовища золота на Алдані. За А.Фасталович і Н.Петровською. 1 – архейські граніти, 2 – післяюрські сієніт-порфіри, 3 – кембрійські доломіти, 4 – рудне тіло.

**Камерна жила** – відрізняється ще більш різкими роздувами, які в формі крупних накопичень ніби нанизані на жильний шов (Рис. 1.3.4).

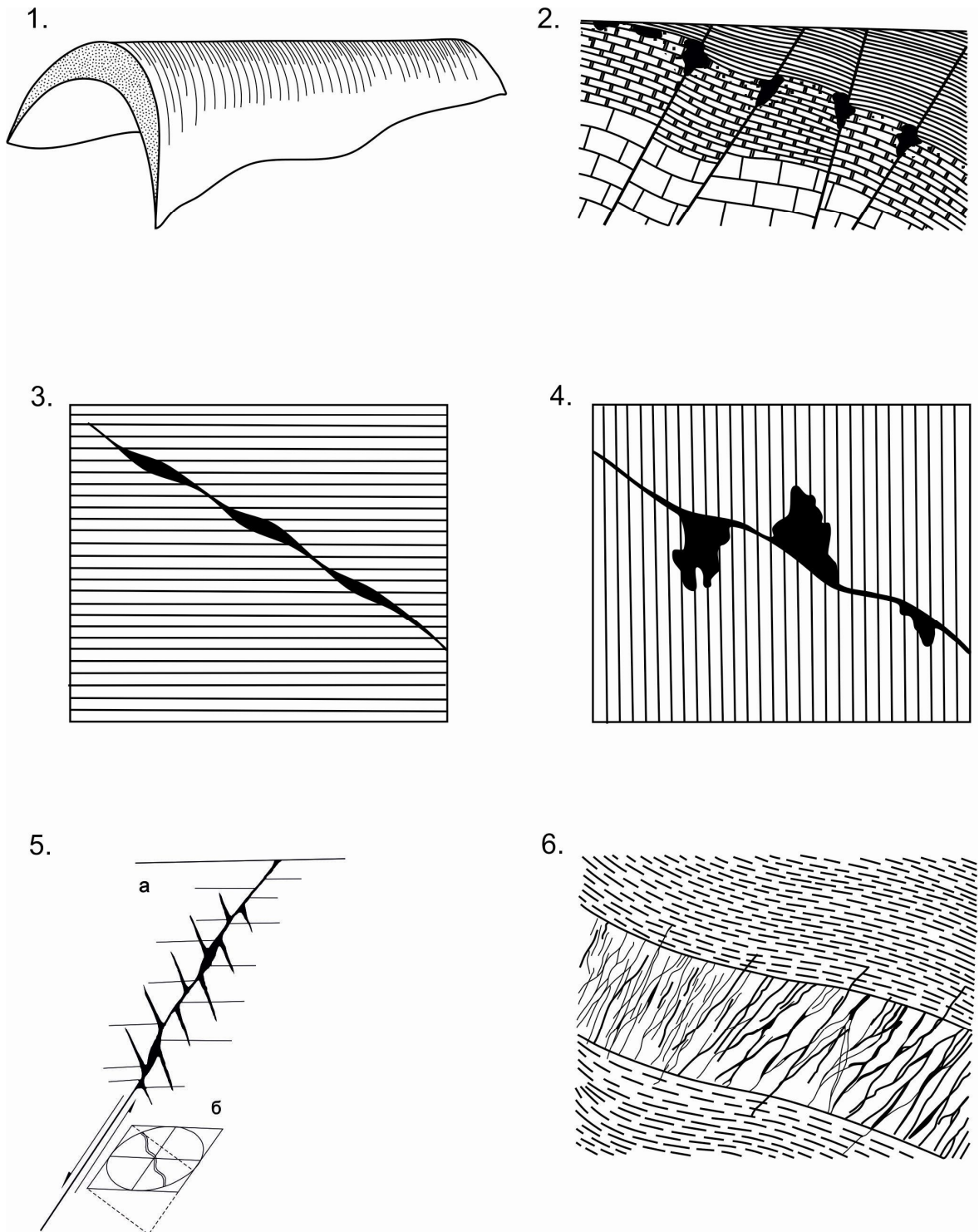


Рис.1.3. Морфологічні різновиди жил. 1 – сідлоподібна (зображення в перспективі), 2 – гніздоподібна (в розрізі в мінералізованій породі), 3 – вервечкова, 4 – камерна, 5 - опірена (а), показана схема тектонічного переміщення по стволу жили і положення параллелепіеда і еліпса деформації (б), 6 - драбинчаста жила.

**Опірені** – відносяться до складних, які заповнюють тріщини скиду або зсуву і тріщини опірення, які відходять від неї (Рис. 1.3.5).

**Драбинчасті** – виповнюють поперечні тріщини в пластах або дайках крихких порід, які залягають серед більш пластичних утворень (Рис. 1.3.6).

Жильні родовища інколи складені однією жилою, а частіше із груп – пучків, або сімейств жил. Рудні поля, утворені жильними родовищами називають жильними полями (Рис. 1.4. А). Якщо більш-менш ізометричний об'єм гірської породи пронизаний дрібними і різноорієнтованими жилками, які створюють своєрідний клубок зосередження, і насичений вкрапленістю мінеральної речовини то виділяється **штокверкове рудне тіло** (Рис. 1.4. Б). Така порода з прожилками і вкрапленням цінних мінералів добувається цілком як корисна копалина. Приклад: тіла деяких родовищ міді, молібдену (Ганнівська ділянка Українського щита), олова та інші.

Тіла, що відрізняються меншою площею поширення та відносно більшою потужністю, що досить плавно змінюється від центра до периферії, мають назву **лінзи**. Умовно можна вважати, що лінзами називаються тіла, у яких відношення потужності до двох інших розмірів більше 0,01, при меншому значенні цієї величини - пластами. Нерідко в практиці тіла перехідних між ними форм називають пластоподібними або лінзоподібними. Лінзи і лінзоподібні поклади за морфологією належать до утворень перехідних між ізометричними і плоскими тілами.

**ІЗОМЕТРИЧНІ** – накопичення мінеральної речовини приблизно рівновеликі в усіх вимірах. Основний елемент, який визначає розміри і форму ізометричних рудних тіл є їх поперечний переріз. До них відносяться гнізда, штокверки і штоки.

**Шток** – крупний більш-менш ізометричний поклад суцільної або майже суцільної мінеральної сировини). Як приклади можна назвати штоки повареної солі, деякі гідротермальні рудні поклади і інші.

Вони часто виникають при нерівномірному розподілі мінералів, які виповнюють тріщини і характеризуються чергуванням ділянок збагачених та збіднених цінними компонентами.

У випадку більшої протяжності такі багаті ділянки в тілі жили називають **рудними стовпами**.

Вони бувають морфологічні та концентраційні. Перші утворені роздувами жили, а другі – зонами підвищеної концентрації корисних компонентів, не зв'язаних зі зміною морфології тіла корисної копалини. Витягнуті по одній осі тіла корисних копалин називають **трубами, трубками або трубоподібними покладами**. Морфологія і умови їх залягання визначаються кутом занурення або пірнання, довжиною за напрямом занурення і поперечним перетином. Кут пірнання трубки корисної копалини

вимірюється між її віссю і горизонтальною площиною (Рис.1.5). Він може змінюватись від  $90^\circ$  у вертикальних труб до  $0^\circ$  в горизонтальних трубоподібних покладах. Поперечний перетин і довжина по осі трубок також достатньо мінливі. Наприклад в трубках кімберлітів в Сибіру – від 100 до 1000м. (рис.1.5)

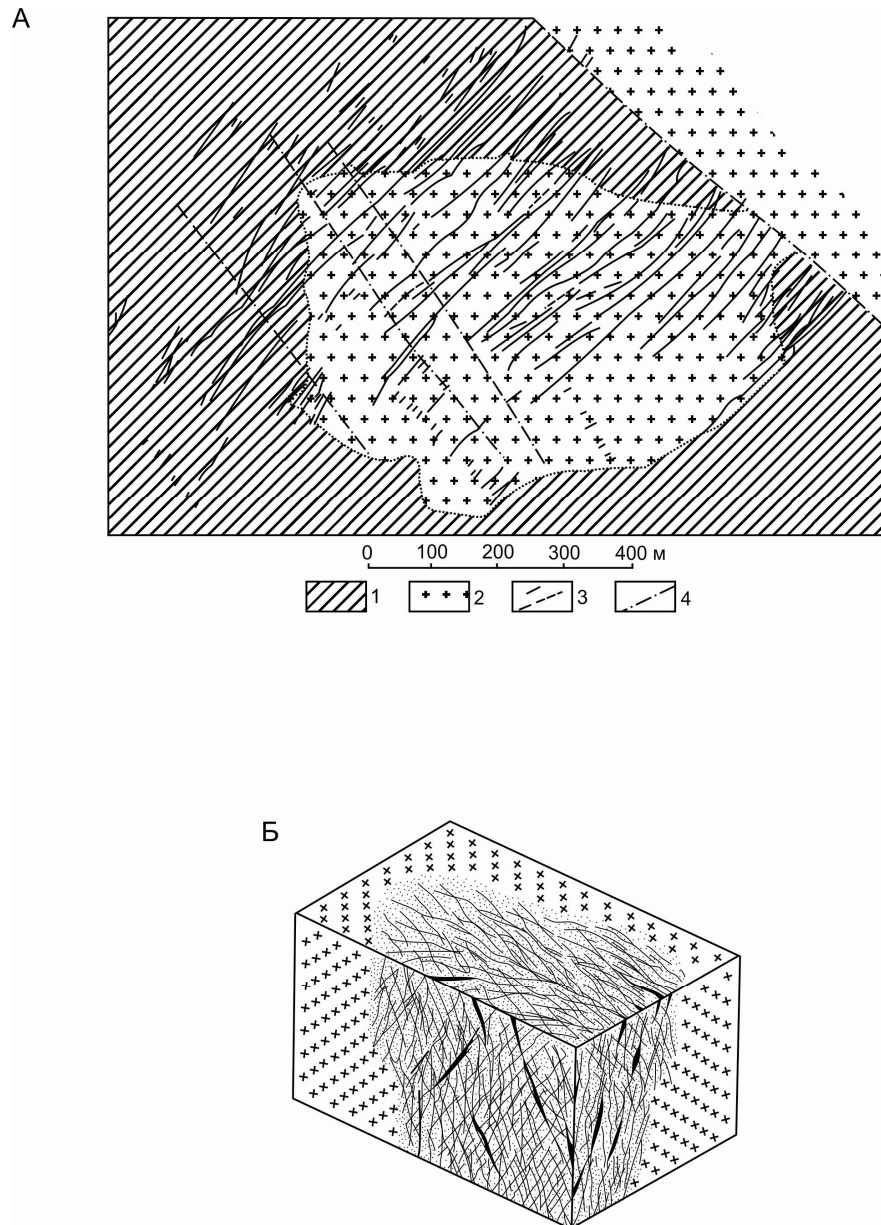
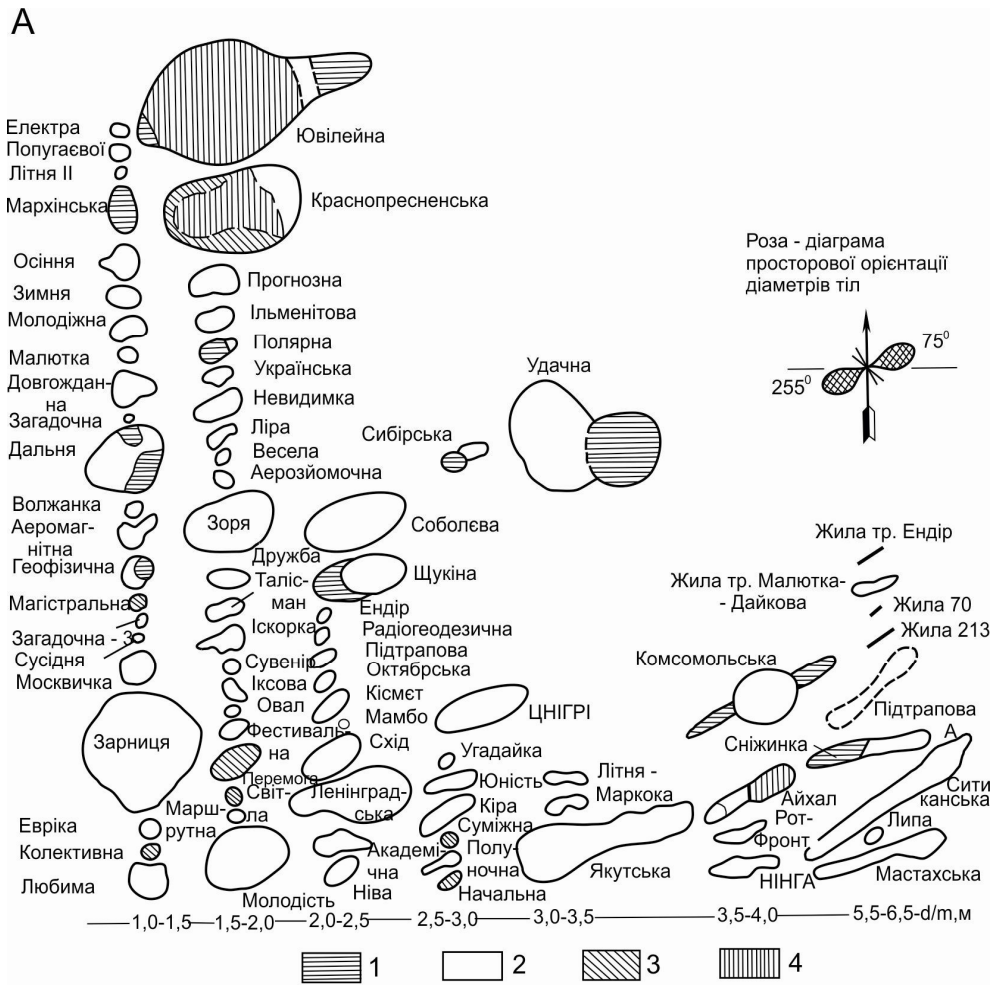


Рис. 1.4. Форми локалізації жильних рудних тіл. А - жильне поле вольфрамового родовища Антонова гора. 1 – пісковики, сланці, 2 – граніти, 3 – жили, 4 – скиди. Б – блок-діаграма штокверка.

Такі правильні та ідеалізовані прості форми тіл твердих корисних копалин в природі зустрічаються рідко, а зазвичай рудні тіла формують складні поклади, морфологія яких відображається комбінаціями названих вище форм.



**Б**

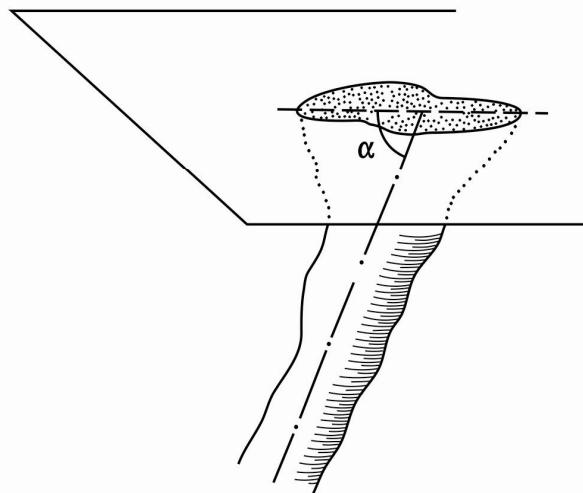


Рис.1.5. Трубоподібні тіла. А – форми і розміри ряду кімберлітових тіл Далдіно-Алакитського району Якутської алмазонасної провінції. За О.Крючковим. 1 – масивні кімберліти; 2 – еруптивні брекчії; 3 – туфи і туфобрекчії; 4 – кімберлітові породи осадово-вулканогенного походження. Б - елементи залягання трубоподібного тіла.  $\alpha$  – кут занурення (пірнання).

Серед родовищ рідких та газоподібних корисних копалин (вода, нафта, газ, горючий газ) Бродом І. та Єрьоменко М. за морфологією виділяються **пластові, лінзовидні та масивні поклади**. Для дослідження умов утворення родовищ і їх практичної оцінки велике значення має не лише встановлення їх загальної форми і умов залягання тіл, але і встановлення ступеня постійності елементів морфології, залягання і концентрації цінних компонентів в контурах покладів. Все це має велике значення для вибору раціональної методики їх розвідки, а також для оцінки ресурсів на попередніх стадіях вивчення рудоносності району.

Родовища за рівнем морфологічної і якісної витриманості тіл корисних компонентів розділяються на кілька груп. Для цього використовуються методи варіаційної статистики, а міра мінливості форми і вмісту цінних компонентів оцінюється за коефіцієнтом варіації морфологічних та якісних параметрів тіл корисних копалин. Найчастіше виділяють три групи тіл: **стійкі, мінливі, вкрай мінливі**.

### **1.2.3. Мінеральний і хімічний склад тіл корисних копалин**

Тіла корисних копалин складені мінеральними агрегатами. В металічних та деяких неметалічних родовищах виділяють мінерали – носії цінних елементів, які називають рудними або цінними мінералами і супутніми їм, так звані «жильні» мінерали, що не мають суттєвого промислового значення. Серед таких жильних або нерудних мінералів найчастіше зустрічаються кварц, кальцит, польові шпати, барит, глинисті та інші мінерали. Співвідношення між ними сильно змінюється для різних родовищ і різних металів. Наприклад, в золоторудних родовищах, доля золота по відношенню до кварцу складає тисячні долі процента, а багаті руди заліза, навпаки, містять переважно мінерали заліза. Вміст металів в різних рудних мінералах, в свою чергу, залежить від їх хімічного складу і змінюється досить суттєво.

Тіла твердих корисних копалин складені рудами, що можуть бути мономінеральними та полімінеральними. Мономінеральними є, наприклад, поклади кам'яної солі, що складаються з мінералу галіту, поклади сірки, гіпсу, доломіту, деякі тіла хромітів і т.і. Однак руди значної більшості родовищ є полімінеральними, тобто складаються з декількох чи багатьох мінералів. Крім головних компонентів у рудах нерідко зустрічаються різні елементи-домішки, що містяться в незначних кількостях (сотих чи тисячних частках відсотка). Якщо ці елементи-домішки разом з основними компонентами вилучаються з руд, то їх цінність суттєво збільшується. Наприклад, присутність срібла, золота, кадмію, талію, селену, телуру підвищує цінність свинцево-цинкових руд, а домішки кобальту, платини і паладія – мідно-нікелевих.

Для корисних копалин, які використовуються повністю (наприклад граніти) поділу на цінні та жильні мінерали зазвичай не проводиться.

За складом переважаючої частини рудних мінералів виділяються такі головні типи руд:

- 1) оксидні (оксиди і гідроксиди – залізо, марганець, олово, уран, хром, алюміній)
- 2) силікатні (неметалічні родовища – слюда, азбест, тальк), (металічні –нікель)
- 3) сірчанисті – сульфіди, арсеніди, антимоніди, сполуки вісмуту, телуру, селену (руди міді, цинку, плюмбуму, нікелю)
- 4) карбонатні (деякі родовища заліза, мангану, магнію, плюмбуму, цинку)
- 5) сульфатні (руди барію, стронцію)
- 6) фосфатні (родовища фосфору)
- 7) галоїдні (солі і флюорит)
- 8) самородні (самородні метали і сплави – золото, платина, мідь)

За складом всієї маси руди, включаючи рудні і нерудні, – кременисті, силікатні, карбонатні, сульфатні, сульфідні, оксидні, фосфатні, галоїдні і органогенні.

Для практичних цілей у таблицях 1.5 та 1.6 наведено перелік найголовніших рудних та нерудних мінералів із родовищ твердих корисних копалин із прикладами найбільш типових вмістів головних компонентів руд.

Таблиця 1.5.

## Найважливіші рудні мінерали типових родовищ металів

Метал	Мінерал	Хімічна формула	Вміст металу в мінералі, %
1	2	3	4
Залізо	Магнетит	$Fe_3O_4$	72
	Гематит	$Fe_2O_3$	70
	Лімоніт	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	48-63
	Сидерит	$FeCO_3$	48
	Шамозит	$Fe_4Al[Si_3AlO_{10}] \cdot [OH]_6 \cdot nH_2O$	28-37
Марганець	Піролюзит	$MnO_2$	63
	Манганіт	$MnO_2 \cdot Mn(OH)_2$	62
	Псиломелан	$mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$	45
	Брауніт	$Mn_2O_3$	69
	Гаусманіт	$Mn_3O_4$	72
	Родохрозит	$MnCO_3$	48
Хром	Хроміт	$FeCr_2O_4$	46
Титан	Рутил	$TiO_2$	60
	Ільменіт	$FeTiO_2$	32



## Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
Нікель	Пентландит	(Ni, Fe)S	24-42
	Нікелін	NiAs	44
	Мілерит	NiS	65
	Анабергит	Ni <sub>3</sub> [AsO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O	37
	Гарнієрит	(Ni,Mg) <sub>4</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ][OH] <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	46
Кобальт	кобальтин	CoAsS <sub>2</sub>	
Молибден	Молибденіт	MoS <sub>2</sub>	60
Вольфрам	Вольфраміт	(Fe, Mn)WO <sub>4</sub>	60
	Шеєліт	CaWO <sub>4</sub>	64
Ванадій	Ванадиніт	Pb <sub>5</sub> [VO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub> Cl	11
	Патроніт	VS <sub>4</sub>	28
Мідь	Халькопірит	CuFeS <sub>2</sub>	35
	Борніт	Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub>	63
	Халькозин	Cu <sub>2</sub> S	80
	Ковелін	CuS	66
	Куприт	Cu <sub>2</sub> O	89
	Енаргіт	Cu <sub>3</sub> AsS <sub>4</sub>	48
Свинець	Галеніт	PbS	86
	Церусит	PbCO <sub>3</sub>	77
	Англезит	PbSO <sub>4</sub>	68
Цинк	Сфалерит	ZnS	67
	Смітсоніт	ZnCO <sub>3</sub>	52
	Каламін	Zn <sub>4</sub> [Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ][OH] <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	54
Олово	Каситерит	SnO <sub>2</sub>	78
	Станін	Cu <sub>2</sub> FeSnS <sub>4</sub>	27
Алюміній	Діаспор	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	47
	Беміт	AlOOH	47
	Гідраргіліт (гібсит)	Al(OH) <sub>3</sub>	36
	Нефелін	Na[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]	19
Магній	Магнезит	MgCO <sub>3</sub>	29
	Доломіт	CaMg[CO <sub>3</sub> ] <sub>2</sub>	13
	Карналіт	KCl·MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	9
	Бішофіт	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	12
Літій	Сподумен	LiAl[Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ]	4
	Лепідоліт	KLi <sub>2</sub> Al[Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ][F <sub>1</sub> OH] <sub>2</sub>	3,5
Берилій	Берил	Be <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> [Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> ]	5
	Берtrandит	Be <sub>4</sub> [Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ][OH] <sub>2</sub>	57
Золото	Самородне золото	Au	85-96
Срібло	Самородне Срібло	Ag	100
	Аргентит	Ag <sub>2</sub> S	87
Ртуть	Кіновар	HgS	86
Сурма	Антимоніт	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	71

Продовження таблиці 1.5.

1	2	3	4
Уран	Уранова слюдка	UO <sub>2</sub>	74
	Карнотит		
	Торберніт	K <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> [VO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O Cu(UO <sub>2</sub> )(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	63 52
Торій	Торит	Th[SiO <sub>4</sub> ]	72
	Монацит	(Cl,Th,La)[PO <sub>4</sub> ]	2-24
Рідкісні землі	Бастнезит	(Ce,La)[CO <sub>3</sub> ] F	70
	Паризит	Ca(Ce,La) <sub>2</sub> [CO <sub>3</sub> ] <sub>3</sub> ·F <sub>2</sub>	до 50
	Лопарит	(Ce,Na,Ca)(Ti,Nb)O <sub>3</sub>	до 19

Руди діляться за ступенем концентрації рудних мінералів на багаті (масивні, суцільні) і бідні або убогі (вкраплені), за складом переважаючих сполук (силікатні, карбонатні, сульфатні, сульфідні і т.д.), і за генезисом (первинні незмінні, вторинні окиснені і т.д.). Для деяких видів корисних копалин розроблено групування за природними сортами (гатунками).

Таблиця 1.6.

## Найважливіші мінерали родовищ індустриальної сировини

Мінерал	Хімічна формула
1	2
Галіт	NaCl
Сильвін	KCl
Карналіт	KCl·MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O
Флюорит	CaF <sub>2</sub>
Апатит	Ca <sub>5</sub> [PO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub> [F,Cl]
Барит	BaSO <sub>4</sub>
Сірка	S
Кварц	SiO <sub>2</sub>
Графіт	C
Алмаз	C
Каолініт	Al <sub>4</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] [OH] <sub>8</sub>
Польовий шпат (ортоклаз)	K[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]
Хризотил-азбест	Mg <sub>6</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ][OH] <sub>6</sub> ·H <sub>2</sub> O
Мусковіт	KAl <sub>2</sub> [Si <sub>3</sub> Al <sub>10</sub> ][OH] <sub>2</sub>
Флогопіт	KMg <sub>3</sub> [Si <sub>3</sub> Al <sub>10</sub> ][F,OH] <sub>2</sub>
Тальк	Mg <sub>3</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] [OH] <sub>2</sub>
Гіпс	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Ставроліт	2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [SiO <sub>4</sub> ] Fe(OH) <sub>2</sub>

#### 1.2.4. Текстури і структури руд

Текстури і структури мінеральної речовини найбільш систематично вивчені для рудних утворень.

**Текстура** руд – визначається просторовими взаєморозташуванням мінеральних агрегатів, які відрізняються одні від других за формою, розміром, складом та будовою. Текстура може проявлятися в крупному та дрібному планах, а тому розрізняють: мегатекстуру (відслонення, забій), макротекстуру (окремий штуф, зразок) і мікротекстуру (під мікроскопом).

**Структура** руди – визначається формою, розміром і способом стикування мінералів та їх уламків в просторово уособлених агрегатах. Розрізняють макроструктуру (в крупнозернистих агрегатах на око) і мікроструктуру (в дрібнозернистих агрегатах під мікроскопом).

Текстури і структури рід різного походження відрізняються одна від другої, а їх дослідження дозволяє виявити особливості формування родовищ.

Серед текстур найбільш типовими є десять груп з різною кількістю їх видів всередині кожної групи: масивні, плямисті, смугасті, прожилкові, сфероїдальні, ниркоподібні, дроблення, порожнинна, каркасна, пухка (Рис.1.6).

Процес формування руди відбувається зазвичай в умовах мінливої геологічної і фізико-хімічної обстановки, що відображається на речовинному складі і текстурних особливостях руд. Вивчення текстур руд, їх речовинного складу, допомагає виявленню не тільки умов рудоутворення, але й еволюції цих умов у процесі рудовідкладання, дозволяє простежити зміну тектонічної і геохімічної обстановки в ході цього процесу.

О.Г. Бетехтін показав, що для кожного з основних генетичних класів родовищ корисних копалин – ендегенних, екзогенних і метаморфогенних – характерні свої текстури, хоча існують і деякі загальні для всіх трьох класів текстурні особливості руд. Це залежить від способу утворення мінеральних агрегатів, тобто або відбувається відкладання руд одночасно з вмісними породами, або руди виникають внаслідок наступного заповнення в порожнинах раніше утворених порід, чи шляхом метасоматичного їх заміщення.

*Масивна текстура* зустрічається часто в магматичних родовищах і характерна тим, що руда майже суцільно (більше ніж на 75 - 80%) складена рудними мінералами і має однорідну будову.

*Вкраплена текстура* обумовлена наявністю більше-менше рівномірної вкрапленості рудних мінералів серед маси нерудних мінералів. Ця вкрапленість може бути густою, середньою й убогою.

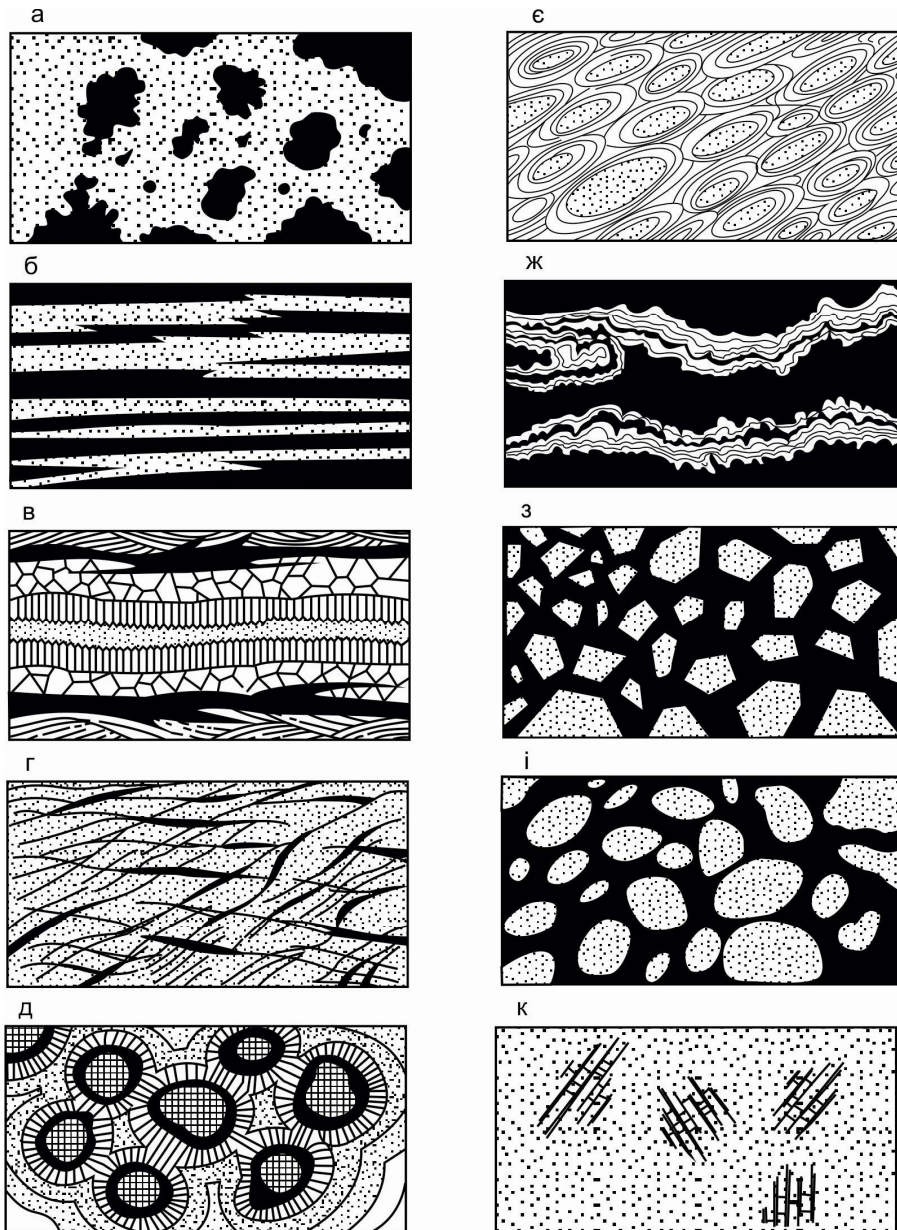


Рис. 1.6 Деякі типи текстур руд (схеми): а) плямиста, б) смугаста, в) крустифікаційна, г) прожилкова, д) кокардова, е) оолітова, є) коломорфна, ж) брекчієва, з) брекчієподібна, і) фрагменти каркасно-ящичної текстури

*Плямиста текстура* характеризується відособленими скупченнями рудних мінералів на фоні безрудної складової штуфа, що вже при першій діагностиці визначається за кольором неоднорідних ділянок.

*Смугаста текстура* виникає в тому випадку, коли густі вкраплення рудних мінералів чи суцільні їх виділення зосереджені в окремих смугах.

*Жильна і прожилкова* текстури характерні для гідротермальних родовищ і утворені одним жильним виділенням або декількома взаємопересічними чи субпаралельними прожилками. Залежно від розташування прожилків виділяють сітчасту текстуру перетину тощо.

*Брекчієва текстура* зумовлена наявністю кутоватих уламків бікових порід чи раніше утворених мінералів, які цементуються більше пізніми мінеральними агрегатами. Якщо уламки набули більш-менш зглаженого виду внаслідок впливу на них розчинів, що відклали цементуючий матеріал, то таку текстуру називають брекчієподібною.

*Коломорфні текстури* у вигляді різних натічних, ниркоподібних, зональних і інших агрегатів характерні при відкладенні мінеральної речовини з колоїдних розчинів.

Крім зазначених, часто в рудах зустрічаються різні неоднорідні (атакситові) і інші текстури. Зокрема, при вивітрюванні родовищ корисних копалин завдяки процесам хімічного руйнування мінералів виникають пористі, комірчасті, кіркові, землісті та інші текстури, назви яких відображають їх зовнішній вигляд.

Для осадових родовищ найбільш типова *пластова або шарувата текстури*, а також *конкреційна і конгломератова*. Корисні копалини метаморфогених родовищ зазвичай мають *сланцювату і смугасту* текстуру, що зумовлено чергуванням однакових за кольором і складом тонких смуг, нерідко вигнутих у дрібні складки. Часта серед таких руд *гнейсовидна текстура* підкреслюється частим чергуванням різних за забарвленням і складом мінеральних агрегатів.

Виділяється тринадцять найважливіших груп структур з різною кількістю їх видів в кожній групі: рівномірнозерниста, нерівномірнозерниста, пластинчата, волокниста, зональна, кристалографічно-орієнтована, тісного зростання, окаймлення, заміщення, дроблення, коломорфна, сферолітова, уламкова (Рис.1.7).

*Рівномірнозерниста структура* відображає розвиток в руді відносно рівновеликих мономінеральних або полімінеральних агрегатів відносно ізометричних зерен. При цьому може виділятися кілька видів структур відкладення (гіпідіоморфнозерниста, аллотріоморфнозерниста, сидеронітова, тощо) і декілька видів структур перекристалізації (гранобластична, гомеобластична і інші).

*Нерівномірнозерниста структура* характерна для ділянок розвитку крупних мінеральних зерен серед їх дрібної маси або ж навпаки, наявністю дрібних зерен серед крупних кристалів. В цій групі також виділяються структури відкладення (порфірова, пойкілітова, емульсійна і інші) і структури перекристалізації (порфіробластична).

*Пластинчаста структура* виділяється за розвитком всіх чи переважаючої маси зерен мономінеральної чи полімінеральної рудної маси пластинчастої форми.

*Волокниста структура* характеризується тонконитковидними волокнистою будови мінеральними агрегатами, що складають руду.

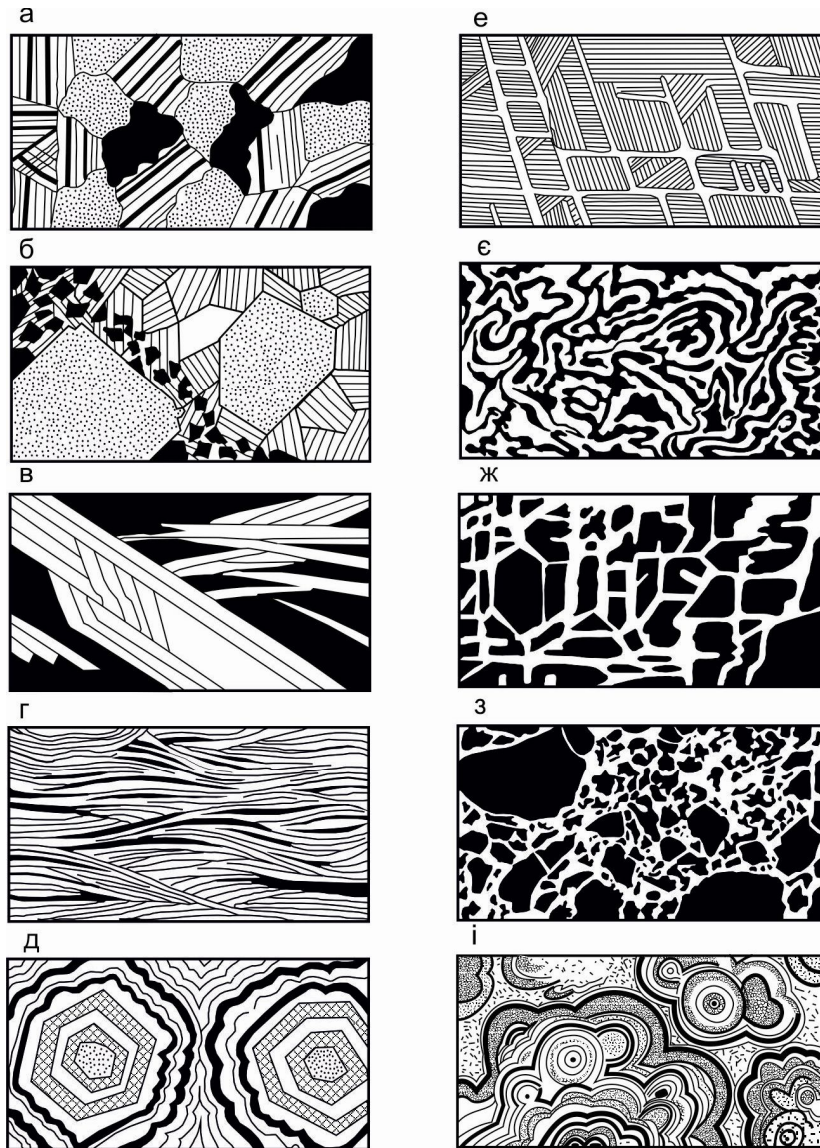


Рис. 1.7. Деякі типи структур руд (схеми): а) рівномірнoзерниста, б) нерівномірнoзерниста, в) пластинчата, г) волокниста, д) зональна, е) кристалографічно-орієнтована, є) тісного зростання, ж) заміщення, з) дроблення, і) коломорфна.

*Зональна структура* вирізняється за зонального чергування смуг мінеральних виділень, які виникли внаслідок їх послідовного відкладення або заміщення більш ранніх мінералів більш пізніми.

*Кристалографічно-орієнтовані структури* спостерігаються у випадку зосередження одного або декількох мінералів по кристалографічних напрямках іншого мінерала (по спайності, площинах двійникування, тощо).

*Структури зростання* виникають в ділянках глибокого проникнення одних мінералів в інші і вирізняються сильно звивистими і клиновидними межами.

*Структури облямування* характерні у випадках розвитку облямівок одних мінералів, що розвиваються навколо інших.

*Структури заміщення* є звичними для метасоматичного розвитку пізніх мінералів по контурах мінералів, які утворились раніше.

*Структура дроблення* зумовлена відкладенням більш пізніх мінералів по механічно подроблених мінералах, що утворились раніше.

*Колоїдна структура* виникає на різних етапах фомування мінералів з колоїдів.

*Сферолітова структура* є типовою для руд, представлених сферолітовими агрегатами з променистою чи голоквидною будовою окремих мінеральних індивідів.

*Уламкова структура* характерна для осадових мінеральних мас, які інколи зцементовані або заміщені рудною речовиною.

### **1.3. Методи вивчення родовищ корисних копалин**

Для вивчення родовищ корисних копалин використовуються польові і лабораторні методи. Основою всіх досліджень є геологічна документація, що супроводжує опис природних і штучних відслонень тіл корисних копалин. Польові спостереження дають можливість встановлювати реальне положення рудного тіла, геолого-структурні дослідження - взаємовідносин і форм тіл, які завершуються складанням геологічної карти, де показані всі спостереження взаємороташувння рудних тіл і порід рами. Вони супроводжуються розрізами і погоризонтними планами для просторової характеристики рудного тіла.

При таких дослідженнях проводиться опис співвідношень різних мінеральних агрегатів, характер їх контактів з вмісними породами, навколорудні зміни. Виявляється тріщинуватість корисних копалин і порід рами, наявність зміщень, дзеркал та штрихів ковзання, їх положення в просторі, збирається матеріал для статистичної обробки тріщинуватості. Особливим етапом є випробування покладів для визначення якості і кількості мінеральної сировини. У процесі дослідження родовищ складаються детальні геологічні карти, розрізи, погоризонтні плани, іноді блок-діаграми тіл корисних копалин. Останнім часом найбільш інформативними вважаються 3-D моделі рудних тіл та родовищ.

Комплекс лабораторних досліджень включає також вивчення прозорих і полірованих шліфів та аншліфів, структурно-текстурних особливостей руд і порід, що з ними асоціюють. У процесі вивчення родовищ велика увага приділяється складчастим і розривним порушенням, зонам розсланцювання та іншим тектонічним явищам. У ряді випадків величезне значення має вивчення газоносності родовищ, особливо кам'яновугільних. Приділяється увага дослідженню гідрогеологічних умов і обводнення родовищ, для цього

проводять спеціальні дослідження, у тому числі відкачку підземних вод для визначення водопритоку і складу підземних вод. Вивчаються також інженерно-геологічні властивості корисних копалин і порід, що їх вміщують. Велике значення мають також геофізичні і геохімічні методи дослідження родовищ.

Лабораторними дослідженнями вивчають речовинний мінеральний і хімічний склад руд, їх фізичні і технологічні властивості, проводиться моделювання з визначенням генезису руд. При цьому проводиться всебічне вивчення власне рудних мінералів: визначається їх хімічний склад, аналізуються можливі елементи-домішки, виконуються рентгеноструктурні та інші аналізи.

На більш детальних стадіях вивчення об'єктів велике значення мають технологічні дослідження з встановленням характеру розподілу рудних компонентів в концентраті, проміжних продуктах і хвостах збагачення. Такі роботи дають можливість розробити найбільш раціональну схему збагачення руд.

#### **1.4. Генетична класифікація родовищ корисних копалин**

В генетичних класифікаціях головною класифікаційною ознакою є особливості походження родовищ. Це обумовлює широке використання таких класифікацій насамперед з науковою метою. Однією з них є запропонована у 1975 р. класифікація П.М.Татарінова [14], яка включає:

А. Ендогенні родовища

##### ***I. Власне магматичні***

1.1. Ранньомагматичні (сегрегаційні, акумулятивні)

1.2. Пізньомагматичні (гістеромагматичні, ефузивні)

1.3. Ліквідаційні.

##### ***II. Пегматитові***

##### ***III. Карбонатитові***

##### ***IV. Постмагматичні***

4.1. Контактково-метасоматичні (скарнові)

4.2. Гідротермальні

4.2.1. Помірних і значних глибин – високо-, середньо- і низькотемпературні

4.2.2. Малих глибин і приповерхневі – високо-, середньо- і низькотемпературні

##### ***V. Екзгаляційні***

##### **Б. Екзогенні родовища**

##### ***I. Родовища вивітрювання***

1.1. Уламкові: елювіальні і делювіальні розсипища



1.2. Залишкові:

- а) родовища кори вивітрювання (глини, каоліни і латерити);
- б) типу залізних шляп (залізисті, марганцеві, гіпсові, галунові шляпи)

1.3. Інфільтраційні

## ***II. Осадові (осадові) родовища***

2.1. Механічні осадові родовища

- а) алювіальні, узбережно-морські розсипи і конгломерати;
- б) перевідкладені осадки тонкодисперсних продуктів вивітрювання.

2.2. Хімічні осадові родовища:

- а) з справжніх розчинів;
- б) з колоїдних розчинів;
- в) біохімічні

2.3. Вулканогенно-осадові (осадові)

## **V. Метаморфогенні родовища**

### ***I. Метаморфізовані***

### ***II. Метаморфічні***

Дещо відрізняється класифікація В.І.Смирнова. Вона часто використовується різними авторами і взята нами за основу в цьому підручнику з деякими доповненнями (табл.1.4.1.).

Докладний опис геологічних, фізико-хімічних та інших умов утворення різних генетичних груп родовищ наводиться в спеціальних підручниках і посібниках, [5,7,8,9,10,11,14,16-21 та ін.] до яких може звернутися зацікавлений читач.

Таблиця 1.4.1.

### **Генетична класифікація родовищ корисних копалин за В.І.Смирновим [12]**

Серія	Група	Клас (підклас)
Ендогенна (магматогенна)	Магматична	Ліквацийний Ранньомагматичний Пізньюмагматичний
	Карбонатитова	Магматичний Метасоматичний Комбінований
	Пегматитова	Прості пегматити Перекристалізовані пегматити Метасоматично заміщені пегматити
	Альбітит-грейзенова	Альбітитовий Грейзеновий

	Скарнова	Вапняних скарнів Магнезійних скарнів Силікатних скарнів
--	----------	---

Продовження таблиці 1.4.1.

	Гідротермальна	Плутоногенний Вулканогенний Амагматогенний (телетермальний, стратиформний)
	Колчеданна	Гідротермально-метасоматичний Гідротермально-осадовий Комбінований
Екзогенна (седиментогенна)	Вивітрювання	Залишковий Інфільтраційний
	Розсипна	Елювіальний Делювіальний Пролювіальний Алювіальний (косовий, русловий, долинний, дельтовий, терасовий, озерний, морський, океанічний) Літоральний (озерний, морський, океанічний) Гляціальний (моренний, флювіогляціальний)
	Осадова	Механічний Хімічний Біохімічний Вулканогенний
Метаморфогенна	Метаморфізована	Регіонально-метаморфізований Контактово-метаморфізований
	Метаморфічна	-
	Імпактна	

Для практичних потреб гірничорудної галузі використовують насамперед геолого-промислові класифікації, які також можуть бути побудовані на різних класифікаційних ознаках: елементному складі, морфологічних типах родовищ, технологічних особливостях руд та ін.

У промисловості та рудній геології всі метали поділяються на кілька категорій (груп). Ці групи виділяються досить умовно, без певних чітких меж та класифікаційних ознак, але є широко визнаними, і тому їх доцільно дотримуватися у вивченні родовищ металічних корисних копалин. Нами прийнята наступна класифікація металічних корисних копалин, яка відповідає практиці геологорозвідувальних робіт, що склалася в нашій країні за останні роки, хоча існують і інші класифікації:

**Група I. Чорні метали** – залізо (Fe), марганець (Mn), хром (Cr), титан (Ti), ванадій (V);

**Група II. Кольорові метали** – алюміній (Al), магній (Mg); мідь (Cu), свинець (Pb), цинк (Zn), нікель (Ni), кобальт (Co), молібден (Mo), вольфрам (W), олово (Sn), ртуть (Hg), сурма (Sb), вісмут (Bi);

**Група III. Благородні метали** – золото (Au), срібло (Ag), платина (Pt) і платиноїди: паладій (Pd), осмій (Os) іридій (Ir), рутеній (Ru), родій (Rh);

**Група IV. Радіоактивні метали** – уран (U);

**Група V. Рідкісні та рідкісноземельні елементи** – берилій (Be), літій (Li), рубідій (Rb), цезій (Cs), германій (Ge), тантал (Ta), ніобій (Nb), цирконій (Zr), гафній (Hf), скандій (Sc), рідкісноземельні елементи: лантан (La), церій (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), прометій (Pm), самарій (Sm), європій (Eu), гадоліній (Gd), тербій (Tb), диспрозій (Dy), хольмій (Ho), ербій (Er), тулій (Tm), ітербій (Tb), лютецій (Lu), ітрій (Y).

## **ЧАСТИНА 2. РОДОВИЩА МЕТАЛЕВИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН**

Металевими, або рудними, корисними копалинами називаються мінеральні утворення, з яких шляхом переробки добувають різні метали або їхні з'єднання, використовувані в промисловості. До металевих корисних копалин відносяться руди чорних, кольорових, благородних, рідкісних (в тому числі розсіяних), рідкісноземельних, радіоактивних металів.

### **2.1. Родовища чорних металів**

До групи названих родовищ відносяться залізо, манган (марганець), хром, титан, ванадій, руди яких використовуються в чорній металургії для виплавки металу або як легуючі добавки до сталей.

#### **2.1.1. Родовища феруму (заліза)**

Найголовніші мінерали залізних руд: магнетит  $Fe_3O_4$ , гематит  $Fe_2O_3$ , лімоніт  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ , гетит  $FeO \cdot OH$ , сидерит  $FeCO_3$ .

Із залізних руд виплавляється чавун (2,5-4% С), сталь (0,2-1,7% С), залізо (0,04-0,2% С). Для одержання легованих сталей звичайні сталі переплавляються з додаванням марганцю, хрому, ванадію, нікелю, кобальту, молібдену, вольфраму, що додають сталям в'язкість, твердість і інші коштовні властивості.

#### ***Екзогенні родовища.***

У цій групі відомі вулканогенно-осадові, осадові родовища і родовища кори вивітрювання.

До вулканогенно-осадових родовищ відносяться Західний Каражал у Казахстані і Холзунське у Гірському Алтаї, Лан і Ділл у ФРН і ін. Вулканогенно-осадові родовища розташовуються в геосинклінальних областях, а рудні тіла формуються в тісному зв'язку з вулканогенними й осадовими породами. Наприклад, на Холзунському родовищі спостерігається зв'язок руд з вулканогенними утвореннями, що виражається в заляганні рудних шарів серед туфів і туфітів з наявністю прошарків і лінз вулканічних порід у самому рудному шарі, а також у присутності в складі руд пірокластичних часток.

На інших родовищах, наприклад Західному Каражалі, що вміщують рудні шари і лінзи, вмісними породами служать вапняки, що перешаровуються, кременисто-карбонатні яшмоподібні й аргілітові породи, а підстиляється рудоносна товща вулканогенно-осадовими породами.

Рудні шари і лінзи на цих родовищах деформовані складчастими і розривними порушеннями разом з вмісною товщею, що обумовлює їхнє згідне залягання в складчастих структурах рудних полів.

Руди складені гематитом, меншою мірою магнетитом і сидеритом, у них зустрічаються сульфіди - пірит, арсенопірит, халькопірит, сфалерит і галеніт, а серед нерудних мінералів - хлорит, серицит, кварц, халцедон, опал, доломіт, анкерит, апатит.

Серед осадових родовищ заліза розрізняють геосинклінальні і платформні морські родовища. Геосинклінальні морські гематитові родовища в теригенно-карбонатних покладах відомі в Ангаро-Ленському залізорудному басейні Росії на правобережжі нижнього плину р. Ангари. Рудні поклади є прибережними фаціями верхньопротерозойських геосинклінальних відкладень. За рубежем подібні родовища відомі в США, Африці і Північній Австралії.

Платформні морські родовища сидерит-гідрогематитових бобово-оолітових руд у карбонатно-теригенних покладах представлені в Україні кайнозойським Керченським залізорудним басейном, який є одним із з найвідоміших у світі осадових скупчень залізних руд. Рудні шари приурочені до синклінальних структур - мульд і прогинів. Найбільш великими рудоносними мульдами є: Камиш-Бурунська, Кизаульська, Ельтигенська, Північна, Акманайська. Рудний обрій зазвичай залягає майже горизонтально, з падінням на крилах мульди під кутом 10-15°; потужність рудного шару зростає з країв мульди від декількох метрів до 25-40 м до осьової частини.

Рудні шари складені оолітовими рудами, що містять (у %) 20-51 Fe; 0,1-11 Mn; 0,4-1,5 P; 0,01-0,6 S, також невеликі кількості V і As. Цінними домішками є Mn і V, шкідливими - S, P і As.

Головна маса руд відноситься до двох типів: коричневої (гідрогетитової) і тютюнової (гідрогетит, лептохлорит, нонтроніт). До другорядних, малорозповсюджених руд відносяться марганцево-залізисті ікряні руди.

За рубежем родовища даного типу представлені Лотарингським залізорудним басейном (Франція, ФРН).

Родовища кори вивітрювання формуються в зонах окислювання родовищ сидеритових і скарново-магнетитових руд, а також при вивітрюванні ультраосновних порід. Сидеритові руди в зоні окислювання переходять у гідроокисли заліза (гетит, гідрогетит, гідрогематит), а скарново-магнетитові руди - у мартит-гідрогематитові руди.

У корі вивітрювання ультраосновних порід родовища гетит-гідрогематитових руд приурочені до верхньої охристої зони серпентинізованих дунітових і перидотитових масивів. Охристі оолітові руди кори вивітрювання представлені родовищами Єлізаветинським, Серовським і Акермановським на Уралі, Малкінським на Північному Кавказі. Великі

родовища кори вивітрювання відомі на Кубі, Філіппінах, Гавайських островах і в Гвінеї.

### ***Магматогенні родовища.***

**Магматичні** родовища заліза представлені титаномагнетитовими й ільменіт-титаномагнетитовими родовищами. До них відносяться Качканарське, Гусевогорське, Першоуральське, Кусинське і Копанське на Уралі, Пудожгорське в Карелії, Харловське в Гірському Алтаї в Росії а також Таберг у Швеції, Телнесс у Норвегії і Тегавус у США.

Рудні тіла цих родовищ являють собою зони густої вкрапленості з купчастими і жило-лінзоподібними відокремленнями титаномагнетиту в ультраосновних і основних породах.

Основним рудним мінералом родовищ цієї групи є титаномагнетит. У підлеглий кількості присутні зерна магнетиту, ільменіту і шпінелі. Супутніми служать породотвірні мінерали вмісних порід - олівін, піроксен, амфіболи, плагіоклаз, серпентин і ін.

Руди характеризуються промисловим вмістом заліза, ванадію, іноді титану, низьким вмістом сірки і фосфору (соті частки відсотка) і ін.

**Постмагматичні** родовища заліза представлені скарновими і вулканогенно-гідротермальними типами.

**Скарнові** родовища широко представлені на Уралі (Магнітогорське, Високогорське, Гороблагодатське, Північно-Піщанське й ін.), у Кустанайській області Казахстану (Сарбайське, Соколовське, Качарське й ін.), у Західному Сибіру (Таштагольське, Абаканське, Тейське й ін.), на Кавказі (Дашкесанське), а також у США (Айрон-Спрінгс, Адрондак і ін.), у Центральній Європі (Рудні гори), в Італії, Болгарії, Румунії, Японії, КНР і інших країнах.

Скарново-магнетитові родовища пов'язані з плагіогранітами, що є похідними базальтової магми. Рудні тіла розташовуються в їхніх контактних ореолах і утворені метасоматичним шляхом у вмісних карбонатних, рідше в силікатних породах. Основним рудним мінералом є магнетит, менш розповсюджений гематит.

Родовище Магнітогорське розташоване на Південному Уралі. Воно приурочено до контакту гранітоїдної інтрузії, що прориває вулканогенно-осадову товщу порід ранньокам'яновугільного віку. У процесі розвитку інтрузивного магматизму послідовно впроваджувалися порфірити, діорити, мікрограніти, кварцові діорити і дайки діабазів. На постмагматичній стадії становлення цієї могутньої серії інтрузивних порід утворилися гранат-піроксенові скарни з магнетитом.

**Вулканогенно-гідротермальні** родовища тісно пов'язані з трапами Сибірської платформи, де вони утворюють ряд залізородних районів:

Ангаро-Ілимський, Ангаро-Канський, Середньо-Ангарський, Кансько-Тасеєвський, Тунгуський, Бахтинський і Ілімпейський.

Найбільш відомими родовищами цієї групи є Коршуновське, Рудногорське, Нерюндинське і Татарське. Родовища залягають у палеозойських відкладах чохла платформи. Розподіл родовищ контролюється розташуванням зон розламів і інтенсивного прояву трапового магматизму.

По тектонічних розривах, а можливо, і трубках вибухів у вмісні породи проникали розчини, що викликали метасоматичні зміни порід і зруденіння. Метасоматичні процеси обумовили розвиток скарноподібних і більш низькотемпературних хлорит-серпентиніт-карбонатних метасоматитів.

Руди представлені зонами вкрапленості магномагнетита в метасоматитах, жильними тілами і шароподібними покладами метасоматичного заміщення карбонатних порід.

### ***Метаморфогенні родовища.***

До цієї серії відносяться родовища залізистих кварцитів, приурочені до докембрійських складчастих областей.

В Україні залізисті кварцити зосереджені у Криворізькому залізорудному басейні (Інгулецьке, Новокриворізьке Первомайське, й ін.) в Росії - на Кольському півострові та у Карелії (Оленегорське, Кіровогорське, Костомукшське, Міжозерське й ін.), у басейні Курської магнітної аномалії (Коробковське, Лебединське, Салтиковське, Осколецьке, Михайлівське й ін.), у Казахстані (Карсакпайська група), на Далекому Сході (Малохинганська й Уссурійська групи родовищ).

В Північній Америці широко відомі великі райони поширення залізистих кварцитів - залізорудний пояс Лабрадору (Канада), велика група родовищ у районі оз. Верхнє (США). Відомі також родовища Бразилії, Індії, Китаю, Австралії.

Усі найбільші родовища залізистих кварцитів відносяться до нижньопротерозойських геосинклінальних утворень, що відчували низькотемпературний метаморфізм. Головними мінералами залізистих кварцитів цієї фації є кварц, магнетит, гематит, кумінгтоніт, біотит, хлорит, іноді сидерит, лужні амфіболи і піроксени. Родовища залягають в осадових і частково вулканогенно-осадових породах. Вони зазвичай іменуються родовищами криворізького типу.

Криворізький залізорудний басейн розташований на правобережжі р. Дніпро, протягаючи в північ-північно-східному напрямку на 100 км при ширині до 6-7 км. Рудовмісні породи входять до складу протерозойської криворізької серії й утворюють складноскладчасту смугу метаморфічних сланців і залізистих кварцитів, на захід і на схід якої поширені кристалічні сланці, гнейси і мігматити архею. Криворізька серія утворює складну

синклінорну структуру, що складається із синклінальних і антиклінальних складок і ускладнену численними розривами.

Родовища, пов'язані з глибокометаморфізованими породами, представлені менш крупними і невеликими за запасами (сотні - десятки мільйонів тонн) рудними покладами (наприклад, ПАриазовська та Побузька групи в Україні, Тараташська група на Уралі та ін). Основними мінералами залістистих кварцитів у високотемпературних фаціях є кварц, магнетит, гематит, рогова обманка, діопсид, гіперстен, фаяліт.

Для залістистих кварцитів типові середні вмісти заліза в межах 20-40 (іноді до 55%).

### **2.1.2. Родовища мангану (марганцю)**

Найважливішими мінералами мангану є: піролюзит  $MnO_2$ , брауніт  $Mn_2O_3$ , манганіт  $MnO_2 \cdot Mn(OH)_2$ , псиломелан  $MnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$ , родохрозит  $MnCO_3$ , родоніт  $(Mn, Ca) SiO_3$ .

Марганцеві руди в основному (90-95 %) використовуються в металургії для одержання спеціальних сортів сталей, у меншому ступені (5-10%) вони використовуються в хімічній промисловості або в іншому виробництві. Родоніт застосовується як коштовний декоративний камінь.

#### ***Екзогенні родовища***

У цій серії родовищ відомі осадові, вулканогенно-осадові, родовища вивітрювання.

Осадові родовища марганцевих руд утворилися в палеогенову епоху і представлені родохрозит-псиломелан-піролюзитовими родовищами серед прибережно-морських і лагунових покладів. До них відносяться українські родовища Нікопольського басейну, Чіатурське родовища в Грузії і родовище Оборище в Болгарії.

Нікопольський басейн включає ряд родовищ і рудоносних площ, витягнутих уздовж Дніпра в районі міст Нікополя і Запорожжя, у вигляді смуги довжиною 250 км і шириною до 5 км. Рудний шар потужністю в середньому 2,0- 3,5 м залягає майже горизонтально серед нижньооліоценових піщано-алеврито-глинистих покладів.

Величезна кількість осадових марганцевих руд зосереджено в залізо-марганцевих конкреціях, що вистилають великі площі дна Тихого, Атлантичного й Індійського океанів. Запаси їх складають  $2,5 \cdot 10^{12}$  т, що в сотні разів перевищує сумарні запаси, враховані у всіх родовищах континентів. До того ж запаси цих руд щорічно зростають на 10 млн. т. у зв'язку із сучасними процесами опадонакопичення.

Вулканогенно-осадові родовища марганцю приурочені до областей інтенсивного прояву підводного вулканізму, що характеризується



нагромадженням лав і туфів з підлеглою кількістю осадових порід. Для них встановлений виразний зв'язок із кременистими, карбонатними і магнетит-гематитовими породами і рудами. Надходження марганцю, заліза, кремнезему, міді, цинку, свинцю, барію, германія, і інших компонентів з утворенням осадових руд пов'язано з поствулканічною діяльністю підвідних вулканів.

Прикладом вулканогенно-осадових родовищ є родовище Атасу в Центральному Казахстані. Родовище присвячене до вулканогенно-осадових порід девонського віку, що складає лінійну витягнуту мульду. На родовищі відзначаються згодні пластові поклади залізомарганцевих руд, що складаються з гематиту, магнетиту, брауніта, псиломелану і піролюзиту, і січні тіла свинцево-цинково-баритових руд, накладені на пластове зруденіння.

Родовища вивітрювання утворюються по марганецьвмісних метаморфізованих силікатних і карбонатних породах. Поширені вони головним чином в Індії і Бразилії, а також у Канаді, Венесуелі, Габоні, Південно-Африканській республіці й Австралії.

Метаморфогенні родовища марганцю пов'язані з марганецьвмісними протерозойськими силікатними породами - гондитами і кодуритами. Гондити складені кварцом, спесартином, браунітом, гаусманітом і родонітом. Кодурити складаються з калієвого польового шпату, спесартину й апатиту. Вони перешаровуються з мармурами, кварцитами і сланцями. Гондити і кодурити поширені на великих площах у сотні квадратних кілометрів. Довжина марганценосних покладів досягає 3-8 км, потужність 3-60 м, середній вміст марганцю 10-20%. Найбільші родовища відомі в Індії і Бразилії.

### 2.1.3. Родовища хрому

Єдиною хромовою рудою є хромистий залізняк, або хроміт, під яким розуміється кілька мінералів групи шпінелі з загальною формулою  $(Mg,Fe)Ox(Cr,Al,Fe)_2O_3$ . Склад хромітів (%):  $Cr_2O_3$ - 18-65,  $MgO$  - до 16,  $FeO$  - до 18,  $Fe_2O_3$  - 30,  $Al_2O_3$  - до 33.

Хроміти в основному використовуються в металургії, менше - у вогнетривкій і хімічній промисловості.

Промислові родовища хрому представлені в основному ранньо- і пізньомагматичними різновидами.

Ранньомагматичні родовища розміщуються в масивах розшарованих ультраосновних порід. Наприклад, Бушвельдський масив у Південній Африці складений численними горизонтами основних і ультраосновних порід, що мають потужність від декількох сантиметрів до декількох метрів. Родовища хромітів приурочені до двох рудоносних шарів. Поклади вкраплених і

масивних руд мають форму рівноцінних прошарків, елементи залягання яких збігаються з розшаруванням вмісних порід.

Пізньомагматичні родовища хромітів поширені у Росії на Уралі, у Сибіру, на Чукотці, Камчатці, Сахаліні, а також у Албанії, Греції, Ірані та ін.

Важливою хромітоносною провінцією є Урал. Тут розташована Донська група родовищ, приурочена до Кемпірсайського масиву ультраосновних порід. Масив складений серпентинізованими перидотитами і дунітами. У межах масиву відомо більш 160 родовищ і рудопроявів хроміту. Рудні тіла представлені в основному жилоподібними лінзами, розміри яких коливаються від десятків метрів до 1,5 км по простяганню, а за потужністю - від декількох метрів до 150 м.

При вивітрюванні корінних магматогенних родовищ утворюються елювіально-делювіальні розсипи хромітів.

#### 2.1.4. Родовища титану

Головними промисловими мінералами титану є рутил  $TiO_2$  і ільменіт  $FeTiO_3$ .

**Екзогенні (седиментогенні) родовища** представлені розсипами прибережно-морського або континентального походження. Найбільше значення мають прибережно-морські комплексні ільменіт-рутил-цирконієві розсипи. В Україні прибережно-морські розсипи поширені у покладах палеогену Придніпровської розсипної зони Малишевське (Самотканське), Зеленоярське, Тарасівське та ін.

Континентальні розсипи ільменіту поширені в пролювіально-алювіальних і елювіальних утвореннях Іршанської групи родовищ.

**Магматогенні родовища.** Серед магматогенних родовищ титану І.І. Малишев виділяє родовища ільменітових, магнетит-ільменітових і гематит-ільменітових руд в анортозитах і габро-анортозитах і родовища ільменіт-магнетитових руд у габро і габро-норитах. Прикладами є Мало-Тогульське родовище в Росії, Тегавус в США та Лак-Тіо в Канаді.

**Метаморфогенні родовища.** Метаморфізовані родовища утворюються при метаморфізмі древніх розсипів, як, наприклад, верхньопротерозойські розсипи західного схилу Уралу. Метаморфічні родовища титану утворюються в результаті метаморфізму титановмісних порід, наприклад, титановмісних габроїдів (Отанмяки, Фінляндія) чи рутилоносних еклогітів (Шубинське родовище на Уралі).

#### 2.1.5. Родовища ванадію

Промисловими рудами ванадію є: титаномagnetит із вмістом 0,3-10%  $V_2O_5$ ; роскоеліт, або ванадієва слюдка,  $KV_2(AlSi_3O_{10}) \cdot (OH)_2$ ; карнотит, або уранова слюдка  $K_2U_2(VO_4)_2O_4 \cdot 3H_2O$ ; ванадініт  $Pb_5(VO_4)_3Cl$ ; патроніт  $VS_4$ .

Ванадій зазвичай одержують попутно з комплексних руд при видобуванні заліза, титана, урану й інших компонентів. Основною сировиною для виробництва ванадію служать титаномagnetитові руди. Прикладами ванадійвмісних руд є родовища на Уралі, родовища Бушвельдського комплексу в Південній Африці й ін. Відомі родовища також у бітумах (патронітова жила потужністю до 8-12 м в асфальтитах Мінас Рагра (Перу))

## 2.2. РОДОВИЩА КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

До цієї групи відносяться родовища металів, руди яких використовуються в кольоровій металургії. Кольорові метали - це алюміній, магній, купрум (мідь), плюмбум (свинець) і цинк, нікол (нікель) і кобальт, станум (олово), вольфрам, молібден, вісмут, стихій (сурма), меркурій (ртуть).

### 2.2.1. Родовища алюмінію

Найбільш важливою рудою на алюміній є боксити, що складаються з діаспора, беміту  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$  і гідраргіліту  $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ . Останнім часом у якості джерела алюмінію усе більшого значення набувають нефелінові та алунітові руди.

Алюміній використовується в авіа- і автопромисловості, в електропромисловості і машинобудуванні, будівництві і багатьох інших галузях. Це другий після феруму метал за використанням.

**Екзогенні (седиментогенні) родовища.** Родовища цієї групи представлені бокситовими родовищами вивітрювання і осадовими (геосинклінальними і платформними).

Родовища вивітрювання, або латеритні родовища, утворюються при інтенсивному хімічному вивітрюванні алюмосилікатних порід в умовах тропічного і субтропічного клімату.

Найбільшим у світі родовищем бокситів латеритного типу є родовище Боке (Гвінея). Боксити утворилися в результаті хімічного розкладання силурійських граптолітових сланців у палеоген-неогеновий час. Потужність латеритної кори вивітрювання складає 10-15 м. Родовище відрізняється високою якістю руд і великими запасами.

Осадові геосинклінальні родовища утворилися в прибережно-морських умовах за рахунок перевідкладення продуктів кори вивітрювання. Прикладами є родовища Північно-уральського бокситоносного району. Вони приурочені до плоскої меридіонально-втягнутої депресії у вапняках і сланцях середнього палеозою. У межах рудного горизонту виділяються два підгоризнти: нижній - червоних марких, немарких і яшмоподібних бокситів потужністю до 20 м і верхній - яскравокольорових піритизованих бокситів

потужністю до 3 м. У складі червоних бокситів переважає діаспор, а в яшмоподібних і яскравокольорових - діаспор-беміт.

Осадкові платформні родовища бокситів утворюються в континентальних умовах і являють собою озерно-болотні відкладення, часто пов'язані з вугленосними осадами. Для цієї групи типові родовища Тихвинської групи, приурочені до нижньокам'яновугільних покладів Московської синеклізи. Промислові поклади бокситів розміщуються в депресіях дорудного рельєфу; утворилися вони за рахунок перевідкладення кори вивітрювання девонських глин. За мінеральним складом боксити відносяться до гібсит-беміт-каолінового типу.

### 2.2.2. Родовища міді

Найголовнішими мінералами міді є: самородна мідь Cu, халькопірит  $CuFeS_2$ , борніт  $Cu_5FeS_4$ , халькозин  $Cu_2S$ , ковелін  $CuS$ , бляклі руди (тенантит  $3Cu_2S \cdot As_2S_3$  і тетраедрит  $3Cu_2S \cdot Sb_2S_3$ ), куприт  $Cu_2O$ , тенорит  $CuO$ , малахіт  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$  і ін.

Майже 90 % виплавки міді приходить на сульфідні руди, інші - на самородну мідь, водні карбонати й інші вторинні мінерали. Важливою властивістю мідних руд є комплексність. Супутньо з міддю із сульфідних руд вилучаються золото, срібло, нікол, кобальт, станум, молібден, свинець, цинк, реній, індій, кадмій, вісмут, телур, селен, сірка й інші компоненти.

Мідь широко використовується в електропромисловості, а також у машинобудуванні й автомобільній промисловості.

**Екзогенні родовища.** До них відносяться стратиформні верстуваті родовища, представлені великими покладами мідистих пісковиків (наприклад, Удоканське (Росія) і Джекказганське (Казахстан) і мідистих сланців (Мансфельд у ФРН).

Згідне шарувате залягання з теригенно-осадовими товщами, що вміщують, широкий площинний розвиток, ритмічність і багатоярусність будови рудних покладів, простий мінеральний склад руд, наявність у них шаруватих текстур, кореляція концентрації металів з органічним вуглецем - усе це свідчить про осадово-гідротермальний генезис стратиформних родовищ. Наприклад, на Удоканському родовищі рудні тіла являють собою кварцитоподібні пісковики або алевроліти з тонкою вкрапленістю сульфідів міді - халькозина, борніту, халькопіриту, а також піриту (мал. 72).

**Магматогенні родовища.** До цієї серії відносяться скарнові, колчеданні і мідно-порфірові родовища.

Скарнові родовища міді утворюються на контакті помірковано кислих гранітоїдів - гранодіоритів, плагіогранітів і плагіосієнітів з вапняками. Рудна мінералізація - халькопірит, піротин, пірит і магнетит - розвивається після

утворення вапняних скарнів гранат-піроксенового складу, накладаючись на них і утворюючи серед них лінзи, гнізда і стовбуваті поклади.

До скарнових родовищ міді відносяться Саякське в Казахстані, Тур'їнська група на Уралі, Кліфтон і Бісбі в США, Долорес у Мексиці й ін.

Тур'їнські родовища розробляються із середини XVIII століття. Вони знаходяться на Північному Уралі, до північно-заходу від м. Серова на р. Тур'ї. Родовища розташовані в східному пологому крилі великої меридіональної синкліналі, складеної товщею пізнього силуру - середнього девону. У низах товщі розвинуті спіліти і діабазы, вище рифові і шаруваті вапняки, перекриті вапняковими туфитами і роговообманковими порфіритами. Уся ця товща прорвана пізньопалеозойськими гранітами.

Головний горизонт зруденілих скарнів розташовується під туфитами. Скарни приурочені до контактів вапняків із гранодіоритами. Форма рудних тіл - шароподібні поклади. Гнізда мідних руд приурочені до місць перетину скарнів більш пізніми тріщинами і розвиваються метасоматично по піроксенових скарнах.

Колчеданні родовища утворюються на ранніх стадіях розвитку геосинкліналей у субмарінних умовах у тісній асоціації з вулканогенними породами основного і кислого складу. Як відзначає академік В. І. Смирнов, виділення "рудоутворюючих речовин з вулканічних възгонів супроводжує усю вулканічну історію, але головна маса колчеданів накопичується наприкінці кожного вулканічного циклу, у період завершення виливу найбільш кислих лав, що змінюється тривалою поствулканічною газо-гідротермальною діяльністю" [9, с. 367]. Колчеданні родовища контролюються локальними вулканічними структурами, що є елементами більших вулканічних побудов.

Рудні тіла мають форму згідних пластових покладів і лінз, а також неправильних жил, штокверків і штоків. Перші зазвичай складені масивними і шаруватими рудами, а другі - рудами прожилково-вкрапленого типу. Відповідно виділяється два типи руд: вулканогенно-осадові, що утворилися осадовим шляхом, і вулканогенно-метасоматичні, що утворилися в результаті заміщень вмісних порід сульфідами.

Колчеданні руди складені в основному сульфідами заліза (на 80-90 %) - піритом, піротином, марказитом, з якими тісно асоціюють халькопірит, сфалерит, бляклі руди, борніт, галеніт, магнетит, гематит. Вмісні породи зазвичай змінені з боку лежачого боку рудних покладів і перетворені в піритизовані кварц-серицитові, кварц-хлоритові й інші метасоматити.

До колчеданних родовищ міді відносяться Гайське, Сибайське, Учалінське, Урупське, Худесьське й інші в Росії, Ріо-Тінто в Іспанії, Кід-Крик у Канаді, Бессі в Японії і багато інших.

Мідно-порфірові родовища утворюються в тісній асоціації з помірнокислими гранітоїдами - граніт-порфірами, гранодіорит-порфірами, діоритовими порфіритами в постмагматичну стадію їхнього становлення, у зв'язку з чим гранітоїди в апікальній зоні, що почасти містять вулканіти або осадові породи, піддані інтенсивним гідротермальним змінам. Руди являють собою тонку мережу кварцових і кварц-польовошпатових прожилків потужністю до перших сантиметрів, що містять пірит і халькопірит, рідше молібденіт, борніт, бляклі руди, галеніт, сфалерит, магнетит і гематит.

До мідно-порфірових родовищ відносяться Коунрадське в Казахстані, Каджаранське в Вірменії, Чукикамата в Чилі, Токепала в Перу й ін.

Коунрадське родовище розташоване до півночі від оз. Балхаш. На горі Коунрад шток гранодіорит-порфіру у верхній (апикальній) частині перетворений у серицитові кварцити з прожилками кварцу, у якому розвивається магнетит, рутил, халькопірит, пірит і турмалін. Ефузивно-осадові породи, що вміщують шток, перетворені в серицит-андалузитові кварцити. Мідне зруденіння зосереджено в серицитових кварцитах, у верхній частині штока гранодіорит-порфіра. Головними рудними мінералами є пірит і халькопірит, менше тенантиту і молібденіту. Промислові руди, що складаються з халькозину, ковеліну і борніту, виникли в зв'язку з процесами окислювання і вторинного збагачення. Зона окислювання простягається до глибини 300-400 м, де розвинуті первинні убогі руди.

### 2.2.3. Родовища плумбуму (свинцю) і цинку

Мінерали свинцю і цинку зазвичай зустрічаються разом у складі так званих поліметалевих руд. Найважливішими мінералами цих руд є галеніт  $PbS$ , сфалерит  $ZnS$ , буланжерит  $Pb_5Sb_4S_{11}$ , джемсоніт  $Pb_4FeSb_6S_{14}$ , церусит  $PbCO_3$ , англезит  $PbSO_4$ , смітсоніт  $ZnCO_3$ .

Свинець і цинк зустрічаються в різних генетичних типах родовищ. Відомі стратиформні родовища свинцю і цинку, приурочені до товщ карбонатних порід (Миргалімсай і ін. у Казахстані, район Міссісіпі-Міссурі в США, Пайн-Пойнт у Канаді й ін.); скарнові родовища свинцю і цинку, що утворилися в контактні гранодіорит-порфірів, граніт-порфірів з вулканогенно-осадовими породами (Алтин-Топкан в Узбекистані, Кансай в Таджикистані, Верхне й ін. у Росії, Лоуренс у США, Каміона в Японії й ін.); вулканогенно-гідротермальні родовища свинцево-цинкових руд зі сріблом, приурочені до вулканічних структур (Новоширокинське у Росії, Замбрак і ін. у Казахстані, Касапалка в Перу та ін.); колчеданні поліметалеві родовища, просторово і генетично пов'язані з вулканогенними породами, в основному з кислими похідними базальтоїдного вулканізму (Зиряновське, у Росії, Філізчайу Азербайджані, Жайрем у Казахстані, Ріо-Тінто в Іспанії й ін.); метаморфізовані родовища, що локалізуються в протерозойських і

нижньопалеозойських метаморфічних сланцях і мармуризованих вапняках (Горевське, Росохинське в Росії, Брокен-Хілл в Австралії, Флін-Флон у Канаді й ін.). Родовище Міргалімсай розташоване на південно-західному схилі хр. Каратау на території Казахстану. На площі родовища розвинуті карбонатні верхньодевонські і кам'яновугільні породи, що утворюють брахіформну складчасту структуру.

Рудні тіла приурочені в основному до горизонту, складеному доломітами, вапняковими доломітами і вапняками. Потужність рудовмісного горизонту змінюється від 2-4 до 24-28 м. Рудні мінерали у вмісних породах утворюють розсіяну або пошарову вкрапленість, дрібні прожилки і дуже рідко невеликі скупчення суцільних сульфідів. За складом виділяються три типи руд: свинцеві, свинцево-баритові і баритові. Головними рудними мінералами є пірит, галеніт, сфалерит, а з нерудних - доломіт, кальцит, барит, анкерит і кварц. В Україні поліметалічні родовища (іноді з золотом) зосереджені, в основному в Закарпатті (Мужієвське, Берегівське та ін..) та на Донбасі (Бобриківське та ін..)

#### 2.2.4. Родовища ніколу (нікелю) і кобальту

Найголовнішими мінералами нікелю є: пентландит  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$ , мілерит  $\text{NiS}$ , нікелін  $\text{NiAs}$ , герсдорфіт  $\text{NiAsS}$ , водні силікати нікелю – гарнієрит  $(\text{Ni}, \text{Mg})_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_4$ ; і кобальту - лінеїт  $\text{Co}_3\text{S}_4$  кобальтин  $\text{CoAsS}$ , глаукодот  $(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$  і ін.

Промислові родовища нікелю і кобальту пов'язані головним чином з основними й ультраосновними магматичними породами - перидотитами, піроксенітами, габро, норитами і габро-діоритами; крім того, відомі родовища силікатних нікелевих руд кори вивітрювання, що розвивалася на масивах серпентинізованих ультраосновних порід в умовах жаркого вологого клімату. Відповідно виділяють магматогенні родовища, серед яких відомі магматичні і постмагматичні родовища і екзогенні (седиментогенні) родовища вивітрювання.

Магматичні родовища мідно-нікелевих сульфідних руд, що містять кобальт, відносяться до ліквацийного типу. Вони утворюються в зонах активізації платформ при впровадженні і становленні трапів. Рудні тіла формуються при відокремленні в магмі сульфідного розплаву і його осадженні переважно в нижніх придонних частинах інтрузивів. Головні рудні мінерали - піротин, халькопірит, пентландит.

До магматичних родовищ відносяться Талнах, Жовтневе, Норильське, Печенга в Росії, Садбері в Канаді й ін.

Норильський рудний район займає крайню північно-західну окраїну Сибірської платформи, характерною геологічною рисою якої є широкий розвиток трапів. Траповий вулканізм у часі сполучений із впровадженням по

зонах розламів основної магми. Диференційовані рудоносні інтрузії Норильського району являють собою глибинну галузь трапової магми. Форма інтрузивів шарувата, неправильна, коритоподібна.

Родовище Норильське приурочене до однойменного диференційованого інтрузиву шаруватої форми, витягнутому на 12 км. Потужність його коливається від 30 до 350 м, у середньому складаючи близько 130 м. У поперечному перерізі він має лінзоподібну з крутими бортами форму. Сульфідне мідно-нікелеве зруденіння представлено у вигляді вкрапленості і гніздоподібних скупчень піротина, пентландита і халькопірита. Рідше зустрічаються типові жильні тіла суцільних сульфідів, а також прожилково-вкраплене зруденіння. Найбільша потужність вкраплених руд (до 20 м) характерна для глибоких мульдоподібних прогинів підосви інтрузії. У цілому сульфідне зруденіння утворює порівняно витриманий рудний горизонт, що збігається в плані з контурами інтрузиву.

Постмагматичні родовища пов'язані з помірно-кислими гранітоїдами. Рудні тіла представлені звичайно жилами і жиліоподібними покладами. У передрудну стадію вмісні породи піддалися скарнуванню, біотитизації, турмалінізації; зруденіння супроводжувалося окварцюванням і карбонатизацією. Руди зазвичай комплексні, крім нікелю і кобальту, містять цинк, свинець, вісмут і ін.

До постмагматичного типу родовищ відносяться Ховуакси (Росія) і Дашкесан у Азербайджані, Кобальт у Канаді, Рудні гори в Чехословаччині і родовища в ФРН.

### 2.2.5. Родовища стануму (олова)

З мінералів олова промислове значення мають каситерит  $\text{SnO}_2$  і станін  $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ .

Серед родовищ олова відомі розсипні, пегматитові, грейзенові і гідротермальні генетичні типи.

*Екзогенні* родовища олова представлені винятково розсипами. Виділяються елювіальні, делювіальні, алювіальні і прибережно-морські розсипи каситериту. Найбільш поширені алювіальні і прибережно-морські розсипи. Серед алювіальних розсипів виділяються долинні, що мають найбільше промислове значення, і терасові. У розрізі заплачних відкладів річкових долин розрізняють (знизу вгору): корінні породи - плотик, галечник з концентрацією каситериту - піски і торф, представлені зазвичай алювіальними мулами.

Оловоносні розсипи відомі на Чукотці, у Примор'ї в Росії, у Малайзії, Індонезії, Таїланді, Бразилії та в інших місцях.

*Ендогенні родовища* представлені оловоносними пегматитами, грейзенами і гідротермальними жилами.



Пегматитові родовища розміщуються в крайових частинах гранітних масивів або у вісних породах на відстані до 2-3 км. Оловоносність пегматитів пов'язана з більш пізніми, накладеними процесами - альбітизацією і грейзенізацією.

Руди зазвичай комплексні, містять окрім олова тантал, ніобій, скандій і рубідій.

Грейзенові родовища пов'язані з аляскітовими гранітами і розміщуються у верхніх частинах інтрузій і у вмісних породах, утворюючи штокверки і жильні поля. Родовища утворюються під впливом високотемпературних (500-300 °С) багатоконпонентних гідротермальних постмагматичних розчинів. Відповідно формуються комплексні руди, що містять олово, вольфрам, рідкісні елементи.

До грейзенових родовищ відносяться Шерлова гора, Екут, Етика, Чапаєвське, Олонойське, Актас у Росії, Альтенбург у ФРН, Циновець у Чехії, Мауча в М'янмі й ін.

Шерловогорське родовище відоме з XVIII в. Рудне поле родовища складене палеозойськими пісковиками, сланцями і ефузивами, що прориваються інтрузивами різного складу. Глибинні розлами поділяють рудне поле на дві частини - західну, складену гранітами і граніт-порфірами Шерловогорського інтрузиву, і східну, представлену роговиками, кварцовими порфірами і їхніми брекчіями. Для західної частини характерно широкий прояв грейзенів і пов'язаних з ними вольфрамоносних жил, а для східної - олов'яне і свинцево-цинкове зруденіння штокверкового типу. Характерними мінералами грейзенових тіл є кварц, мусковіт, топаз, вольфраміт, сфалерит, молібденіт, вісмутин, арсенопірит, флюорит.

Гідротермальні родовища олова пов'язані з малими інтрузіями гранітоїдів підвищеної основності - дайками лампрофірів, діоритових і діабазових порфіритів. Рудні тіла розташовуються в масивах гранітоїдів і вмісних піщано-сланцьових товщах, і представлені головним чином жилами, рідше трубоподібними тілами. Навколожильні зміни - турмалінізація, окварцювання, серицитизація, хлоритизація, карбонатизація - проявлені досить широко. Рудні мінерали представлені каситеритом і піротином, жильні - кварцом, турмаліном, хлоритом.

До гідротермальних родовищ відносяться Депутатське, Кришталеве, Валькумей, Хапчаранга в Росії, Маунт-Бішоф в Австралії, Маунт-Плезант у Канаді й ін.

### **2.2.6. Родовища молібдену**

Найголовніший мінерал молібдену - молібденіт  $\text{MoS}_2$ .

Родовища молібдену мають в основному постмагматичне походження. Серед них виділяються скарнові, грейзенові і гідротермальні.

Скарнові родовища молібдену приурочені до вапняних скарнів, що утворюються в контакті гранітоїдів з карбонатними породами. Рудоутворення носить стадійний характер: у початковій стадії формуються скарни, збагачені шеелітом; у середній - післяскарнові метасоматити з молібденітом, у пізній - сульфіди і магнетит.

Найбільш представницьким скарновим родовищем є Тирнаузське родовище розташоване на Північному Кавказі (Росія). Родовище локалізується в сильно дислокованих і контактово-метаморфізованих карбонатних і теригенних породах середнього палеозою на контакті з гранітоїдами і жильними ліпаритами. Кварц-молібденітова мінералізація прожилково-вкрапленого типу утворює штокверки як у скарнах, так і в вмісних мармурах, і лейкократових гранітах.

До скарнових родовищ, крім Тирнауза, відносяться Каратас в Казахстані, Азегура в Марокко, Пайн-Крик у США та ін.

Грейзенові родовища утворюються в апікальних частинах масивів ліпаритових гранітів. Рудоутворення багатостадійне. Виділяються наступні основні стадії: 1) рання і пізня грейзенові; 2) кварцових і кварц-польовошпатових жил; 3) сульфідна; 4) післярудна кварц-карбонатна. Рудні мінерали представлені молібденітом і вольфрамітом, менше сульфідами, каситеритом, магнетитом.

До грейзенових родовищ відносяться Акчатау, Східний Коунрад (Казахстан), Першотравневе в Росії, Серро-Асперо в Аргентині, Югодзир у Монголії.

Гідротермальні родовища формуються в тісному просторовому і генетичному зв'язку з гранітами, граніт-порфірами, гранодіорит-порфірами, сієніт-порфірами. Рудні тіла представлені жилами і штокверками кварц-молібденітового або кварц-сульфідного складу. На гідротермальних родовищах виділяють 5-7 стадій мінералоутворення. Наприклад, на мідно-молібденових родовищах Вірменії, за даними С.К. Мовсесяна і М.П. Ісаєнко (1974 р.), виділяються наступні стадії: 1) піритова; 2) кварцова і кварц-магнетитова (450-400 °С); 3) молібденітова і молібденіт-кварцова (320-280°С); 4) кварц-піритова і тенантит-енаргітова (230-190 °С); 5) кварц-галеніт-сфалеритова; 6) доломітова і доломіт-халцедонова (150-110°С); 7) ангідрит-гіпсова (110-80°С).

До гідротермальних родовищ відносяться Каджаран (Вірменія), Шахтама та Сорське в Росії, Кляймакс у США, Кнабен у Норвегії, Ендако в Канаді й ін.

Шахтаминське родовище відкрите в 1936 р. Рудне поле родовища складене в основному магматичними породами палеозойського і мезозойського віку. Осадкові поклади займають невелику площу і

представлені нижньоюрськими піщаниками і конгломератами, зібраними в невеликі складки. Найбільш цікаве в практичному відношенні поліметалево-молібденове зруденіння зосереджено в осьовій частині Шахтаминського гранодіоритового масиву, там, де він прорваний субвулканічними тілами граніт-порфірів. За формою рудні тіла представлені жилами, зонами з прожилково-вкрапленою мінералізацією і мінералізованими дайками. Руди родовища в основному кварц-молібденові і кварц-карбонат - галеніт-сфалеритові. На родовищі виділяються 8 стадій мінералізації: 1) кварцова, 2) кварц-турмалінова, 3) кварц-хлоритова, 4) кварц-польовошпато-шеєлітова; 5) кварц-молібденітова, 6) кварц-карбонат-поліметалева, 7) кальцитова і 8) халцедонова.

### **2.2.7. Родовища вольфраму**

Основними мінералами вольфраму є вольфраміт  $(\text{Mn, Fe})\text{WO}_4$ , шеєліт  $\text{CaWO}_4$ .

Вольфрам тісно асоціює з молібденом і оловом і зустрічається в тих же генетичних типах родовищ, що і ці метали. Виділяються наступні промислові родовища вольфраму: скарнові (Інгічка, Восток-ІІ у Росії, Тирниауз, Сандонг у Південній Кореї, Пайн-Крик у США й ін.), грейзенові (Акчатау, Кара-Оба (Казахстан), Спокойнінське в Росії, Циновець у Чехії, Вольфрам-Кемп в Австралії й ін.), гідротермальні (Букука, Богуті в Росії, Корнуолл у Великобританії, Ред-Роуз у Канаді й ін.).

З корінними родовищами тісно пов'язані вольфрамітові і каситерит-вольфрамітові розсипи, що утворюються за рахунок руйнування головним чином грейзенових і гідротермальних родовищ вольфраму.

### **2.2.8. Родовища бісмуту (вісмуту)**

Мінерали вісмуту, що мають промислове значення, зустрічаються головним чином у комплексних рудах разом з вольфрамом, оловом, миш'яком або ураном. Відповідно виділяються скарнові (з вольфрамом), грейзенові (з вольфрамом і оловом) і гідротермальні (з арсеном або ураном) родовища вісмуту.

### **2.2.9. Родовища стибію (сурми)**

Найголовнішим мінералом сурми є антимоніт  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ .

Серед родовищ сурми виділяються седиментогенно-гідротермальні (стратиформні) і магматогенно-гідротермальні родовища.

Стратиформні родовища тісно пов'язані з карбонатними відкладами, перекритими сланцями. По карбонатних породах розвивається окварцювання з утворенням специфічних порід джаспероїдів, у яких розміщуються рудні тіла пласто- або лінзоподібної форми. Рудні поклади мають довжину біля перших кілометрів при потужності від декількох метрів до 40-50 м.

Основними мінералами є антимоніт і кварц; другорядні - кіновар, марказит, пірит, арсенопірит, кальцит, серицит, барит.

До стратиформних родовищ відносяться Кадамджай у Киргизії, Рибново в Болгарії, Перетта в Італії й ін.

Кадамджайське родовище розташоване в Киргизії, на північному схилі Алайського хребта. У геологічній будові району родовища беруть участь середньопалеозойські карбонатні і теригенні породи. Зруденіння локалізується в контакті нижньокам'яновугільних вапняків з тектонічно насунутими сланцями девону. Усе промислове зруденіння локалізується в роговиково-джаспероїдних брекчіях під екраном глинистих сланців девону. Основним рудним мінералом є антимоніт, другорядними - пірит, марказит, реальгар, аурипігмент, халькопірит, галеніт, сфалерит. Нерудні мінерали представлені кварцом, у малих кількостях присутні флюорит, кальцит, барит, серицит.

Гідротермальні родовища утворилися в результаті впливу на вмісні алюмосилікатні породи низькотемпературних гідротермальних розчинів, що відокремлювалися з осередків базальтоїдної магми. Рудні тіла мають жильну форму і присвячені до тектонічних або вулкано-тектонічних структур. За мінеральним складом виділяються кварц-антимонітові монометалеві сурм'яні руди і комплексні руди, що містять олово, миш'як, вольфрам, мідь, свинець, цинк і ін.

До гідротермальних родовищ відносяться Удерейське, Сарилах, Сари-Булак у Таджикистані, Пезинок у Чехії, Ездимір у Туреччині й ін.

Удерейське родовище знаходиться в Єнісейському краї (Росія). Родовище приурочене до інтенсивної зони зминання і розсланцювання серед протерозойських слабо метаморфізованих піщано-глинистих покладів. Зона простежується в північно-східному напрямку на кілька кілометрів; падіння зони круте на північний захід під кутом 75-80°. Сурм'яне зруденіння локалізується в кварцових жилах і прожилках, що пронизують вмісні сланці. У рудах, крім широко розповсюджених кварцу й антимоніту, присутні пірит, на окремих ділянках – берт'єрит, сидерит, арсенопірит. Крім того, відзначається присутність тонкодисперсного золота.

#### **2.2.10. Родовища ртуті (меркурію)**

Найголовнішими мінералами ртуті є кіновар  $\text{HgS}$  і самородна ртуть  $\text{Hg}$ .

Рідкий стан при нормальній температурі, здатність розчиняти (амальгамувати) золото, срібло, олово, кадмій, свинець, вісмут, випромінювання в пароподібному стані ультрафіолетових променів і вибуховість деяких з'єднань, обумовили різноманітне застосування ртуті в електро- і радіотехніці, у медицині.

Родовища ртуті є переважно постмагматичними низькотемпературними гідротермальними утвореннями. Відсутність на ряді родовищ ртуті ознак безпосереднього зв'язку з магматичними породами дозволяє віднести їх до амагматогенних (стратиформних) родовищ.

Стратиформні родовища розвинуті серед теригенних або карбонатних відкладень, зібраних у складчасті структури й ускладнених розривними порушеннями. Рудні тіла мають в основному шаруватоподібну форму, значну довжину при потужності від декількох метрів до 30-40 м. Мінералоутворення має стадійний характер. У передрудну стадію відбувалося окварцювання з утворенням джаспероїдів, на які накладається рудна мінералізація у вигляді антимоніту і кіноварі. Післярудна стадія характеризувалася утворенням кварц-флюорит-кальцитових прожилків.

До стратиформних родовищ відносяться Микитівка в Україні, Хайдаркан у Киргизії, Альмаден в Іспанії й ін.

Микитівське родовище відкрите наприкінці XI століття. Знаходиться воно в Донбасі і приурочене до головної Донецької антикліналі. Зруденіння розміщується в товщі середнього карбону, складеної глинистими сланцями, пісковиками, вапняками і прошарками кам'яного вугілля. Найбільш сприятливими для локалізації ртутного зруденіння виявилися потужні шари пісковиків, що піддалися дробленню в результаті складчастих і розривних порушень. За формою рудних тіл виділяються жили, лінзи і лінзоподібні тіла, рудні штокверки, шаруватоподібні поклади, гнізда. Рудні мінерали - кіновар, антимоніт, арсенопірит, пірит, марказит; нерудні - кварц, карбонати, хлорит, гідрослюда.

Гідротермальні родовища розвинуті переважно в областях сучасного або молодого вулканізму і тісно пов'язані з похідними базальтової магми. Родовища контролюються вулканічними або вулканічно-тектонічними структурами. Форма рудних тіл переважно складна. Руди мають полімінеральний склад. Серед ртутних мінералів спостерігаються кіновар і самородна ртуть.

До вулканогенних і гідротермальних родовищ відносяться Полум'яне, Чемпура, Ланське в Росії, Монте-Аміата в Італії, Ісмаїл в Алжиру, Опаліт у США й ін.

Полум'яне родовище знаходиться на Чукотці і пов'язано з вулканічним куполом крейдового віку. Родовище приурочене до великого скиду, по якому впровадилися субвулканічні тіла андезитів і розвинулися зони гідротермально змінених порід, скид є головною рудопровідною структурою. До зон окварцювання приурочені збагачені кіновар'ю ділянки. За складом руд Полум'яне родовище є сурм'яно-ртутним.

## **2.3. РОДОВИЩА БЛАГОРОДНИХ, РІДКІСНИХ, РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ І РАДІОАКТИВНИХ МЕТАЛІВ**

До благородних металів відносяться золото, срібло, платина і метали її групи - паладій, іридій, родій, осмій, рутеній. До рідкісних металів відносяться більш 30 елементів, що підрозділяються на рідкісні лужні елементи - літій, рубідій і цезій; рідкісні тугоплавкі елементи - тантал, ніобій, гафній і цирконій; легкі елементи - берилій; рідкісноземельні елементи - лантан, церій, самарій, ітрій, скандій; розсіяні елементи - германій, реній, талій, кадмій, індій, галій, селен, телур і ін. До радіоактивних елементів відносяться уран і торій.

### **2.3.1. Родовища золота**

Основним мінералом золота є самородне золото Au, а також електрум-природня суміш золота та срібла.

Золото зустрічається в різних генетичних типах родовищ, але найбільше промислове значення мають розсипні, гідротермальні і метаморфогенні родовища.

*Розсипні родовища.* У цій групі відомі алювіальні, елювіальні, делювіальні, пролювіальні і прибережно-морські розсипи, що утворюються при руйнуванні корінних родовищ у процесі їхнього вивітрювання.

*Гідротермальні родовища* золота розділяються на плутоногенні гідротермальні родовища, пов'язані з гранітоїдними батолітами і малими інтрузіями, і вулканогенні гідротермальні родовища, пов'язані з проявами вулканізму.

Типовим представником першої групи є Березовське родовище на Уралі (Росія). Рудні жили родовища зосереджені в межах дайок, що залягають серед пісковиків, сланців і туфітів середнього палеозою з присутніми серед них шаруватоподібними тілами серпентинізованих перидотитів і піроксенітів. Вмісні породи складають положисту синкліналь, розбиту скидами і прорвану дайками. Останні впроваджувалися, як установили в 1947 р. Н.І. і М.Б. Бородаєвські, у наступному порядку: плагіосіеніт-порфіри, лампрофіри, гранодіорит-порфіри, граніт-порфіри, плагіограніт-порфіри.

Рудні жили складені друзоподібним кварцом, що містить пірит, а також турмалін, шееліт, анкерит, доломіт, кальцит, халькопірит, галеніт, тетраедрит, айкініт. Виділяються чотири стадії мінералоутворення: кварцова, кварц-піритова, тетраедрит-галеніт-айкінітова і карбонатна. Рудовмісні дайки гранітоїдів перетворені в агрегат кварцу, серициту і піриту.

До плутоногенних гідротермальних родовищ відносяться, крім того, Дарасунське, Кочкарське, Джетигаринське в Росії, Колар в Індії, Бендіго в Австралії і багато інших.

Представником вулканогенних гідротермальних родовищ є Балеїське родовище в Забайкаллі. Родовище приурочене до грабену, виповненому континентальними теригенними покладами пізньої крейди і палеогенового часу потужністю до 650 м. Підстилаються ці поклади верхньоярськими конгломератами і палеозойськими гранітами. Серед осадових порід широко розвинуті малі тіла і дайки діоритових порфірів, туфів і туфобрекчій, що є продуктами нижньокрейдового вулканізму і з осередками яких зв'язується золоте зруденіння Балеїського родовища.

Рудні жили локалізовані під екрануючими зонами зминання і окварцювання. Н.В. Петровська в 1973 р. виділила наступні стадії мінералоутворення: 1) кварц-халцедонову; 2) кварц-адуляр-каолінітову; 3) кварц-карбонатну; 4) кварц-сульфідну; 5) золото-піраргіритову; 6) кварц-антимонітову.

До вулканогенних гідротермальних відносяться родовища Мужієвське в Україні, Карамкен у Росії, Крипл-Крик у США, Поркьюпайн у Канаді й ін.

*Метаморфогенні* родовища представлені унікальним родовищем метаморфізованих золотоносних конгломератів - Вітватерсранд і широко розповсюдженим типом прожилково-вкраплених золоторудних родовищ у чорносланцьових товщах.

Родовище Вітватерсранд знаходиться на території Південно-Африканської Республіки, до півдня від м. Йоганнесбурга. Родовище являє собою протерозойський дельтовий розсип, перетворений згодом процесами метаморфізму в умовах фації зелених сланців з локальним перегрупуванням рудної речовини. Рудні тіла складаються з пачок золотоносних конгломератів, розділених прошарками кварцитів.

Золотоносні конгломерати складені в основному галькою світлого кварцу, кварциту і сланцю. Цемент складається з кварцу, хлориту, біотиту, хлоритоїду, серициту, епідоту, карбонатів, вуглистої речовини і рудних мінералів.

Вміст золота в середньому складає 10 г/т, пробність його 900-935.

Золоторудні родовища прожилково-вкрапленого типу в основному приурочені до вуглецьвмісних чорносланцьових товщ докембрійського віку. Генезис прояву золоторудної мінералізації розглянутого типу дискусійний, однак більшість дослідників вважають його метаморфогенним (Я.Н. Белєвцев, В.А. Буряк і ін.). Так, на думку В. А. Буряка, у процесах метаморфізму золото виносилося з усіх літологічних різновидів порід у прогресивний етап регіонального метаморфізму і при гранітизації осадно-метаморфічних товщ. Золото виноситься з високотемпературних зон амфіболітової фації метаморфізму і накопичується в породах низькотемпературної зеленосланцевої або дозеленосланцевої фації,

концентруючись в сприятливих структурах при накладенні на регіонально-метаморфізовані породи прирозламного метаморфізму.

### 2.3.2. Родовища срібла

Найважливішими мінералами срібла є самородне срібло Ag і аргентит  $Ag_2S$  та прустит  $Ag_3AsS_3$ .

Основна частина срібла знаходиться в комплексних срібловмісних рудах гідротермальних родовищ, найбільш значними з яких є вулканогенні золото-срібні родовища. Крім того, срібло міститься в рудах свинцово-цинково-сріблястих, колчеданно-поліметалевих, скарнових, мідно-порфірових родовищах і в мідистих сланцях.

Вулканогенні гідротермальні родовища срібла приурочені до вулканічних поясів. Зокрема, поліметалеві золото-срібні родовища тяжіють до пояса палеоген-неогенових вулканічних порід Північної і Південної Америки азійської частини Тихоокеанського кільця, до внутрішньої зони Карпат у Європі й ін. Родовища розміщуються серед вулканогенних порід кислого і середнього складу зазвичай у вигляді пучків жил, що прорізають вулканічні жерла або приурочених до конічних і радіальних тріщин. У мінеральному складі рудних тіл відзначаються кварц, халцедон, опал, адуляр, карбонати, з рудних мінералів - пірит, халькопірит, арсенопірит, галеніт, сфалерит, а також срібловмісні мінерали (аргентит, стефаніт і ін.).

До вулканогенних гідротермальних родовищ срібла відносяться Пачука в Мексиці, Комсток у США, Тітосі в Японії й ін.

### 2.3.3. Родовища платини і платиноїдів

Відомо близько 50 мінералів платиноїдів. Найважливіше значення мають самородна платина, іридій і паладій; поліксен  $PtFe$ ; паладиаста платина  $PtPd$ ; іридиаста платина  $PtIr$ .

Серед родовищ платини виділяються розсипні і магматогенні (ранньо- і пізньомагматичні) родовища.

Розсипні родовища утворилися в результаті руйнування платиноносних масивів ультраосновних порід. Основне промислове значення мають пізньочетвертинні алювіальні розсипи, розповсюджені на території Росії, США, Колумбії, Заїра, Ефіопії й інших країн.

Найбільші у світі родовища платиноїдів (до 85 % світових запасів) зосереджені у Бушвельдському масиві (ПАР), де серед базитів виділяється збагачений платиноїдами шар – т.зв. «риф Меренського», що простежений практично по всій площі цього велетенського лополіту.

Ліквацийні родовища являють собою сульфідні мідно-нікелеві розшаровані інтрузії, у рудах яких, як домішки, міститься платина, паладій і родій.



Пізньомагматичні родовища платини пов'язані з масивами диференційованих ультраосновних порід. Зокрема, на Уралі родовище платиноїдів приурочене до Нижньо-Тагильського масиву, центральна частина якого складена платиноносними дунітами, а по периферії розвинуті піроксеніти і габро. Платиноїди присутні як у вигляді розсіяної вкрапленості, так і у формі гнізд хромітів з підвищеною концентрацією платиноїдів.

#### 2.3.4. Родовища рідкісних та розсіяних металів

Основними мінералами рідкісних металів є: літію- сподумен  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , літієва слюда - лепідоліт, петаліт  $\text{Li}[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$ , берилію- берил  $\text{B}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ , хризоберил  $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ , Ніобію та Танталу- колумбіт-танталіт  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6 = (\text{Fe}, \text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$ , Цирконію- циркон  $\text{ZrSiO}_4$ , баделеїт  $\text{ZrO}_2$ .

*Родовища літію.* Основним джерелом літію є мінералізовані води і гранітні пегматити. Серед мінералізованих вод розрізняються міжкристалізаційна рапа висохлих солоних озер (Салар-де-Атакама, Чилі), розсоли басейнів, які висихають, підземні розсоли, підземні води нафтових і газових родовищ і термальні води областей сучасного вулканізму.

Серед літієвих пегматитів виділяються наступні різновиди: 1) круто падаючі протяжні жильні тіла сподумен-альбітового складу; 2) пологозалягаючі тіла мікроклін-сподумен-альбітового складу; 3) потужні круті трубоподібні і лінзоподібні тіла мікроклін-сподумен-альбітового складу.

До пегматитових родовищ літію відносяться Квебек, Онтаріо в Канаді, Бікіта в Зімбабве, Лондондері в Австралії й ін.

*Родовища берилію.* Основними генетичними типами промислових родовищ є: 1) пегматитові, пов'язані з гранітами, на частку яких до останнього часу приходився практично весь світовий видобуток; 2) грейзенові, приурочені до апікальних частин гранітних куполів і порід покрівлі (Пержанське родовище, Україна); 3) плутоногенні і вулканогенні гідротермальні, пов'язані з лужними гранітоїдами і кислими ефузивами; 4) польовошпатові метасоматити, що розвиваються в зонах древніх глибинних розламів.

*Родовища танталу і ніобію.* Одним з основних джерел танталу є розсіпні родовища, серед яких виділяються делювіально-алювіальні й алювіальні розсіпи.

Серед корінних родовищ істотне значення мають гранітні пегматити, з яких тантал добувається супутньо з іншими рідкісними металами; польовошпатові метасоматити і карбонатити (Ковдор, Ловозерський масив, Росія) що є важливим джерелом одержання ніобію й інших рідкісних металів.

*Родовища цирконію і гафнію.* Основним промисловим типом родовищ цирконію є сучасні і древні морські розсіпи, широко розповсюджені в

Австралії, США, Індії, Бразилії, КНДР і КНР. В Україні присутні як розсипні цирконові розсипища .

Гафній - типовий розсіяний елемент, власних мінералів не утворює, добувається супутно з цирконієм.

*Родовища розсіяних металів.* Так само, як і гафній, ці метали (цезій, рубідій, скандій, галій, германій, селен, телур, індій, кадмій і ін.) майже не утворюють самостійних мінералів і родовищ; добуваються попутно при переробці інших корисних копалин.

Практично весь цезій одержують при переробці лепідолітових і сподуменових концентратів (літієві руди); рубідій - з калійних солей і лепідолітових концентратів; скандій - з вольфрамітових і каситеритових концентратів; галій - добувають супутньо при одержанні алюмінію з бокситів; германій - з мідно-свинцево-цинкових руд і германій вміслого вугілля і залізних руд осадового та магматогенного генезису; селен і телур - з мідних, поліметалевих і нікелевих руд; індій і кадмій добуваються з металургійного пилу і газу; що виділяються при виплавці цинку зі сфалеритових концентратів.

### **2.3.5. Родовища рідкісноземельних металів.**

До групи рідкісноземельних елементів (РЗЕ) входять: лантан (La), церій (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), прометій (Pm), самарій (Sm), європій (Eu), гадоліній (Gd), тербій (Tb), диспрозій (Dy), гольмій (Ho), ербій (Er), тулій (Tm), ітербій (Ib), лютецій (Lu), ітрій (Y) .

Ці метали називають «вітамінами промисловості», оскільки ні одна із високотехнологічних схем не працює без них. Зараз відомо біля 100 областей застосування цих елементів, зокрема: потужні магніти, каталізатори крекінгу нафти, лазери, мазери, кинескопи, люмінофори і багато ін.. Основні промислові мінерали: баснезит, паризит, монацит, ксенотим, ортит, лопарит та ін. Найбагатщі за вмістом та запасами РЗЕ-карбонатитові родовища Баянь-Обо (Китай) та Маунтін-Пас (США), які разом володіють запасами, що перевищують всі інші у світі. Важливе промислове значення мають родовища кір вивітрювання на лужних і особливо карбонатитових масивах (наприклад Араша в Бразилії), а також магматичні, зокрема розшаровані ультраосновно-лужні інтрузії із лопаритовим зруденінням.

### **2.3.6. Родовища радіоактивних металів**

*До цієї групи відносяться родовища радіоактивних металів - урану і торію.* Формально до цієї групи треба було б віднести і вісмут, який повністю складається із радіоактивного ізотопу  $^{209}\text{Bi}$ , але традиційно його вважають кольоровим металом, період його напіврозпаду надто великий ( $2.7 \cdot 10^{17}$  р.),

застосування його не пов'язане з радіоактивністю, як урану і торію, тому ми теж не будемо розглядати його в цій групі.

Уран видобувається як із самостійних уранових родовищ, так і з комплексних руд. З уранвмісних мінералів найбільше практичне значення має ураніт  $UO_2$ . Серед родовищ урану виділяються екзогенні, магматогенні і метаморфогенні родовища.

Екзогенні родовища представлені осадовими нагромадженнями урану в карбонатних, вуглисто-кременистих, фосфатвмісних породах, торфовищах, бурому вугіллі, лігнітах, твердих бітумах, а також в уламкових породах (пісках, пісковиках та конгломератах). Найбільш відомі із них – це родовища «пісковикового типу» та «типу незгідності» (канадська провінція Атабаска, Джабілука, Австралія, Хайленд, США та ін..)

Серед ендегенних родовищ виділяються пегматитові, гідротермальні плутоногенні (зокрема родовища т.зв. «п'ятиелементної формації») і вулканогенні родовища, а також альбітитові, до яких належать майже всі діючі уранові родовища України.

Серед метаморфогенних відоме унікальне комплексне мідно-золото-уранове родовище Олімпік-Дам в Австралії.

Торій не утворює самостійних родовищ і добувається супутньо з комплексних руд інших корисних копалин. Торієві і торійвмісні мінерали трапляються в пегматитах, карбонатитах, у розсипах і метаморфізованих конгломератах.

## **ЧАСТИНА 3. РОДОВИЩА НЕМЕТАЛЕВИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН**

У групу неметалевих корисних копалин входять мінеральні утворення, що не є сировиною для видобутку металу і не є горючими. Вони вживаються в народному господарстві цілком як гірська порода без порушення первинної цілісності або використовуються для добування з них визначених мінералів.

Неметалічні корисні копалини умовно розділяються на три групи: 1) хімічна сировина (апатит, фосфорит, солі, сірка, барит і ін.); 2) індустріальна сировина (алмаз, азбест, тальк, кварц, слюда, графіт і ін.); 3) будівельні матеріали (граніт, вапняк, мармур, гіпс, глина, пісок, пісковик, гравій і ін.).

### **3.1. ХІМІЧНА СИРОВИНА**

#### **3.1.1. Родовища фосфатної сировини**

Так звані агрономічні руди, що служать для одержання фосфатних добрив, відносяться до двох генетичних груп - магматичної й осадової. Перша представлена родовищами апатиту, друга - фосфоритів.

Магматичні родовища апатиту Хібінських тундр просторово і генетично пов'язані з великими масивами лужних порід. Апатитові руди складають протяжні жили і лінзоподібні горизонти у всякому боці інтрузивних тіл.

Підвищені вмісти апатиту нерідко пов'язані з рудами магматичних родовищ заліза і міді. Так, на Волковському родовищі мідно-залізо-ванадієвих руд, приуроченому до східної частини Баранчинського масиву основних порід на Середньому Уралі, апатит присутній в габро у вигляді вкрапленості разом з основними рудними компонентами: титаномagnetитом, ільменітом, халькопіритом, борнітом, халькозином і ковеліном. Місцями габро сильно збагачене апатитом, аж до утворення магнетит-апатитової руди. Вміст апатиту в рудах 6-8 %.

До найважливіших осадових фосфоритонесних покладів, у яких виявлені великі й унікальні родовища, відносяться: а) яскраво-кольорові піщано-алевроліто-мергелисті товщі крайових прогинів палеогену і неогену (Вятсько-Камський і Актюбінський басейни); б) теригенно-глиняно-карбонатні товщі молодих платформ (родовища Ашинське, Белкінське в Росії, Флориди і Північної Кароліни в США з великими покладами карстових фосфоритів); в) кременисто-доломітові товщі геосинклінальних прогинів верхнього протерозою і нижнього кембрію, до якої відносяться Каратауський

басейн у Казахстані і недавно відкритий і розвіданий басейн Джорджина в Австралії, що містить великі родовища зернисто-оолітових фосфоритів.

Новоукраїнське родовище розташоване в Актюбінській області Казахстану. Продуктивна товща складається з двох горизонтів, розділених однометровим шаром безрудного піску. Верхній горизонт потужністю близько 2 м включає чотири прошарки фосфоритів. Нижній горизонт потужністю 0,3 м лежить на розмитій поверхні пісків, що підстилають товщу.

Фосфорити галечниково-жовного і піщанистого типів. Фосфорити найчастіше складаються зі слабо розкристалізованих фосфатних стягнень, оолітів, зерен кварцу, польового шпату, опалу, глауконіту, глинистих часток, карбонатів, скріплених фосфатним, рідше кременисто-карбонатним цементом. Вміст  $P_2O_5$  у рудах складає 11-16%.

### 3.1.2. Родовища мінеральних солей

Комплекс викопних мінеральних солей, представлений в основному хлоридами і сульфатами натрію, калію і магнію, пов'язаний з галогенними відкладами.

Промислові поклади калійно-магнієвих солей зазвичай приурочені до найбільш великих за площею і потужних галогенних товщ. Такі товщі виявлені серед покладів кембрію, верхнього девону, нижньої пермі, верхньої юри - нижньої крейди і неогену.

Галогенні товщі, що вміщують родовища різних мінеральних солей, є осадовими утвореннями, у яких зазвичай переважають хімічні осадки. Їх ще називають евапорітами, тобто покладами, що виникають при випарі морської води і розсолів. Галогенні товщі підстилаються і перекриваються карбонатними або строкато-кольоровими покладами.

Серед сучасних солеродних басейнів відомі три типи: континентальний - озерний і два морських: лагунний і закритих заток (наприклад, Кара-Богаз-Гол). Для колишніх епох було характерно грандіозне соленакопичення у відкритих затоках і у внутріконтинентальних солеродних морях.

До числа великих родовищ калійних солей морського походження відноситься Верхньокамське родовище в Пермській області. На нього приходилося біля половини видобутку калійних солей у бувшому СРСР. У розрізі соленосних покладів виділяються (знизу вгору) ангідрит-карбонатна пачка, що підстилає кам'яну сіль, сильвінітова пачка, сильвініт-карналітова пачка і покривна кам'яна сіль (мал.76). Потужність кам'яної солі, що підстилає товщу, (у мм) 250-450, сильвінітової пачки 20-25 і сильвініт-карналітової 20-115.

Поклади калійних солей характеризуються простим мінеральним складом: крім сильвініту і карналіту з власне галогенних мінералів у них присутні тільки галіт, гіпс і ангідрит. Соляні породи складені галітом

(кам'яною сіллю), сильвіном, що входить разом з галітом до складу сильвініту, і карналітом, що утворює разом з галітом карналітову породу.

У порівнянні з морськими, континентальним галогенним відкладенням зазвичай властиві менші площі поширення і більша глинястість. Представлені континентальні галогенні відклади чотирма основними підтипами: хлоридним, хлоридно-сульфатним, содовим і нітратним.

Хлоридні і хлоридно-сульфатні галогенні поклади поширені в міжгірських западинах, а содовий і нітратний підтипи континентальних покладів відомі лише в областях сучасного солончаково-озерного соленакопичення. Серед континентальних соленосних покладів відомі об'єкти великого солевидобутку в Донбасі, Прикаспії (Ілецк), Закарпатті (Солотвіно) і Закавказзі (Аван). Крім того, із соленосними покладами пов'язані величезні ресурси ангідритової (гіпсового) і карбонатної сировини.

### **3.1.3. Родовища сірки**

Сірка в природі поширена переважно у вигляді сірчистих і кисневих з'єднань, представлених сульфідами і сульфатами, а також є присутньою у природних газах, нафті і водах деяких мінеральних джерел, входить до складу білків і утримується в організмах тварин і рослин. Лише невелика частина сірки зустрічається в самородному вигляді, але саме вона має головне промислове значення, тому що видобувається найбільш просто і дешево.

Усі найбільші осадові родовища сірки є інфільтраційно-метасоматичними. Вони утворюються епігенетично, за рахунок сульфату кальцію (ангідриту, гіпсу) материнських галогенних товщ і є продуктом заміщення цих сульфатів новоутвореннями сірки і кальцію (родовища Прикарпаття, Середнього Поволжя, Середньої Азії й ін.).

Усі відомі родовища вулканічної сірки розвинуті в областях молодого і сучасного вулканізму (п-ів Камчатка, Курильські острови, Японія). Утворення основної маси сірчаних родовищ пов'язано тут з гідротермальними процесами, що обумовили утворення сірки серед вторинних кварцитів (опалітів).

## **3.2. ІНДУСТРІАЛЬНА СИРОВИНА**

### **3.2.1. Родовища алмазів**

Усі відомі корінні родовища алмазу пов'язані з кімберлітами та лампроїтами, що являють собою похідні ультраосновної магми і утворюються в платформних умовах. Вони широко розвинуті на Сибірській, Африканській, Північно- та Південноамериканській, Індійській та інших платформах. Кімберліти утворюють переважно трубки вибуху (діатреми),

рідше – дайки. Трубки вибуху виповнені еруптивною брекчією, що складається з уламків (або включень) і магматичної маси. Первинний мінеральний склад останньої був істотно олівіновим. Порфірові вкрапленики представлені олівіном, основна маса - олівіном, піроксенном і флогопітом, перетвореними в агрегат серпентину, хлориту і карбонату.

Крупні родовища алмазів розташовуються на території Якутії. Тут у 1954 р. відкрите корінне родовище алмазів - кімберлітова трубка "Зарниця". В даний час у межах Сибірської платформи відкрито багато кімберлітових тіл, частина з яких алмазоносні.

Наприклад, трубка "Удачна" відкрита в 1955 р. Кімберліти трубки представлені трьома різновидами: кімберлітовою брекчією, кімберлітами базальтового складу і кімберлітами приконтрактової зони. У брекчії зустрічаються у великій кількості включення вапняків, доломітів, аргілітів, метаморфічних порід. Розмір включень коливається від часток міліметра до 0,5 м. Кімберліти базальтового складу являють собою щільну породу порфіровидної будови від темно-зеленого до чорно-зеленого кольору. У породі зустрічаються у великій кількості уламки свіжого олівіну. Освітлені і пухкі породи проміжної зони дуже сильно змінені гідротермальними процесами, пронизані густою мережею жил і прожилків кальциту і гіпсу й озалізнені. До складу кімберлітів входять алмаз, олівін, піроп, піроксени, хроміт, магнетит, графіт, гранати та ін. Алмаз присутній у вигляді ізольованих, добре виражених кристалів і їхніх уламків.

Осадкові алмазоносні породи представлені переважно грубоуламковими різновидами - галечниками, гравелітами, конгломератами, приуроченими до нижніх горизонтів різновікових теригенних товщ.

Найбільшу практичну цінність мають поліміктові континентальні алмазоносні товщі четвертинного віку. З ними пов'язана переважна більшість розсипних родовищ промислового значення.

### **3.2.2. Родовища азбесту**

Азбестами іменуються мінерали, які легко розщеплюються на найтонші міцні і гнучкі волокна. Розрізняють дві групи азбестів: хризотил-азбест і амфібол-азбест. На долю хризотилу-азбесту приходиться близько 95 % усього видобутку і споживання азбестів.

Родовища хризотилу-азбесту складають дві групи. У першу входять родовища в ультраосновних магматичних породах, у другу - родовища в магнезіальних карбонатних породах. Найважливіше значення для народного господарства має перший тип родовищ хризотилу-азбесту. Родовища цього типу приурочені до частково серпентинізованих ультраосновних масивів і характеризуються значними розмірами азбестових покладів, що облямовують перидотитові ядра. Руди представлені простими і складними облямованими

жилами, великою і дрібною сітками жил, складними (без облямівок) жилами в серпентинітах. Хризотил-азбестизація, за даними К.К. Золоева, є однією зі стадій процесу гідротермального метаморфізму ультраосновних порід, пов'язаного з впливом на останні постмагматичних розчинів. Великі родовища хризотилу-азбесту в Росії: Баженовське, Джетигаринське, Іст-Броутон у Канаді, Лоуелл у США й ін.

Баженовське родовище розташоване безпосередньо в районі м. Азбесту, у 57 км на північно-захід від Свердловська. Родовище приурочене до однойменного масиву ультраосновних порід. Цей масив пронизаний численними жилами гранітів. У результаті процесів метаморфізму ультраосновні породи серпентинизировані, карбонатизировані й отальковані. У серпентинітах розвинуті жили азбесту, що у сукупності утворюють азбестові поклади, які мають концентрично-зональну будову, навколо перидотитових ядер масиву.

Родовища другої групи приурочені до ділянок розвитку магнезійальних карбонатних порід (доломітів і доломітизованих вапняків), прорваних інтрузіями кислого або основного складу. Руди представлені одиночними жилами або серіями рівнобіжних жил іноді значної довжини. Родовища зазвичай невеликі, однак руди їх містять малозалізистий азбест. Завдяки низькій електропровідності такий азбест незамінний у деяких областях промисловості.

Родовища антофіліт-азбесту залягають у метаморфізованих ультраосновних породах. Антофіліт-азбест розвивається у високомагнезійальних ультраосновних породах, що відповідають за початковим складом перидотитам і дунітам. Вони легше піддаються метасоматичним перетворенням в умовах привносу кремнезему і двоокису вуглецю в порівнянні з іншими породами. Геологічна позиція родовищ антофіліт-азбесту, за даними Г.А. Кейльмана, визначається приуроченістю їх до складно- і глибокометаморфізованих гнейсово-мігматитових комплексів.

Наприклад, азбестоносні тіла Терсутського родовища що розташоване в 20 км на захід від м. Сисерть Свердловської області, складаються в різному ступені серпентинізованими, оталькованими й антофілітизованими дунітами і перидотитами. Найбільшим розвитком користуються тальк-карбонат-антофілітові і тальк-антофілітові породи, що утворюють поклади потужністю від декількох метрів до 120 м. Антофіліт-азбестове зруденіння приурочене в основному до найбільш змінених порід.

### **3.2.3. Родовища тальку**

Тальквмісні породи досить поширені в природі. Деякі їхні різновиди містять тальк (зазвичай в асоціації з карбонатами, хлоритом, тремолітом,



серпентином) у кількості, достатній для його промислового добутку (більш 35-40 %).

Ультраосновні породи, за рахунок яких утворюються талькові і тальк-карбонатні породи, зазвичай залягають серед слабо метаморфізованих теригенно-осадових товщ, складених філітовими, вуглисто-філітовими, кременистими, серицито-кварцовими, карбонатно-кварцовими й іншими метаморфічними сланцями, що представляють віддалене обрамлення мігматитових комплексів.

Наприклад, відоме Шабровське родовище тальк-магнезитового каменю на Уралі приурочене до смуги метаморфізованих осадово-вулканогенних порід ордовіку і силуру, що вміщують шаруватоподібні тіла основних і ультраосновних порід. Вмісні породи складають Шабровську грабен-синкліналь, розташовану на північному фланзі Сисертського мігматитового комплексу, і представлені кременистими, філітовими, слюдисто-кварцовими сланцями і мармурами. Основні й ультраосновні породи, що залягають згідно із вмісними сланцями, і вапняками, представлені піроксенітами, дунітами і габроїдами. У результаті регіональних і локальних метаморфічних і метасоматичних процесів ці породи перетворені в серпентиніти, талько-магнезитові, хлорито-магнезитові, талькові і хлоритові породи.

Шабровське родовище являє собою складну за формою, витягнуту згідно з вмісними породами, поклад, що має круте падіння, у загальному згідне з падінням вмісних порід. Складна форма покладу обумовлена розгалуженням на два тіла, названих Старою і Великою лінзами, які зливаються в південно-східній частині родовища, утворюють Нову лінзу. Рудний поклад має довжину 2,5 км при потужності 200-350 м.

#### **3.2.4. Родовища слюд**

Із мінералів групи слюд практичне застосування мають мусковіт і флогопіт.

Усі промислові родовища крупнолистуватого мусковіту розташовуються в гнейсово-мігматитових комплексах. Головна маса великих кристалів мусковіту знаходиться в пегматитах або пегматоїдних утвореннях, що представляють собою перекристалізовані мігматити. Відомі випадки, коли великі кристали мусковіту розташовуються в жильних гранітах і гнейсах, що свідчить про накладений характер основного ослуденіння. Положення слюдоносних зон у мігматитових комплексах контролюється проявом високотемпературного метаморфізму, що є повторним стосовно раннього, ще більш високотемпературному метаморфізму. Слюдоутворення відбувається метасоматичним шляхом в умовах підвищеної кислотності, характерних для зон тектонічного стиску. Крупнокристалічний

мусковіт у пегматитах і в вміщуючих породах, утвориться за рахунок збірної перекристалізації дрібнолускуватого мусковіту, розкладання і гідролізу плагіоклазу в умовах орієнтованого тиску.

Більшість родовищ мусковіту в СРСР знаходиться в південно-східній частині Сибіру (басейни річок Мама, Вітима й ін.), у Карелії, а також на Уралі.

Слюдяногірське родовище знаходиться на горі Слюдяний, у Челябінській області. Район родовища складається глибокометаморфізованими породами раннього докембрія, серед яких широко розвинуті мігматити, що переходять при перекристалізації в пегматити. З 100 виявлених на родовищі пегматитових жил до слюдоносного відносяться 30.

Родовища флогопіту представлені двома генетичними типами. Перший тип родовищ флогопіту - скарновий - утворився на контактах вапняно-доломітових порід із гранітоїдами. Родовища цього типу знаходяться в Східному Сибіру (Слюдянка, Алдан). Другий тип флогопітових родовищ пов'язаний з комплексом ультраосновних - лужних порід, що розвиваються в платформних умовах у процесі метасоматичної зміни ультраосновних порід з утворенням флогопіту під впливом постмагматичних розчинів лужних інтрузій. Представниками цього типу є Ковдорське і Гулинське карбонатитові родовища.

### 3.2.5. Родовища кварцу

Кварц - один з найбільш розповсюджених мінералів у земній корі. Найбільшу цінність має прозорий крупнокристалічний кварц - гірський криштал, який застосовується як п'єзооптичний матеріал.

Серед промислових родовищ кварцу виділяють наступні генетичні типи: пегматитові, гідротермальні, розсипні.

Пегматитові тіла з кристалами кварцу характеризуються наявністю відособленого кварцового ядра, що займає іноді значну частину обсягу жильного тіла. В окремих випадках спостерігаються переходи від пегматитів до кварц-польовошпатових і істотно кварцових жил. Кристали кварцу зустрічаються в порожнинах, названих кришталевосними гніздами, заноришами, льохами.

Формування криштелевоносних гнізд відбувається, очевидно, не в одну стадію. Просторові і генетичні гідротермальні криштелевоносні жили пов'язані з зонами прояву метаморфізму, сполученого з гранітоутворенням.

При руйнуванні корінних родовищ гірського кришталю, він завдяки високій твердості і міцності переходить в розсипи, утворюючи в ряді випадків промислово-коштовні вторинні родовища.

В останні роки в сферу промислового використання залучений ще один різновид кварцової сировини - гранульований кварц. Дослідженнями Г.Н. Вертушкова, Г.А. Кейльмана, В.І. Якшина та ін. встановлено, що гранульований зернистий жильний кварц, пов'язаний із гнейсово-мігматитовими комплексами і звільнений від шкідливих домішок, може замінити дефіцитний гірський кришталь при виробництві високоякісного кварцового скла. В даний час родовища і прояв гранульованого кварцу виявлені на Середньому, Південному Уралі, у Казахстані й інших регіонах. Поки єдиним промисловим з них є Киштимське родовище, розташоване в межах Уфалейського гнейсово-мігматитового комплексу на Середньому Уралі.

### 3.2.6. Родовища графіту

Відомі три генетичні групи родовищ цієї сировини – магматогенні, контактово-метаморфізовані і власне метаморфічні.

Контактово-метаморфізовані родовища аморфного графіту розміщуються серед вугленосних покладів поблизу контактів гранітних інтрузій або трапових лав. Наприклад, Боевське родовище аморфного графіту на Уралі залягає серед вуглисто-кварц-серицитових сланців і приурочене до східного екзоконтакту Коневсько-Карасьовської гранітної інтрузії.

Іншим прикладом може служити Курейське родовище, генетично пов'язане із шарами кам'яного вугілля Тунгуського басейну в Красноярському краї. Кам'яні вугілля палеозойського віку піддалися сильному контактному метаморфізму під впливом трапових лав, у результаті чого відбулося утворення графіту

Метаморфогенні родовища гнейсово-сланцевих комплексів найбільш розповсюджені, у них нерідко можна бачити всі різновиди твердих мінеральних виділень вільного вуглецю - від вуглистої речовини до крупнолускуватого графіту. Промислово-цінним вважається явнокристалічний, лускатий різновид графіту, використовуваний в електротехніці, хімічній, металургійній і інших галузях промисловості.

Типовим представником родовищ крупнолускуватого графіту є Тайгінське родовище, розташоване в центральній частині Сисертсько-Ільменогорського комплексу на Уралі.

У районі родовища графітоносними в тому або іншому ступені є самі різноманітні породи: біотитові, біотит-амфіболові, амфіболові гнейси і слюдисті кварцити. У приконтактних частинах пегматитів, що залягають у графітвмісних гнейсах, також спостерігаються лусочки графіту у зрощенні з

мусковітом і біотитом. Промислово ж цінність представляють лише біотитові графітвмісні гнейси.

Потужність графітвміщуючих прошарків і шарів варіює в межах від 5 до 130 м. Графіт у гнейсах має форму подовжених або округлих лусочок, звичайно з нерівними краями. Розміри лусочок у поперечнику - від часток міліметра до 1 - 1,5 мм, рідше 4-5 мм, товщина 0,03-0,1 мм. Графіт часто асоціює з біотитом, серицитом і хлоритом, а в амфіболових гнейсах - із зернами рогової обманки. Крупне родовище високоякісного графіту знаходиться в Середньому Побужжі Українського щита – в біотитових гнейсах т.зв. «бузької серії». Родовище довгий час експлуатувалося, зараз частково законсервоване.

### **3.3. БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ**

До будівельних матеріалів відносяться корисні копалини, використовувані в багатьох галузях народного господарства в якості природних будівельних каменів (гірські породи з високими міцними властивостями - граніти, кварцити і т.д.), для виробництва цегли, цементу, посуду, глинистих розчинів (пемза, перліти, глинисті породи), в'язучих речовин (вапняки, гіпси й ангідрити), у хімічній, нафтовій промисловості (каоліни, бентоніти, діатоміти, трепели й опоки), для каменелитварного виробництва (базальти, діабази), при будівництві доріг (пісок, гравій, щебінь) і ін.

#### **3.3.1. Родовища будівельного каменю**

Природними кам'яними матеріалами, придатними для одержання буту і щебеню для бетону і дорожнього будівництва, для нарізки лицювальних плит та ін., є в основному вивержені гірські породи - граніти, сієніти, порфірити, габро й ін. Як будівельний матеріал використовуються також осадові карбонатні породи (мармури, доломіти, вапняки). Особливо багатим на різноманітні родовища гранітів є древні щити, в тому числі і Український. Тут видобувають більш як 30 різновидів гранітів, габро, анортозитів та лабрадоритів різного кольору в основному палеопротерозойського віку.

Присутні на території щита і родовища мармурів (Гнилецьке, Негребівське). Мармур Негребівського родовища, що знаходиться в Житомирській області, грубозернистий, білий, ділянками сніжнобілого фарбування, досить монолітний. Моноліти, що нерідко добувалися, мали розміри 20-30 м<sup>3</sup>. Високі технічні властивості мармуру в зв'язку з великою монолітністю забезпечують його широке застосування для архітектурно-

будівельних цілей, в електротехніці, для виготовлення різних технічних і господарських виробів, але на даний час родовище законсервоване.

### **3.3.2. Родовища цементної сировини, гіпсу й ангідриту**

Як цементну сировину використовуються вапняки, мергелі, опоки, глини, широко розвинуті в товщах осадових порід різного віку, починаючи від найдавніших верхньопротерозойських до наймолодших четвертинних відкладів. Практично запаси їх невичерпні. У зв'язку з цим пошуки нових родовищ цементної сировини в основному визначаються не особливостями природного розміщення сировини, а умовами економіки і географії його споживання.

Родовища гіпсу й ангідриту, використовуваних як в'язучі речовини, для одержання будівельних, формувальних, медичних і виробних матеріалів, належать до осадових утворень, і тільки незначна частина родовищ гіпсу відноситься до групи родовищ вивітрювання. Гіпс у родовищах осадового типу є вторинним утворенням, що виникає в результаті гідратації ангідриту ґрунтовими водами.

Гіпс і ангідрит широко розвинуті на західному схилі Уралу, основна маса їхніх родовищ приурочена до потужної гіпс-ангідритової товщі пермського віку, що простягається широкою смугою (40-60 км) уздовж західного схилу Уралу від Верхньопечорського Приуралля до Каспійського моря, часто утворюючи високі скелясті відслонення. На території України великі прояви гіпсових покладів знаходяться у Передкарпатті. Часто в них утворюються карстові печери, що іноді сягають рекордних протяжностей (десятки кілометрів)

### **3.3.3. Родовища глин**

Глини, як корисні копалини, є однією з найпоширеніших різновидів осадових порід.

Гідрослюдисті глини і глини строкатого мінерального складу, що не є вогнетривкими, застосовуються для виготовлення грубої кераміки (будівельна цегла, черепиця й ін.), а також в цементній промисловості.

Каоліни і каолінітові глини зустрічаються відносно рідко, являють собою цінні корисні копалини. Вони необхідні для керамічної (фарфоро-фаянсової), вогнетривкої, паперової, гумової, миловарної, косметичної та інших галузей промисловості.

Глини монтморилонітової групи раніше називалися сукновальними в зв'язку з їхнім застосуванням для знежирення сукна. Крім того, вони використовуються в нафтовій промисловості для очищення нафтопродуктів, у харчовій промисловості для очищення рослинних олій, тваринних жирів,

оцту, вин і фруктових соків. Широке застосування монтморилонітові глини знаходять для приготування глинистих розчинів, необхідних для проходження свердловин.

Глини утворюються в різноманітних фізико-географічних умовах. Гідрослюдисті глини поширені як у континентальних, так і в морських покладах. Каолінітові глини типові в основному для континентальних покладів, формуються переважно в корі вивітрювання. Монтморилонітові глини в більшості випадків є продуктами підводного вивітрювання (гальміроліза) вулканічного попелу, однак виникають і на суші при вивітрюванні основних порід.

### Література до 1 розділу

1. Вельмер Ф.В. Экономические оценки месторождений. – Киев: Логос, 2001. – 200с.
2. Виноградов Г.Ф., Гелета О.Л., Грінченко О.В. та інші. Неметалічні корисні копалини України. – К.: ВПЦ “Київський університет”, 2003. – 220с.
3. Гурский Д.С., Есипчук К. Е., Калинин В. И. И др. Металлические полезные ископаемые. Киев – Львов: „Центр Европы”, 2005. – 785с.
4. Еремін Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. Москва. ИКЦ «Академкнига» 2007. – 459 с.
5. Курс месторождений полезных ископаемых. / А.Г. Бетехтин, А.С. Голиков, В.Ф. Дыбков и др. – М.: Недра, 1964. – 590с.
6. Лазаренко Є.К. Курс мінералогії. Львів: Видавництво Львівського університету, 1959. Ч.1 та II. – 623с.
7. Металічні корисні копалини України: Підручник / В.А.Михайлов, В.І.Шевченко, В.В.Огар та ін. – К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2007. – 463с.
8. Павлишин В.І., Матковський О.І., Довгий С.О. Генезис мінералів. Київ: КНУ, 2003. – 456с.
9. Серебро. Геология, минералогия, генезис, закономерности размещения месторождений. М.: Наука, 1989. 366с.
- 10.Синяков В.И. Основы теории рудогенеза. – М: Недра, 1987. – 287с.
- 11.Смирнов В.И., Гинзбург А.И., Григорьев В.М. и др. Курс рудных месторождений. – М: Недра, 1986. – 360с.
- 12.Смирнов В.І. Геологія корисних копалин. – Київ: Вища школа, 1995. – 268с.
- 13.Старостин В.И.,Игнатов П.А. Геология полезных ископаемых. МоскваЮ Академический проект, 2006, – 512 с.
- 14.Татаринов П.М. Условия образования рудных и нерудных полезных ископаемых. М.Недра. 1975. – 379с.
- 15.Фор Г. Основы изотопной геологии. М., Мир, 1989. – 438с.

16. Формы геологических тел (терминологический справочник). Под ред. Ю.А.Косыгина, В.А.Кулындышева, В.А. Соловьева. – М.: Недра, 1977. – 246с.
17. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. М. Недра, 1998. – 555с.
18. Шахов Ф.Н. Текстуры руд. – М: Изд-во АН СССР, 1961. – 264с.
19. Шнюков Е.Ф., Белодед Р.М., Цемко В.П. Полезные ископаемые Мирового океана – Киев: Наукова думка, 1979. – 159 с.
20. Шумилова Т.Г. Минералогия самородного углерода. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2003. – 315 с.
21. Щербань И.П. Рудоносные околожильные метасоматиты. – К.: Либідь, 1996. – 352с.

## РОЗДІЛ 2

### ПОШУКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Головна мета пошукових робіт – виявлення і попередня оцінка промислових родовищ. Рішення цієї задачі досягається при виконанні комплексу робіт, проведених у певній послідовності.

Основою для здійснення пошукових робіт є сукупність сприятливих геологічних даних, що визначають можливість виявлення тих або інших родовищ у районі, що досліджується. Пошуки родовищ базуються на досягненнях різних галузей геологічної науки. Основою пошуків є геологічні карти, що відбивають будову та історію геологічного розвитку земної кори. Без всебічного вивчення геологічної будови району неможливе проведення науково обґрунтованих пошукових робіт.

Приставаючи до пошуків родовищ корисних копалин, необхідно ясно уявити мету: що, де і як шукати? Шукати треба промислові типи родовищ у сприятливих геологічних умовах сучасними пошуковими методами. Насамперед необхідно визначити перспективні території для проведення пошукових робіт. Такі території виділяються за геологічними даними на підставі геологічних карт масштабу 1:200000 – 1:50000 з урахуванням результатів регіональних геофізичних і геохімічних робіт. Щоб виявити мінеральні скупчення, що вказують на можливе існування промислового родовища, на перспективній площі необхідно виконати широкий комплекс досліджень. Безпосередньо вдається виявити лише ті скупчення корисних копалин, які в корінному заляганні або в розсипах відслонені на денній поверхні. Однак, більша частина території нашої країни покрита пухкими відкладами. Для виявлення проявів корисних копалин під покривом рихлих порід проводяться геофізичні та геохімічні дослідження, за допомогою яких визначаються ділянки підвищеної концентрації корисних мінералів або елементів. Потім на цих досить невеликих площах закладаються гірничі виробки або свердловини, що дозволяють виявити мінеральні скупчення, перспективні для подальшого вивчення.

Корисні копалини, що мають фізичні властивості, різко відмінні від навколишнього середовища (магнітність, радіоактивність, електропровідність, густина), можуть виявлятися за допомогою відповідних геофізичних методів. У таких випадках на початкових етапах пошуків фіксуються ті або інші геофізичні аномалії; потім у межах аномальних



ділянок проводяться роботи, спрямовані на виявлення скупчень мінеральної сировини. Для виявлення корисних копалин, що не виходять на поверхню, і залягають на значній глибині, так званих «сліпих» покладів, доводиться бурити досить глибокі пошукові свердловини або проходити підземні гірничі виробки. Ділянки для глибинних пошуків визначаються на підставі аналізу геологічних карт, геофізичних і геохімічних аномалій, що дозволяють за сумою даних передбачати сховані на глибині корисні копалини.

Для найбільш повного виявлення родовищ корисних копалин застосовується геологічна зйомка з комплексом пошукових методів, що дозволяє з'ясувати геологічну обстановку в даному районі і виявити максимум проявів корисних копалин. Сутність комплексних пошуків родовищ корисних копалин полягає в тому, щоб застосувати в певних геологічних умовах і з урахуванням геоморфологічних умов усі доцільні методи для виявлення корисних копалин у даному районі.

На сучасному етапі розвитку технічного прогресу більшість промислових родовищ, у першу чергу рудних, що виходять на поверхню, у геологічно вивчених районах практично відкриті. Тому з особливою гостротою встає питання застосування методів, що дозволяють виявляти родовища на значних глибинах. До таких методів відносяться геофізичні і геохімічні, а також глибинне геологічне картування.

Геологи-нафтовики проводять пошуки родовищ на глибинах до 5-6 км, а в межах багатих нафтоносних провінцій дослідження проникають до глибини 8-9 км. Пошуки родовищ твердих корисних копалин доцільні до глибин, на яких ведеться їхня розвідка і розробка. Так, розвідка і експлуатація вугільних родовищ і виковних солей проводиться до глибини 1000-1500м. Розвідка ж більшості металевих корисних копалин ведеться до глибини 500 м, і тільки в окремих випадках для родовищ золота і алмазів вона збільшується до глибин 1-3 км і більше. Наприклад, видобуток золота на унікальному родовищі Колар в Індії ведеться в цей час на глибині близько 3500м.

При пошуках важливо не тільки виявити корисну копалину, але і дати її геолого-економічну оцінку. Зазвичай, з 200 рудопроявів тільки один має промислове значення. Поняття «промислове» або «непромислове» родовище є умовним, тому що воно залежить від вимог, які висуваються до мінеральної сировини. Ці вимоги змінюються з розвитком техніки, технології переробки, в результаті чого непромислове родовище у майбутньому може стати промисловим.

Але, на початку геологорозвідувальних робіт інформація про корисні копалини району, що досліджується, є мінімальною. Тільки у процесі подальших пошукових досліджень і деталізації розвідки можна отримати

більш менш повні і надійні дані про родовище. Тому стадійність геологорозвідувальних робіт є обов'язковою. Кожна стадія повинна відповідати певному ступеню вивченості родовища, роботи кожної наступної стадії спираються на результати попередньої. Хоча в різних країнах Світу стадії геологорозвідувальних робіт можуть мати різні назви, але принцип послідовних наближень шляхом переходу від дрібно-, середньомасштабних робіт до більш детальних, виконується завжди.

В Україні стадії геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини визначені згідно Наказу Геолкому України від 15.02.2000р.

Геологорозвідувальні роботи – комплекс спеціальних робіт і досліджень, що здійснюються з метою геологічного вивчення надр.

Геологорозвідувальний процес – сукупність послідовно і цілеспрямовано здійснюваних дедалі більш детальних геологорозвідувальних робіт з картування, прогнозування, виявлення і геолого-економічної оцінки дедалі більш локальних продуктивних ділянок надр методом послідовних наближень від рудних районів до рудних покладів.

Стадія геологорозвідувальних робіт – частина геологорозвідувального процесу, що визначається притаманними їй об'єктами геологічного вивчення, цілями та методами геологорозвідувальних робіт, вимогами до їхніх кінцевих результатів.

### ***Стадії геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини***

Геологорозвідувальні роботи на тверді корисні копалини проводяться за такими стадіями:

Стадія I. Регіональне геологічне вивчення території України.

Підстадія I-1. Регіональні геолого-геофізичні дослідження масштабу 1:1000 000 - 1:500 000.

Підстадія I-2. Регіональні геологозйомочні, геофізичні та геологопрогнозні роботи масштабу 1:200 000 1:100 000).

Підстадія I-3. Геологозйомочні та геологопрогнозні роботи масштабу 1:50 000 (1:25 000).

Стадія II. Пошук та пошукова оцінка родовищ корисних копалин.

Підстадія II-1. Пошукові роботи.

Підстадія II-2. Пошуково-оцінювальні роботи.

Стадія III. Розвідка родовищ корисних копалин.

**Стадія I. Регіональне геологічне вивчення території України**

*Підстадія I-1. Регіональні геолого-геофізичні дослідження масштабу 1:1 000 000 - 1:500 000*

Регіональні геолого-геофізичні дослідження проводяться з метою створення нових або оновлення існуючих геологічних основ масштабу 1:1000 000 - 1:500 000, які відображають найважливіші риси геологічної будови

території України або окремих її регіонів і загальні закономірності розміщення корисних копалин.

До складу цих робіт входить узагальнення наявних даних на родовищах та рудопроявах корисних копалин, а також результатів геохімічних і металогенічних досліджень в окремих геологічних регіонах країни, переінтерпретація всього мінерагенічного фактичного матеріалу з позицій сучасних уявлень про геологічну будову території країни і розвиток процесів рудоутворення.

*Підстадія I-2.* Регіональні геологозйомочні, геофізичні і геологопрогнозні роботи масштабу 1:200 000 (1:100 000).

Регіональні геологозйомочні та геофізичні роботи проводяться з метою створення державної геологічної карти масштабу 1:200 000 (Держгеолкарта-200) – базової комплексної геологічної основи для розв'язання актуальних питань розвитку різних галузей народного господарства, планування освоєння природних ресурсів, розвитку мінерально-сировинної бази, розробки науково обґрунтованих програм геологорозвідувальних робіт.

Висвітлення корисних копалин району зводиться до критичної переоцінки пошукових результатів раніше виконаних геологорозвідувальних робіт на основі сучасних теорій і технологій, а також уточнених уявлень про геологічну будову району.

*Підстадія I-3.* Геологозйомочні та геологопрогнозні роботи масштабу 1:50 000 (1:25 000).

Основним завданням геологорозвідувальних робіт цієї підстадії є забезпечення зацікавлених галузей народного господарства систематизованою інформацією про геологічну будову району – комплектом геологічних карт крупного масштабу як науковою основою для проведення подальших еколого-геологічних, гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень, прогнозу та пошуку корисних копалин, проектування крупних об'єктів будівництва та охорони довкілля.

Для забезпечення максимальної результативності робіт даної підстадії виконується обробка результатів дистанційних зйомок (аерофотозйомка, радіолокаційна), переінтерпретація геофізичних матеріалів, узагальнення даних геохімічних робіт та ув'язка виділених ореолов розсіювання з попередніми геолого-геофізичними побудовами, проведення стратиграфо-літологічних, петрографічних, мінерагенічних та інших досліджень за матеріалами раніше виконаних робіт.

**Стадія II.** Пошук та пошукова оцінка родовищ корисних копалин.

*Підстадія II-1.* Пошукові роботи. Пошукові роботи проводяться з метою виявлення корисних копалин у межах відомих і потенційних рудних

полів, зон, басейнів, локальних перспективних ділянок надр, виділених попередніми геологозйомочними, геологопрогнозними та іншими геологорозвідувальними роботами.

Пошук родовищ твердих корисних копалин має спеціалізований характер і націлений на виявлення конкретних геолого-промислових типів родовищ корисних копалин, притаманних наявним геологічним умовам, що проявлені у межах об'єктів опошукування. При цьому належить проводити геологічні дослідження також на супутні корисні копалини і компоненти, які можуть бути виявлені в даних геологічних умовах.

Масштаб пошукових робіт і, відповідно, щільність мережі пошукових спостережень, замірів і випробувань визначаються розмірами передбачуваних об'єктів пошуку та геологічною будовою району і можуть змінюватись від 1:25 000 до 1:5 000. У процесі пошукових геологорозвідувальних робіт проводяться пошуково-геологічні маршрути, спеціалізоване детальне геологічне картування з бурінням свердловин і проходкою поверхневих гірничих виробок та використанням типового раціонального комплексу геологічних, геофізичних, геохімічних та інших пошукових методів.

На ділянках з найбільш контрастно і комплексно проявленими пошуковими ознаками та проявами корисних копалин вибірково проводяться деталізаційні роботи із згущенням сітки спостережень до розмірів продуктивних покладів даного геолого-промислового типу зруденіння. Виявлені прояви корисних копалин детально опробуються, поглиблено вивчається їх речовинний склад і оцінюються технологічні властивості. Для пошуку корисних копалин, що прогнозуються на значних глибинах, буряться глибокі свердловини, які досліджуються комплексом відповідних свердловинних і міжсвердловинних геофізичних робіт.

За результатами виконаних пошукових робіт опрацьовується геологічно обґрунтована оцінка перспективних ресурсів; виконується початкова геолого-економічна оцінка (**ГЕО-3**) ділянок потенційних родовищ, рудопроявів, розробляються техніко-економічні міркування (**ТЕМ**) щодо їх можливого промислового значення і доцільності проведення подальших геологорозвідувальних робіт.

#### *Підстадія II-2. Пошуково-оцінювальні роботи.*

Об'єктами пошуково-оцінювальних робіт можуть бути: потенційні родовища корисних копалин, перспективні ділянки надр, прояви корисних копалин, що рекомендовані для подальших геологорозвідувальних робіт на основі **ГЕО-3**.

Головними завданнями пошуково-оцінювальних робіт є відбракування проявів корисних копалин, що не придатні для промислового використання,

попередня геолого-економічна оцінка (**ГЕО-2**) промислового значення відкритих родовищ корисних копалин і доцільності їх промислового освоєння, підготовка першочергових об'єктів до проведення розвідувальних робіт.

Підготовленими для проведення розвідувальних робіт вважаються родовища (ділянки, групи зближених родовищ), ступінь геологічного і техніко-економічного вивчення яких забезпечує можливість визначення всіх корисних копалин і компонентів, очікуваних розмірів покладів, їх геологічної будови, умов залягання, розробки і переробки мінеральної сировини, умов реалізації товарної продукції з детальністю, достатньою для правильної оцінки їхнього промислового значення.

Матеріали **ГЕО-2** відкритого родовища корисних копалин у формі техніко-економічної доповіді (**ТЕД**) подаються на розгляд замовнику геологорозвідувальних робіт або на апробацію **ДКЗ** України для зарахування до резерву державного фонду родовищ корисних копалин.

### **Стадія III. Розвідка родовищ корисних копалин**

*Розвідка* проводиться тільки на тих родовищах (ділянках) корисних копалин, які отримали позитивну **ГЕО** за результатами попередніх геологорозвідувальних робіт і визнані першочерговими для промислового освоєння.

Об'єктами розвідувальних робіт можуть бути попередньо розвідані родовища корисних копалин, що рекомендовані до розвідки за позитивними результатами пошуково-оцінювальних робіт, попередньо розвідані ділянки родовищ корисних копалин, що розробляються, родовища корисних копалин, що розвідані раніше і з різних причин не залучені до промислової розробки.

Розвідувальні роботи можуть проводитись неодноразово на об'єктах, що розвідувались раніше, відповідно до обґрунтованої потреби в додатковому вивченні наявних запасів корисних копалин.

За результатами виконаних розвідувальних робіт проводиться детальна **ГЕО-1** промислового значення запасів родовища (ділянки) корисних копалин, матеріали якої включають:

характеристику геологічної будови покладів корисних копалин, їхніх технологічних властивостей, гірничо-геологічних та інших умов залягання в обсязі, достатньому для прийняття обґрунтованих проектних рішень щодо способу і системи видобутку та схеми комплексної переробки корисних копалин;

техніко-економічне обґрунтування постійних кондицій і підрахунок запасів корисних копалин;

прогнозу економічну оцінку сумарного ефекту від експлуатації родовища корисних копалин з визначенням прогнозних показників

підприємницької діяльності гірничопереробного комплексу в обсязі, достатньому для прийняття рішення про інвестування проекту його будівництва.

Матеріали геолого-економічної оцінки запасів родовища корисних копалин подаються на експертизу і затвердження ДКЗ. Після затвердження запасів родовище передається надрокористувачу для здійснення видобутку корисних копалин і реалізації товарної продукції гірничого виробництва відповідно до спеціального дозволу (ліцензії) та гірничого відводу на використання надр.

## 2.1. ПОШУКОВІ ПЕРЕДУМОВИ

Пошуковими геологічними передумовами (критеріями) можна вважати такі геологічні факти, які прямо або опосередковано вказують на *можливість* виявлення в тих, або інших умовах різних корисних копалин. Від критеріїв необхідно відрізнити пошукові геологічні ознаки, тобто конкретні факти, що вказують на присутність корисної мінералізації в районі, наприклад, наявність уламків золотоносного кварцу, скарнів зі свинцево-цинковою мінералізацією і т.д.

Усі родовища корисних копалин можна розглядати як геологічні тіла, що виникли у зв'язку з різноманітними процесами, що протікали в земній корі, і тісно пов'язані з історією геологічного розвитку тих її ділянок, де вони проявлені. Усі геологічні науки: історична геологія і вчення про фації, петрографія осадових, вивержених і метаморфічних порід, геоморфологія і геотектоніка, геохімія і вчення про корисні копалини – тією чи іншою мірою розкривають закономірності, що визначають накопичення і розподіл корисної речовини в гірських породах. Аналіз, вивчення і використання цих закономірностей у практичних цілях складають одну з головних задач вчення про пошуки і розвідку родовищ корисних копалин. Геологічні пошукові критерії, які виявляються при вивченні таких закономірностей, групуються за основним фактором, якій визначає умови локалізації і концентрації корисної копалини.

При виявленні пошукових передумов аналізуються рудоконтролюючі фактори: стратиграфічні, літолого-фаціальні – сприятливі для зруденіння розрізи товщ, свит, фаціальні типи відкладів; магматичні – рудоносні інтрузиви, штоки, дайки, їхні приконтактні зони, експлозивно-гідротермальні брекчії, вулканоплутонічні споруди; структурно-тектонічні – рудоносні складчасті, вулканотектонічні структури, розломи, що підводять, розподіляють і локалізують рудну речовину, зони розсланцювання, а також

геохімічні і геоморфологічні фактори. Враховуються дані формаційного аналізу геологічних утворень регіону і ерозійний зріз рудоносних структур.

Таким чином, пошукові передумови поділяються на: стратиграфічні, фаціально-літологічні, структурно-тектонічні, магматичні, геохімічні, геоморфологічні. Але всі природні процеси взаємозалежні і важко відділити їх один від одного: літогенез і тектогенез, тектогенез і вулканізм, утворення деформаційних структур і генезис рельєфу Землі і т.д. Значення їх у різних умовах далеко не рівноцінно, тому доцільно роль кожного з геологічних пошукових критеріїв розглядати роздільно, хоча в польовій роботі більшість з них застосовується комплексно. При такому підході буде ясно, в якій геологічній обстановці можна використовувати ту чи іншу групу пошукових передумов. В природних умовах повинні виявлятися всі геологічні критерії і, насамперед, при геологічній зйомці.

**Стратиграфічні передумови.** До цієї групи відносяться геологічні факти, пов'язані, в першу чергу, з віком різних свит або датованих стратиграфічними даними інтрузій, що містять у собі корисну копалину. При цьому мається на увазі вік, обґрунтований надійним палеонтологічним матеріалом. У теперішній час вікові, стратиграфічні критерії все ширше обґрунтовуються даними визначень абсолютного віку магматичних, метаморфічних і осадових порід.

Багато корисних копалин зустрічаються переважно у відкладах того або іншого віку і не зустрічаються, або рідко зустрічаються в осадах іншого віку. Для великої групи важливих корисних копалин, таких, як вугілля, залізна і марганцева руди, фосфорити, боксити та ін., ці закономірності витримуються в межах усєї земної кулі і як би фіксують продуктивні періоди. Невелика частина корисних копалин приурочена практично до відкладів тільки одного віку; так, усі промислові родовища слюди і графіту мають докембрійський вік.

Стратиграфічні передумови відбивають зв'язок родовищ із певними відрізками в історії Землі, в окремих випадках характеризують зв'язок родовищ із певними стратиграфічними підрозділами (системами, ярусами, свитами, горизонтами земної кори). Стратиграфічні передумови можна поділити на глобальні, регіональні і локальні.

*Глобальні* стратиграфічні передумови стосуються всіх типів родовищ. Вони виражаються в глобальних металлогенічних (минерагенічних) епохах зруденіння, специфічних для кожного типу корисної копалини. Глобальні епохи зруденіння охоплюють усю історію розвитку земної кори - від архею до теперішнього часу. Протягом геологічних епох відбувалася зміна видів корисних копалин і типів родовищ (рудних формацій).

Еволюцію зруденіння можна показати на прикладі залізородних родовищ. Найбільш крупні родовища заліза з'явилися наприкінці архею і в палеопротерозої. Це залізисті кварцити, які були утворені хемогенно-осадовим шляхом і згодом піддані регіональному метаморфізму амфіболітової фації. Другий пік зруденіння припадає на границю девону і карбону, у цей час виникли герцинські магматичні родовища титаномагнетитів і скарнові родовища магнетитових руд. Третій пік виник у палеогені, у цей час утворювалися осадові родовища оолітових залізних руд. Подібні металогенічні епохи і еволюція типів зруденіння в часі характерні для більшості видів корисних копалин.

Глобальні стратиграфічні передумови відіграють велику роль у виділенні територій, перспективних на пошуки тих чи інших типів родовищ. Наприклад, стратиграфічний діапазон промислових вугільних родовищ обмежений відрізком часу від карбону до верхньої крейди. У докембрійських відкладах пошуки вугільних родовищ безглузді, тому що в той час була відсутня наземна рослинність.

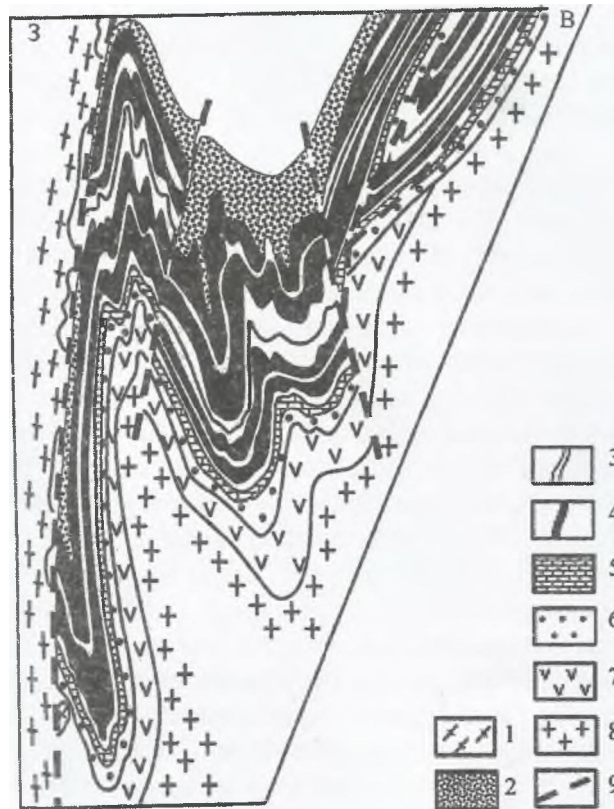
*Регіональні* стратиграфічні передумови характерні для екзогенних родовищ, приурочених до осадових басейнів. Басейни утворюються в платформних западинах континентів і шельфів, у западинах крайових і внутрішніх морів, в орогенних западинах, у рифтах. Ті басейни, в яких спостерігається зруденіння, називаються *осадовими рудоносними* басейнами. За своїми розмірами вони зазвичай відповідають мінералогічним провінціям. Рудоносні осадові басейни розділяють за характером осадків (кременисті, теригенні, карбонатні, вуглецеві та ін.), за типом зруденіння (залізородні, соленосні, вугленосні, фосфоритоносні, мідисті та ін.), за віком (докембрійські, палеозойські, мезозойські, кайнозойські). У теригенних рудоносних басейнах нерідко є домішка вулканогенного матеріалу.

Корисні копалини осадового генезису з'являються на різних етапах геологічної історії. Наприклад, вуглисті сланці відомі з нижнього силуру, вугілля – з девону, а оолітові, гідрогетит-шамозит-сидеритові фації – з верхнього протерозою. Однак, до певних періодів геологічної історії приурочене утворення і великої частини деяких магматогенних родовищ, хоча тут віковий фактор часто має підлегле значення. Можна, наприклад, відзначити, що головна маса світових запасів олова і вольфраму пов'язана з альпійськими (мезозойськими і кайнозойськими) інтрузіями; цей же вік має більшість ртутних і сурм'яних родовищ.

*Локальні* стратиграфічні передумови. Тут велике значення має приуроченість корисних копалин до більш дрібних стратиграфічних підрозділів – світ, ярусів, горизонтів. Зазвичай такі закономірності мають місцеве значення – у межах басейну, району. Наприклад, для залізних руд Криворізького басейну суттєво важливе розчленування криворізької серії



порід протерозою на три світи і характеристика ознак, які дозволяють виділити середню рудну світу цієї серії та конкретні шари руди.



**Рис.2.1. Геологічний розріз родовища залізистих кварцитів Криворізького залізорудного басейну (по Я.Белевцеву)**

1 - мікроклінові граніти; 2 - кварцити верхньої світи; 3 - сланці середньої світи; 4 - залізисті кварцити; 5 - тальк-карбонатний горизонт; 6 - кварцити нижньої світи; 7 - альбітофіри; 8 - плагіограніти; 9 - розривні порушення

Таким чином, вивчення стратиграфічного розрізу має велике значення при пошукових роботах, оскільки присутність у районі, що досліджується порід тих стратиграфічних горизонтів, які в глобальному або регіональному масштабі відносяться до продуктивних, може слугувати передумовою пошуків відповідних родовищ.

Стратиграфічна закономірність дозволяє на підставі геологічної карти і розрізів найбільш обґрунтовано вибирати точки закладання розвідувальних виробок, вирішувати питання про закінчення буріння свердловин, обґрунтовано інтерполювати дані між точками спостереження і тим самим розріджувати розвідувальну мережу. Загальновідомо, що розвідка осадових родовищ із чітко вираженим стратиграфічним контролем, як правило, значно простіше, дешевше і достовірніше.

**Літолого-фаціальні передумови** базуються на виявленні і використанні тісних зв'язків корисних копалин з осадовими, вулканогенно-осадовими породами певного складу та їх типовими літофаціями. Найбільшу значимість ці критерії набувають при пошуках і прогнозуванні осадового і

вулканогенно-осадового зруденіння. Літолого-фаціальні передумови обумовлені тим, що деякі екзогенні родовища утворюються в певній фізико-географічній і кліматичній обстановці, тобто в певних фаціальних умовах, які встановлюються в основному за літологічним складом гірських порід і за викопною фауною. Крім того, при дослідженні фацій враховується геолого-структурна обстановка. Результатом вивчення фацій є палеогеографічні карти.

У загальному випадку фації поділяються на континентальні і морські. Для *континентальних* умов характерні перерви в осадконакопиченні, наявність кір вивітрювання і карсту, палеонтологічні знахідки наземних тварин, залишки наземних рослин, червоноколірний вигляд уламкових порід. У корях вивітрювання утворюються залишкові родовища заліза, марганцю, нікелю, хрому і бокситів. При вивітрюванні може відбуватися місцеве перенесення рудного матеріалу, що збільшує інтенсивність і масштаби зруденіння. Легко розчинні сполуки мігрують, створюючи інфільтраційні родовища. Тип родовищ залежить від субстрату, що підданий вивітрюванню. У континентальних умовах на рівнинах або в депресіях за рахунок вуглефікації рослинних залишків виникли всі вугільні родовища, а також мезозойські і кайнозойські родовища бурого вугілля і торфу, що не досягли стадії вуглефікації. В озерних умовах на континентах іноді відкладаються галіт або борати, що мають практичне значення.

*Морські* фації встановлюються за наявністю морської фауни, в основному мікрофауни; за присутністю хемогенних і органогенно-хемогенних осадків, таких як карбонати, сульфати, опоки, викопні солі; за шаруватістю уламкових порід (пісковиків, алевролітів, аргілітів). У вулканічних породах спостерігаються ознаки швидкого охолодження і кристалізації (обсидіан, спіліт, кератофір, пілоу-лави). Морські фації розрізняються за ступенем солоності води, що залежить від геолого-структурної позиції басейну. В океані та відкритих морях солоність нормальна, у цей час вода містить 3,5% розчинених солей. У затоках при впадінні великих річок вода стає прісною або малосолоною. У напівзамкнених або замкнених морях в умовах аридного клімату, тобто в лагунових умовах, вода має підвищену солоність, аж до випадіння в осадок солей при випаровуванні води і висиханні басейну.

На шельфі акваторій, при віддаленні від берега, утворюються марганцеві родовища, що представлені родохрозитом. При наближенні до берегової лінії і підвищенні окисного потенціалу карбонатні руди змінюються оксидними (Нікопольське та інші родовища).

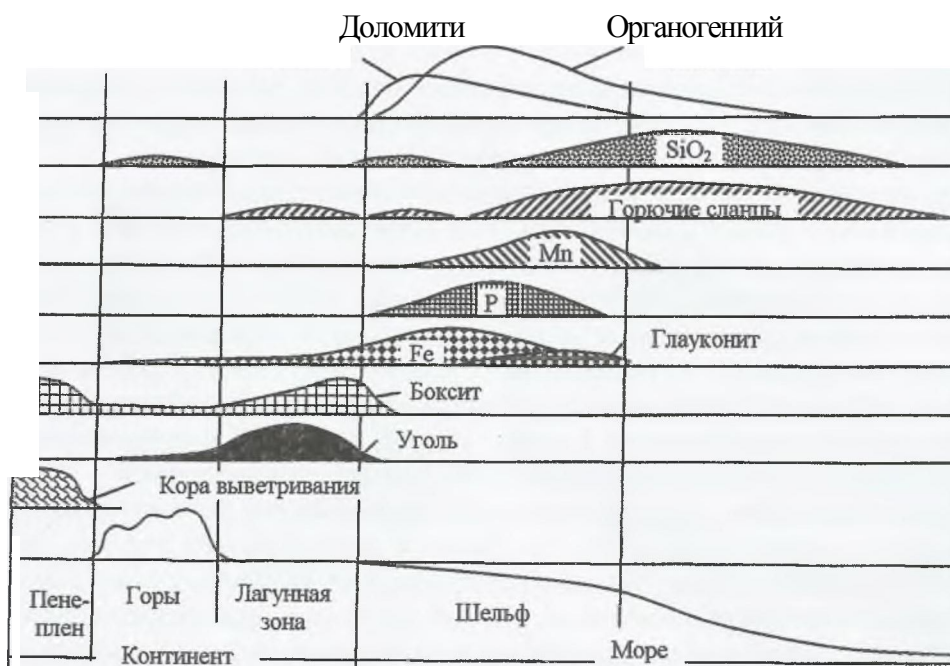
У замкнених басейнах при надходженні в них рудоносних розчинів з навколишніх територій утворюються числені стратиформні родовища. У теригенних відкладах поширені мідні родовища, у карбонатних відкладах переважають свинцево-цинкові родовища. Із кременистими хемогенними

осадками асоціюють залізисті кварцити і золоторудні родовища. У районах вулканічної діяльності в басейнах з'являються осадові хемогенні родовища поліметалів, заліза, марганцю, бариту.

В аридному кліматі, в умовах інтенсивного випаровування води утворюються евапоритові відклади, що включають галоїдні (сульфатні і хлоридні) сполуки. Вони складають родовища калійно-магнієвих солей і галіту. На межі континенту і океану в прибережно-морських умовах і в дельтах річок утворюються осадові родовища залізних оолітових руд. Залізо-марганцеві конкреції належать до глибоководних фацій дна океанів.

Загальновідома схема фаціального профілю М.Н.Страхова при переході від континенту до океану (мал.2.2). Зі схеми можна визначити, що кременисті породи (опоки), горючі сланці, марганцеві і фосфорні руди, а також глауконіт утворюються в морських умовах на шельфі. Залізні оолітові руди формуються в прибережно-морських умовах (Керченське, Аятське) і в дельтах річок (Лісаковське). Вугільні родовища (паралічний тип вугілля) у прибережних рівнинах поширені на континентах. Родовища кори вивітрювання розташовані на пенепленах – рівнинних територіях, які стійкі протягом тривалого відрізка часу, достатнього для утворення кір вивітрювання.

Літологічні дослідження реалізуються у вигляді схем будови осадової товщі, літологічних карт, профілів і розрізів. На підставі цих матеріалів визначають конкретні загальні і локальні закономірності розміщення осадових родовищ корисних копалин у даному районі або басейні, керуючись якими вирішують пошукові і розвідувальні задачі: де проводити пошукові роботи, як розміщувати розвідувальні виробки, як інтерполювати дані між розвідувальними точками і екстраполювати їх за межі контуру, що



**Рис. 2.2. Фаціальний профіль осадкоутворення в умовах  
гумідного клімату (за Н.М. Страховим)**

утворений цими точками. Наявність літологічних схем, карт і профілів обов'язкова для науково обґрунтованого проведення пошуків і розвідки осадових родовищ і узагальнення отриманих матеріалів. Літолого-фаціальні передумови повинні розглядатися в комплексі зі стратиграфічними.

Однак, область застосування фаціально-літологічних передумов не обмежується пошуками екзогенних руд, але поширюється також і на руди ендогенного утворення. Для пошуків таких корисних копалин цікаві карбонатні породи, в яких інтенсивно утворюються різноманітні метасоматичні гіпогенні руди. Так, більшість скарнів локалізується у вапняках, а разом зі скарнами відкладаються руди заліза, міді, вольфраму, молібдену, олова, свинцю, цинку і золота. Особливо сприятливі карбонатні породи для локалізації свинцево-цинкових руд. З карбонатними товщами пов'язана частина родовищ флюориту, бариту, магнезиту та ін. Піщано-сланцеві товщі в багатьох місцях вміщують олов'яні і олов'яно-вольфрамові руди. Майже всі родовища мусковіту і флогопіту, а також графіту залягають у давніх метаморфічних сланцях. У кварцитах концентруються родовища оптичного кварцу і п'єзокварцу.

Крім того, літолого-фаціальні передумови широко застосовуються для пошуків корисних копалин, які самі є основними представниками певних фацій (вапняки, глини, крейда, піски і т.д.). Усі такі породи повинні фіксуватися на геологічній карті і розрізах до неї, тому що стадія пошуків цих порід практично відсутня, і геологорозвідувальні роботи починаються з геолого-економічного обстеження родовищ цієї мінеральної сировини. Доцільність розробки подібних родовищ визначається в основному не геологічними, а техніко-економічними факторами.

**Структурно-тектонічні передумови** полягають у вивченні особливостей тектонічної будови земної кори, що визначають умови локалізації родовищ. Історія розвитку основних геотектонічних структурних елементів (геосинкліналей, платформ, областей активізації) принципово різна. Тому і родовища корисних копалин, що розташовані у їхніх межах, суттєво відрізняються як за складом, так і за передумовами, які використовуються для оцінки перспектив цих родовищ.

Для платформ характерний розвиток переважно різноманітних осадових родовищ і родовищ вивітрювання. До таких територій приурочені ті ендогенні родовища, які пов'язані з основними, ультраосновними і лужними виверженими породами.

Геосинклінальні області вміщують, головним чином, різноманітні за мінералізацією ендегенні родовища. Первинно-осадові родовища тут піддані значним вторинним змінам, глибокому метаморфізму, іноді руйнуванню.

Найбільші нафтоносні і вугленосні басейни приурочені до крайових і передових прогинів, тобто до областей, перехідних від геосинкліналей до платформ.

Структурно-тектонічні передумови можуть бути пов'язані з тектонічними структурами різного порядку – від регіональних глибинних розломів і зон складчастості до окремих елементів складок, дрібних розривних порушень, зон тріщинуватості. Регіональні тектонічні структури виступають як фактор, що контролює проявлення магматизму, розміщення масивів вивержених порід і пов'язаних з ними родовищ корисних копалин. В цьому відношенні приділяється велика увага рифтовим зонам, як океанічним, так і міжконтинентальним. Підлеглі структури можуть бути, з одного боку, рудопідвідними, а з іншого – сприятливими для локалізації рудної мінералізації. Особливо велике значення вони мають для виявлення ендегенних родовищ і родовищ рідких і газоподібних корисних копалин.

Досить часто просторове розміщення родовищ контролюється диз'юнктивною тектонікою, тобто розривними порушеннями різного порядку. Насамперед, слід зазначити великі і складні зони розломів і зминання, які утворюються по крайовим частинам платформ і межах жорстких масивів, які знаходяться в границях складчастих областей. Вони мають регіональний характер; їхня довжина іноді досягає декількох тисяч кілометрів, ширина – десятків і сотень кілометрів. Зазначені зони контролюють просторове положення рудних провінцій і рудних поясів. Наприклад, із глибинними регіональними розломами, розташованими в фундаменті платформ, пов'язані родовища алмазів Південної Африки, Сибіру, Бразилії; золоторудні і уранові в Канаді; сульфідні мідно-нікелеві Норильської групи і Кольського півострова. З таким же типом структур пов'язаний мідно-поліметалевий пояс Скелястих гір Північної Америки, що простягається на 1500 км, і має ширину близько 100 км.

До розривних структур менших масштабів також можуть бути приурочені родовища багатьох типів корисних копалин. Великі скиди, зсуви і насуви по відношенню до складок бувають згідні або січні. Їхня довжина обчислюється десятками і першими сотнями кілометрів. Такі порушення є рудопідвідними, а самі родовища розташовані в структурах другого і третього порядку. Прикладом подібного структурного контролю є рудні пояси на Уралі, у Середній Азії і ін.

Локальні структури більш дрібного порядку можуть контролювати окремі родовища, а також рудні стовпи в межах рудних тіл. Наприклад,

відомо, що рудні тіла часто залягають у шарнірах складок, зонах дроблення, тріщинах різноманітного генезису, по площинах відколів, нашарування, розшарування і т.п.

Що стосується плікативної тектоніки, то в складчастих областях особливо сприятливі для локалізації ендегенної мінералізації антиклінальні складки. При цьому великі антиклінальні споруди контролюють рудні провінції або рудні райони, а в межах антиклінальних складок більш високих порядків розташовані окремі родовища. По В.М. Крейтеру, більше 90% рудних поясів складчастих областей пов'язані з антикліноріями і антикліналями. Частина родовищ може бути приурочена до перегинів шарнірів складок і вигинам крил, а також до місць їхня перетинання розривними порушеннями.

**Магматичні передумови** визначаються всіма прямими і опосередкованими геологічними фактами, які вказують на генетичний зв'язок інтрузивних порід з ендегенними родовищами, тобто передбачають взаємозв'язок зруденіння з магматичними тілами – плутонами, екструзивними, субвулканічними тілами, поясами дайок і малих інтрузій. Відповідно до цих уявлень, рудна речовина виноситься із глибин у верхні горизонти земної кори і на поверхню магматичними розплавами і флюїдами, що їх супроводжують.

До основних факторів магматичного зруденіння можна віднести:

- зв'язок ендегенних родовищ із певними типами вивержених і вулканоплутонічних порід;
- закономірне розміщення родовищ відносно магматичних тіл;
- однакові фаціально-глибинні умови утворення.

Генетичні зв'язки характерні в першу чергу для магматичних родовищ, що асоціюють із ультраосновними, основними і лужними породами. До таких рудних об'єктів відносяться родовища хромітів, титану, мідно-нікелевих сульфідних руд із платиноїдами, золота, алмазів, цирконію, торію, апатиту, рідкісних земель. Наприклад, дуніт-перидотитові інтрузиви вміщують родовища хромітів із платиноїдами; габро-дуніт-гарцбургітові містять титаномagnetитові, платинові руди; кімберліти-лампроїти – родовища алмазів, а лужно-ультраосновні інтрузиви – апатитові, тантало-ніобієві, рідкісноземельні руди і алюмінієва сировина – нефелінові сієніти, уртити. Більшість таких родовищ розташовуються в межах інтрузивних масивів. У цьому випадку якісно за мінеральним складом руди не відрізняються від складу вміщуючих інтрузивних порід. Парагенетичний аналіз мінералів магматичних порід і руд вказує на близько-одночасне їхнє утворення ще в магматичний етап. Ознаками таких генетичних зв'язків магматичних порід і руд є: розміщення руд в інтрузивних тілах та їхніх енде-

екзоконтактах; спільність фаціально-глибинних умов утворення магматичних порід і руд; приуроченість родовищ до інтрузивів, а магматитів і руд – до єдиних структур; близькість мінерального складу руд і магматичних порід; петрохімічні і геохімічні ознаки спільності інтрузивних порід і руд; зближене за часом утворення мінералів інтрузивних порід і руд; однаковий ступінь метаморфізму магматичних порід і руд.

При пошуках промислового зруденіння найважливіше значення має ступінь диференційованості рудоносних магматичних розплавів. Найбільш продуктивними виявляються розшаровані, концентрично зональні і багатофазні інтрузиви. Прикладами розшарованих масивів рудоносного типу є об'єкти Бушвельда, Садбері, Норильська; багатофазні рудоносні масиви центрального типу Кольського півострова (Хібінський, Ловозерський); карбонатитові родовища заліза, рідкісних, благородних і рідкісноземельних елементів (Ковдор на Кольському півострові).

Просторове розміщення і будова родовищ, генетично пов'язаних з інтрузивами і ефузивами, залежать від форми і характеру поверхні плутонів, їхнього розміру, будови, глибини утворення і рівня ерозійного зрізу. При пошуках родовищ корисних копалин, пов'язаних зі становленням основних і ультраосновних інтрузій, важливе значення набувають форми інтрузивів, склад, будова, ступінь диференціації магматичних порід, їхні структурні особливості і характер дна інтрузивних тіл. Цими факторами визначаються, насамперед, закономірності розміщення сульфідних мідно-нікелевих, титаномagnetитових, хромітових рудних покладів, апатитових і магнетит-рідкісноземельних із золотом і платиноїдами в карбонатитах. При пошуках родовищ, пов'язаних з кислими і середніми за складом інтрузіями, велике значення мають різкі вигини контактів інтрузивів, їхнє ускладнення розривами, зонами тріщинуватості, великими апофізами магматитів. Уздовж таких контактів розміщуються пегматитові, метасоматичні поклади, жильно-штокверкові тіла сульфідних, мідно-вольфрам-порфірових, скарнових і гідротермально-жильних золотих, золото-платиноїдно-рідкіснометалевих руд.

Важливе пошукове значення мають площі розвитку рудоносних малих інтрузій, дайкових поясів, де рудні родовища розміщуються в тих самих структурах, що і магматичні тіла. Часто руди оконтурюють штоки і дайки, утворюють кільцеві штокверки або серії жильних світ на контактах і усередині дайок, у тріщинах відколу і відриву. Іноді самі штоки і дайки є рудними тілами, що містять вкраплені руди. Між малими інтрузіями і родовищами існує парагенетичний зв'язок, так як ці інтрузії, і родовища, що з ними асоціюють є самостійними похідними глибоких магматичних

осередків. Зазвичай, чим більш різноманітний склад і вік малих інтрузій, на даній площі, тим вона більш рудоносна.

Закономірне розміщення рудних родовищ відносно магматичних тіл найбільш чітко проявляється в зональності зруденіння навколо інтрузивів. Наприклад, на Корнуольських родовищах в Англії в напрямку від гранітного плутона встановлена наступна закономірність у розподілі родовищ: у самому гранітному масиві розташовані кварц-турмалінові жили з каситеритом; поблизу інтрузива жили крім каситериту містять вольфраміт; трохи далі від інтрузива жили переходять у вольфрамово-мідні зі станіном; ще далі вони набувають халькопїрит-борнітовий склад, а жильні мінерали тут представлені вже кварцом і флюоритом; у наступній зоні з'являється нікель-кобальт-уранове зруденіння також із кварцом і флюоритом; потім присутні сульфїди свинцю і цинку зі сріблом і жильні мінерали, що їх супроводжують – кварц і барит; віддалені від інтрузива ділянки зруденіння характеризуються сурмою, а ще далі воно представлене карбонатами заліза і марганцю.

Необхідно відзначити, що магматичні передумови часто мають локальне значення, можуть бути використані в межах даного рудного району або поля і, отже, їх необхідно виявляти, вивчати або перевіряти для кожного нового району.

**Геохімічні передумови** полягають у вивченні закономірної поведінці хімічних елементів у земній корі, що обумовлені як властивостями самих елементів, так і фізико-хімічною обстановкою і особливостями геологічних процесів. Науковою основою використання геохімічних передумов є положення про міграцію, концентрацію і розсіювання хімічних елементів, закладені і розроблені в роботах В.І. Вернадського, А.Е. Ферсмана, а також їхніх послідовників. Ці критерії важливі не тільки при пошуках родовищ корисних копалин, але і в прогнозуванні зруденіння великих регіонів. При пошуках у першу чергу уточнюються кларки різних порід для встановлення їхнього місцевого фону. Геохімічні передумови допомагають оцінити перспективи зруденіння інтрузивних, ефузивних, осадових і метаморфічних порід, користуючись їхнім хімічним складом.

Дослідження розподілу хімічних елементів у гірських породах має важливе значення при геологічному прогнозуванні і пошуках. Особливості розподілу елементів визначаються характером поширення в породах тих або інших мінералів, а також залежать від форми входження елементів у різні мінерали. Серед основних геохімічних закономірностей, що мають значення для пошукових цілей, можна виділити наступні: поведінка хімічних елементів у процесах ендегенного рудоутворення і, зокрема, в процесах метаморфізму і метасоматозу; поведінка хімічних елементів при екзогенних



процесах (у зоні окислення); закономірні парагенетичні асоціації елементів, мінералів і родовищ.

Часто в рудоносних інтрузіях, продуктивних осадових і метаморфічних товщах спостерігається підвищений вміст певних елементів у порівнянні із кларковим. Використовуючи дані про підвищений вміст рудних компонентів, можна віднести певні породи і райони їхнього поширення до потенційно рудоносних. Для пошукових цілей велике значення має поведінка хімічних елементів, сполук, а також їхня асоціацій при змінах середовища в процесах метаморфізму, метасоматозу в глибинних зонах і окислення в приповерхневій зоні. Геохімічні закономірності, що виявлені в такий спосіб, є підставою для геологічних прогнозів про зміни зруденіння по площі і на глибину.

Виявлення парагенетичних асоціацій, що проявлені на рівні елементів - мінералів - родовищ, має важливе прикладне значення, тому що дозволяє за наявністю одних родовищ (мінералів, елементів) цілеспрямовано шукати і виявляти інші. Приклади, що відбивають відзначені закономірності, численні. Так, серед природних парагенезисів в ендегенних рудних родовищах характерні: для магматичних – платина і хром; для пегматитових – берилій і тантал-ніобій; для кварц-грейзенових – олово, вольфрам і молібден; для осадових родовищ – залізо, марганець; для родовищ кір вивітрювання – залізо, силікатний нікель і т.д.

Парагенезиси мінералів дозволяють виділяти природні мінеральні асоціації і встановлювати відсутні члени парагенетичних рядів. Ця особливість широко використовується при геологічному прогнозі і пошуках (наприклад пошуки корінних родовищ алмазів по піропах, пікроільменіту, оцінка перспектив золотоносності на основі вивчення мінеральних продуктивних асоціацій), а також при оцінці окислених рудних виходів – по асоціаціях типоморфних мінералів. Так, асоціації вторинних мінералів, що розвиваються по первинним, можуть бути наступні: по галеніту розвиваються англезит і церусит, по сфалериту – смітсоніт і каламін, по арсенопіриту – скородит, по кобальтину – зритрин і т.д.

Найважливіше значення при пошуках має визначення природних парагенезисів елементів. Ці дані використовуються для комплексної оцінки потенційного зруденіння. Досить добре досліджені провідні парагенезиси елементів основних типів рудних родовищ. Наприклад, для золота це срібло, миш'як, вісмут, тілур; для платини – хром, нікель, кобальт, інші елементи платинової групи; для урану – мідь, кобальт, нікель або вісмут, срібло, нікель, кобальт; для поліметалевих руд – срібло, кадмій. Завжди важливе визначення розподілу елементів як у вертикальному розрізі, так і по латералі.

Вивчення зони гіпергенезу має важливе значення при прогнозній оцінці окислених виходів рудних тіл, пошуках родовищ залишкового і інфільтраційного типів. Широкий спектр корисних копалин пов'язаний з хімічними кораами вивітрювання (як каолінового, так і латеритного профілю). З ними асоціюють природно-леговані руди заліза, бокситів, золота, силікатно-нікелевої сировини та ін. Інфільтраційні утворення містять руди заліза, марганцю, міді, фосфору, урану, ванадію, бору та ін.

**Геоморфологічні передумови** визначаються наявністю просторового зв'язку родовищ корисних копалин із давніми і сучасними формами рельєфу. Стосовно рельєфу всі родовища можна розділити на дві групи: рудні об'єкти, пов'язані з формуванням рельєфу (вони включають клас екзогенних родовищ) і рудні об'єкти, що виникли поза зв'язком з рельєфом (ендогенний клас родовищ). У першій групі насамперед слід виділити ті родовища, які у своєму генезисі пов'язані із сучасним рельєфом або недавніми рельєфоутворюючими процесами. Це розсипи, численні родовища кори вивітрювання, деякі родовища бокситів, родовища глин, пісків, гравію і т.д. Такі родовища зазвичай формувалися в континентальних умовах, особливо кайнозойської ери, і для них геоморфологічні критерії мають основне значення.

Розсипні родовища континентів поділяються на елювіальні, делювіальні, пролювіальні і алювіальні. Визначне промислове значення мають розсипи річкових долин. Серед них виділяються долинні і терасові, а також руслові і косові. Важливого значення набувають і морські розсипи.

Дослідження геоморфології конкретних районів у комбінації з палеогеографічним аналізом виявляються досить надійними при виявленні палеорельєфу, давньої річкової мережі і закономірностей розміщення розсипних родовищ. Для виявлення останніх в умовах північних кліматичних зон істотного значення набуває вивчення льодовикових форм рельєфу, що контролюють просторове розміщення розсипів. Це рівною мірою відноситься і до пошуків родовищ піщано-гравійних відкладів та інших пухких будівельних матеріалів.

Геоморфологічні передумови використовуються також при пошуках давніх розсипів і залишкових родовищ кір вивітрювання. У цьому випадку вони застосовуються з літологічними, магматичними, структурними та іншими даними. Наприклад, залишкові силікатно-нікелеві і бокситові родовища. Вони формуються в умовах істотної пенепленізації рельєфу на місці базитів-гіпербазитів з виникненням залишкових силікатно-нікелевих концентрацій промислового значення. У контактах кислих або лужних магматитів з осадовими породами при гіпергенезі формуються збагачені глиноземом породи з утворенням бокситів.

Використання геоморфологічних критеріїв для прогнозу і пошуків гіпогенних і метаморфогенних родовищ, формування яких не залежить від рельєфоутворюючих процесів, може бути також правомірним і мати практичне значення, тому що в рельєфі часто відбиваються різні геологічні утворення, що пов'язані з ендегенними рудоутворюючими процесами. Наприклад, у ряді випадків позитивні форми рельєфу виникають і зберігаються завдяки тому, що рудовміщуючі породи виявляються більш стійкими проти руйнування, у порівнянні з породами, що їх оточують. В цьому відношенні найбільш характерними є зони окварцювання і скарнування. Іноді зони розвитку стійких до вивітрювання жил утворюють своєрідний ребристий і зубчастий рельєф.

Іноді позитивні форми рельєфу у вигляді увалів, куполоподібних утворень відбивають рудоносні дайки, штоки гранітоїдних, габроїдних порід. В інших випадках, навпаки, мінералізовані хлоритизовані і каолінізовані зони, провали над окисленими сульфідними рудами, зони сульфідизованих пропілітів, лиственітів, березитів, із продуктивною поліметалевою, золото-сульфідною, сульфідно-рідкіснометалевою мінералізацією, у рельєфі виражаються негативними формами – борознами вивітрювання і т.п.

## 2.2. ПОШУКОВІ ОЗНАКИ

Під пошуковими ознаками розуміють геологічні та інші факти, які прямо або опосередковано вказують на наявність або можливість виявлення в конкретному місці проявів корисних копалин. Виділяються прямі та опосередковані пошукові ознаки. *Прямі пошукові ознаки* містять у тому або іншому виді рудну речовину і тому вказують на наявність зруденіння. Це, наприклад, рудні уламки, шліхи з рудними мінералами і зони навколорудних змін з наявністю в них корисних мінералів, не говорячи вже про окислені і вилужені виходи самих корисних копалин. *Опосередковані пошукові ознаки* свідчать лише про можливість виявлення зруденіння.

До *прямих пошукових ознак* відносяться:

- виходи корисної копалини на поверхню;
- первинні ореоли розсіювання корисних мінералів і рудоутворюючих елементів;
- вторинні механічні, літогеохімічні, гідрогеохімічні, біогеохімічні, атмогеохімічні ореоли і потоки розсіювання корисних мінералів і рудоутворюючих елементів;
- сліди старих гірських робіт або переробки корисної копалини і історичні дані про гірський промисел.

*Опосередковані пошукові ознаки містять у собі:*

- навколорудні зміни гірських порід;
- мінерали-індикатори;
- геофізичні аномалії;
- геоморфологічні ознаки;
- ботанічні ознаки.

### **2.2.1. Прямі пошукові ознаки.**

*Виходи корисної копалини на поверхню або рудні виходи* це природні на денній поверхні або штучні (розкриті гірничими виробками і свердловинами) виходи рудного тіла. Вихід корисної копалини на денній поверхні або поблизу її знаходиться під впливом фізичного і хімічного вивітрювання і часто помітно перетворюється в порівнянні з первинними рудами, що утрудняє його визначення. Стосовно агентів вивітрювання рудні виходи можна розділити на три групи.

*Перша група* рудних виходів складена мінералами, які практично стійкі в зоні вивітрювання. До цієї групи можна віднести родовища оксидів марганцю, бокситів, хромітів, каситериту, а також руди вольфраміту, ртуті, золота, платиноїдів і ряд інших родовищ, що складені фізично і хімічно стійкими мінералами. Але навіть дуже стійкі мінерали за певних умов можуть злегка перетворюватися. Так, золото може частково мігрувати на невелику глибину, кіновар у рідких випадках окислюється з появою крапельок ртуті. По виходах родовищ першої групи можна судити про склад руд на глибині.

*До другої групи* відносяться рудні виходи, у яких рудні мінерали окислюються, але залишаються на місці і переходять в іншу мінеральну форму. Так, мінерали заліза (магнетит, гематит, сидерит, пірит та ін.) можуть окислитися до гідрогематиту або лімоніту, карбонати марганцю переходять у піролюзит, галеніт заміщується церуситом, англезитом та іншими мінералами, арсенопірит – скородитом. Якщо руда супроводжується мінералами, які вилуговуються при вивітрюванні, то вміст корисних компонентів може зрости. Саме так утворилися багаті руди Курської Магнітної Аномалії (КМА) із залізистих кварцитів за рахунок вилуговування кварцу. Взагалі, збагачені залізом руди або гірські породи часто дають «залізні шляпи», складені переважно з оксидів і гідроксидів заліза. За вмістом мікроелементів можна визначити, за рахунок чого виникла «залізна шляпа» – залізистих кварцитів, ультраосновних порід або сульфідних руд.

*До третьої групи* відносяться руди, складені нестійкими мінералами, які розчиняються і в основному розсіюваються. Сульфіди міді і цинку перетворюються в легко розчинні сульфати і виносяться із зони окислення.

Частина міді може дати незначні скупчення малахіту, азуриту, хризоколы та ін. Сульфат цинку виноситься, але при наявності карбонатів може реагувати з ними з появою нижче зони окислення покладів смітсоніту і каламіну. Сульфіди і арсеніди нікелю також розсіюються, залишки нікелю можуть дати примазки анабергиту, кобальту – примазки эритрину. Подібні примазки є гарною пошуковою ознакою і можуть вказувати на присутність промислових руд на глибині.

**Первинні ореоли розсіювання корисних мінералів і рудоутворюючих елементів** виникають у породах, що вміщують руди, і є більш-менш ізометричними ділянками, що оточують родовище і збагачені в процесі рудоутворення рядом хімічних елементів. Ореоли первинного розсіювання можуть утворюватися одночасно з виникненням рудних концентрацій в навколорудних метасоматитах і жильних утвореннях (сінгенетичні), а також і в більш пізній час (епігенетичні). Для перших розподіл хімічних елементів характеризується плавним підвищенням концентрацій у напрямку до рудних тіл. Це, в основному, магматичні і осадові родовища. Дані ореоли представлені тонкодисперсними мінеральними і геохімічними асоціаціями рудних мінералів і хімічних елементів, що утворюють своєрідні «чохли» навколо рудних тіл.

Епігенетичні ореоли супроводжують накладені родовища, які утворюються в результаті процесів, що відбуваються у середовищі раніше сформованих вміщуючих порід. Типовими представниками цих утворень є, наприклад, пегматитові, жильні гідротермальні родовища та ін. Ореоли, що формуються в процесі епігенетичного рудоутворення поділяються на дифузійні, інфільтраційні і дифузійно-інфільтраційні. Як і рудні поклади, епігенетичні ореоли приурочені до рудовміщуючих структур і часто відрізняються незгідним положенням стосовно вміщуючих порід. Оскільки міграція компонентів у сторони від рудних тіл, що формуються, залежить від ряду факторів – їхньої рухливості, складу фільтруючих розчинів, властивостей середовища, фізико-хімічної обстановки та ін., – будова цих ореолів, співвідношення елементів в них бувають досить складними.

За положенням щодо денної поверхні виділяють відкриті первинні ореоли, які виходять на денну поверхню, і сховані, що не виходять на поверхню. Останні доцільно підрозділяти на сліпі (нерозкриті ерозією ореоли) і поховані (перекриті чохлами алохтонних відкладів).

Розміри первинних ореолів знаходяться у прямої залежності від масштабів рудних скупчень, від концентрації в них корисних компонентів і від ступеня прояву навколорудних метасоматичних процесів. У цьому зв'язку, склад і форма ореолів, тобто ступінь і характер розсіювання залежать, в свою чергу, від геохімічних особливостей елементів, що входять

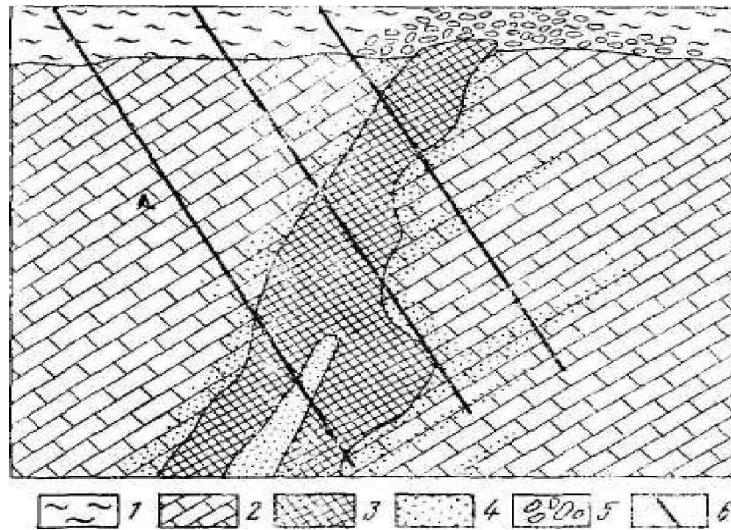
до складу ореолів; від будови, морфології, умов залягання, складу і генетичних особливостей рудних тіл, а також від фізико-хімічних особливостей і умов залягання вміщуючих порід.

Велике значення для утворення первинних ореолів розсіювання має міграційна здатність елементів, що залежить від їхніх геохімічних особливостей, таких як можливість елементів утворювати іони різної валентності; основні і кислотні властивості елементів, які визначаються відношенням радіусів і валентності іонів; будова природних хімічних сполук елементів, що визначають їхню проникність; енергія кристалічних ґрат природних сполук, від якої залежить їхня розчинність.

Відповідно до різного ступеня прояву тих або інших властивостей елементів встановлено, наприклад, що за інших рівних умов зі збільшенням валентності зростає міграційна здатність сірки, міді, миш'яку, урану, ванадію, хрому і деяких інших елементів, а заліза, марганцю, кобальту – зменшується. Відомо, що найбільш широкі ореоли навколо рудних тіл утворюють ртуть, сурма, миш'як, цинк, молібден, тобто елементи, що мають підвищену міграційну здатність.

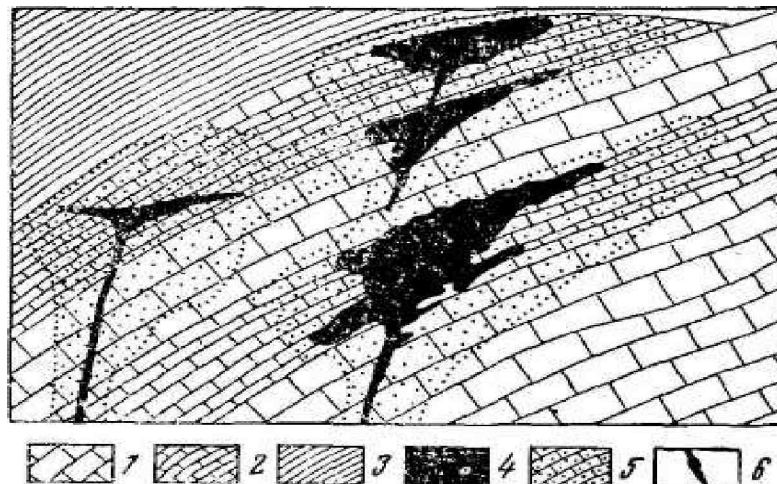
Глибина проникнення рудної речовини у вміщуючі породи в значній мірі залежить також від того, якими рудами представлене рудне тіло: наприклад, такі елементи, як мідь, свинець, барій, утворюють досить вузькі ореоли розсіювання (одиниці метрів) при *суцільному* зруденінні; а при *вкрапленому* – ореоли розсіювання зазначених елементів досягають багатьох десятків і навіть сотень метрів.

Поряд з іншими факторами, розміри і будова первинних ореолів розсіювання багато в чому залежать від форми і будови самих рудних тіл: навколо поодиноких простих жильних тіл ореоли розсіювання утворюють облямівки, що продовжуються по простяганню і повстанню за межі таких тіл (мал. 2.3); навколо зближених рудних тіл, а також тіл, що характеризуються складною морфологією, первинні ореоли розсіювання мають, зазвичай, складні обриси (мал. 2.4).



**Рис. 2.3.** Схема будови ореолу розсіювання навколо поодинокого рудного тіла. За Е.О.Погребицьким

1 – алювіальні відклади; 2 – вапняки, що вміщують зруденіння; 3 – рудне тіло; 4 – первинний ореол розсіювання; 5 – вторинний ореол розсіювання; 6 – свердловини



**Рис. 2.4.** Схема будови первинного ореолу розсіювання навколо зближених рудних тіл. За Е.О.Погребицьким

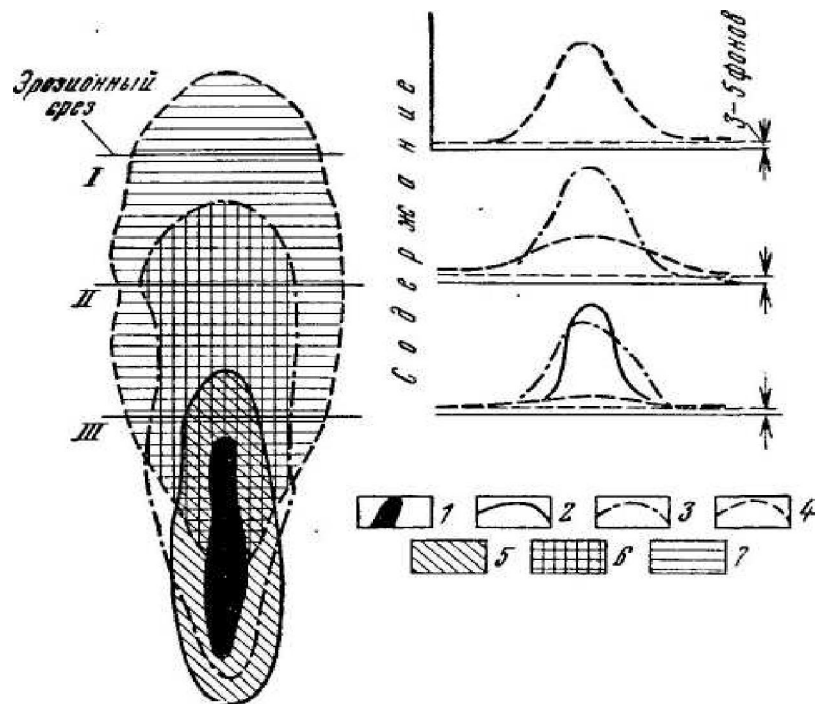
1 – масивні щільні вапняки; 2 – шаруваті тріщинуваті вапняки; 3 – глинисті сланці; 4 – рудні тіла; 5 – первинний ореол розсіювання; 6 – рудні прожилки

Важлива особливість первинних ореолів – їхня зональна будова. По відношенню до рудного тіла виділяють осьову, поздовжню і поперечну зональність. Осьова зональність виявляється за напрямком передбачуваного руху рудоутворюючих розчинів. Поздовжня геохімічна зональність спрямована по простяганню покладів, а поперечна визначається вхрест простягання рудних тіл і рудно-метасоматичних зон.

Причини виникнення зональності можна визначити закономірною зміною в просторі складу і концентрації елементів із видаленням від рудних тіл. Найчастіше встановлюється зональність розподілу елементів в ореолах

постмагматичних родовищ. Це пояснюється фізико-хімічними умовами утворення родовищ, але, головним чином, різними швидкостями переміщення іонів у розчинах, тобто їхньою рухливістю. Незалежно від способу проникнення рудної речовини у вміщуючі породи (інфільтраційний або дифузійний), швидкості переміщення елементів різні і визначаються їхнім іонним потенціалом. У зв'язку з цим, у процесі утворення ореолу елементи проходять різні відстані і, відповідно, зонально розташовуються навколо рудних тіл.

Практичне значення зональності первинних ореолів визначається тим, що вона дозволяє оцінювати природу ореолу, прогнозувати не тільки наявність схованого зруденіння, але й визначати положення можливого рівня його локалізації. Характерний приклад будови первинного ореолу розсіювання постмагматичного родовища наведено на малюнку 2.5.



**Рис. 2.5. Схема будови найпростішого ореолу первинного розсіювання постмагматичного родовища (розріз). За Е.О.Погребицким**

1 – рудне тіло; 2 – границя близької зони (III) ореолу розсіювання за вмістом 3-5 фонів; 3 – те ж, середньої зони II; 4 – те ж, далекої зони (I); 5 – площа ореолу розсіювання елементів близької зони; 6 – те ж, середньої зони; 7 – те ж, далекої зони.

Таким чином, найбільше значення первинні ореоли розсіювання тонкодисперсних мінералів і рудних елементів набули при пошуках і прогнозуванні родовищ, що не виходять на денну поверхню. Їхнє використання в геохімічних методах пошуків суттєво підвищує ефективність пошукових робіт.



**Вторинні ореоли і потоки розсіювання корисних мінералів і рудоутворюючих елементів** виникають при руйнуванні родовищ корисних копалин та їхніх первинних ореолів під впливом фізичного і хімічного вивітрювання з наступним переміщенням і розсіюванням рудної речовини. Ореоли характеризуються ізометричною формою в плані, у потоків витягнута форма, обумовлена переміщенням продуктів руйнування постійними або тимчасовими водотоками, рідше іншими агентами.

Прогнозно-пошукова значимість вторинних ореолів визначається тим, що вони мають розміри, що набагато перевищують об'єми рудних тіл, і дозволяють з меншими зусиллями знаходити рудні об'єкти. Тому вторинні ореоли і потоки розсіювання корисних мінералів і рудоутворюючих елементів віднесені до прямих пошукових ознак. Вони виникають на родовищах будь-якого мінерального складу і генетичного типу і формуються в ґрунтах, пухких відкладах, у ґрунтових і поверхневих водах, рослинах, у ґрунтовому і приповерхньому повітрі. Це відбиває їхню унікальність як прямих ознак зруденіння і створює широкі можливості для реалізації пошуків промислових скупчень корисних копалин.

Вторинними ореолами і потоками розсіювання можна назвати зони підвищених вмістів хімічних елементів, характерних для даного родовища, що розвиваються в алювіальних, еолових, льодовикових та інших відкладах; річкових, озерних і підземних водах на шляхах твердого і водного стоків. У напрямку стоку вміст хімічних елементів зменшується, поступово наближаючись до значень, що відповідають місцевому геохімічному фону.

Вміст елементів у потоці розсіювання в першу чергу залежить від положення рудних тіл, їхніх первинних і вторинних ореолів у місцевому басейні денудації. Родовища, які виведені на рівень денудаційного зрізу, у сприятливих умовах утворюють літохімічні потоки розсіювання довжиною більш кілометра. Відмінності в міграційній здатності елементів, а також різні кількісні співвідношення між елементами в складі руд і первинних ореолів визначають вибір елементів-індикаторів, за якими проводяться літохімічні пошуки по вторинних ореолах і потоках розсіювання. Із усього різноманіття типів ореолів і потоків розсіювання найбільш розповсюджені і мають велике практичне значення річкові потоки розсіювання.

Характер і ступінь руйнування родовища, а також фазовий стан продуктів руйнування визначає розподіл вторинних ореолів і потоків розсіювання на механічні, сольові, водні (гідрогеохімічні), газові (атмогеохімічні) і біогеохімічні.

**Механічні ореоли і потоки розсіювання** виникають у всіх типах пухких відкладів від елювіальних до льодовикових при руйнуванні хімічно стійких у зоні гіпергенезу корисних копалин. За крупністю і агрегатному

стану продуктів руйнування вони поділяються на *крупноуламкові* – рудні розвали, валуни, галька розміром до десятків сантиметрів у діаметрі серед елювіально-делювіальних, річкових і льодовикових відкладів; *шліхові* або піщано-гравійні – розміри рудних зерен важких фракцій пухких утворень від десятих часток до перших міліметрів; *тонкодисперговані (глинисті)* – розміри рудних зерен від сотих до тисячних часток міліметра.

Механічні *елювіальні* ореоли розсіювання зазвичай характеризуються перевагою великоуламкового матеріалу, особливо якщо утворюються за рахунок міцних, стійких проти хімічного вивітрювання руд, що залягають у більш пухких вміщуючих породах. При цьому продукти руйнування останніх швидше подрібнюються і виносяться за межі ореолу, а рудні брили і уламки залишаються на місці і свідчать про наявність руд у корінному заляганні. Такі ореоли розсіювання утворюються за рахунок руйнування магнетит-гематитових, титаномагнетитових, пегматитових, скарнових, корундових, і подібних родовищ. Ореоли розсіювання, які утворюються за рахунок руд, стійких хімічно, але менш міцних, (золоторудні, оловорудні та ін.), характеризуються меншою крупністю рудних уламків. У цих випадках, крім крупноуламкових, значну роль відіграють шліхові ореоли. Форми елювіальних механічних ореолів розсіювання визначаються контурами виходів рудних тіл на поверхню корінних порід, але їхні розміри зазвичай більші в порівнянні з виходами рудних тіл; рудні уламки переміщуються в сторони від рудного тіла на відстань іноді до десятків метрів.

*Делювіальні* механічні ореоли і потоки розсіювання утворюються за рахунок фізичного вивітрювання рудних тіл і переміщення продуктів руйнування по схилу. При цьому рудні уламки переміщуються з безрудними і тією чи іншою мірою подрібнюються. Залежно від міцності руд, а також від крутості схилу співвідношення розмірів рудних уламків може бути різним. При вивітрюванні міцних руд і переміщенні рудних уламків по крутих схилах утворюються крупноуламкові ореоли і потоки розсіювання, що простягаються по схилу іноді на багато сотень метрів. При руйнуванні менш міцних руд і, особливо при пологому рельєфі, ореоли розсіювання характеризуються наявністю більш дрібних фракцій рудного матеріалу. Якщо руда складена стійкими мінералами, то в цих умовах значна роль належить шліховим ореолам, а менш стійкі мінерали утворюють тонкодисперговані ореоли розсіювання, довжина яких обмежується десятками або першими сотнями метрів. Форми делювіальних ореолів розсіювання визначаються крутістю схилу і складністю його рельєфу, а також розташуванням і конфігурацією виходів рудних тіл на поверхню корінних порід.

Серед механічних *алювіальних* переважають потоки розсіювання, які утворюються за рахунок елювіальних і делювіальних відкладів у результаті їхнього перенесення, переробки і сортування водними потоками. Дальність перенесення, ступінь переробки і сортування матеріалу залежить від швидкості течії і потужності водного потоку, а також від міцності руд, густини мінералів та їхньої хімічної стійкості. Однією з важливих властивостей, що визначають відстань перенесення, є обкатаність. При однакових фізичних і хімічних властивостях великих рудних уламків більша обкатаність безумовно свідчить про більшу дальність перенесення, що має дуже важливе пошукове значення. Ступінь обкатаності уламків залежить також від механічних властивостей галечнику, у якому вони пересуваються, величини самих уламків, їхньої твердості та густини.

У загальному випадку можна вважати, що уламки слабких руд зберігаються необкатаними на відстані сотень метрів, а міцних – на відстані перших кілометрів; груба обкатаність свідчить про перенесення уламків слабких руд на перші кілометри, а міцних – на перші десятки кілометрів; Високий ступінь обкатаності може свідчити про перенесення уламків іноді на багато десятків кілометрів. В умовах потужних гірських водних потоків, великі уламки стійких руд можуть переноситися на десятки кілометрів без значного обкатування.

Важливе пошукове значення мають алювіальні шліхові потоки розсіювання, які утворюються за рахунок виносу з корінного родовища хімічно стійких і порівняно щільних мінералів. До них відносяться: золото, платина, магнетит, гематит, ільменіт, рутил, вольфраміт, шеєліт, каситерит, хроміт, циркон, кіновар, монацит, алмаз, корунд, топаз, гранат, флюорит, апатит і деякі інші. Необхідно відзначити, що при сприятливих умовах може відбуватися не тільки механічне розсіювання мінералів, але й їхня концентрація – утворення розсипів.

Дальність перенесення шліхових мінералів можна визначити по ступеню обкатаності зерен і наявності зростків з іншими мінералами. Склад шліху, форма кристалів певних мінералів, а також зростків, що зберіглися, дозволяють іноді визначити генетичний тип корінного родовища і його мінеральний склад. Алювіальні шліхові потоки розсіювання хімічно і механічно стійких мінералів можуть мати довжину багато десятків кілометрів і, безумовно, є однією з найважливіших пошукових ознак.

*Валунно-льодовикові ореоли розсіювання* можуть досягати значних розмірів (кілометри, десятки км) і утворюються за рахунок механічного руйнування родовищ і перенесення рудних уламків на ту або іншу відстань льодовиком, що рухається. Ступінь механічної обробки рудних уламків залежить від способу транспортування: продукти руйнування, що

переміщуються по дну льодовика, зазнають сильного стирання, а уламки, що знаходяться у тілі льодовика, не піддаються значної механічної обробки. Уламковий матеріал, як правило, не сортується за розмірами часток: поряд з великими брилами, що досягають часто десятків кубічних метрів, присутні шліхові і навіть тонкодисперсні фракції. При цьому, ступінь обкатаності рудних валунів не є показником дальності їхнього перенесення. Такі ореоли зазвичай мають форму віяла, у вершині якого розташовується корінне джерело рудного матеріалу. Льодовик може переносити рудні уламки на багато десятків кілометрів. Напрямок зносу матеріалу визначається за льодовиковими шрами на «баранячих лбах», а також за льодовиковими формами рельєфу.

*Сольові ореоли і потоки розсіювання* формуються в результаті хімічних процесів розкладання, розчинення, перенесення, перевідкладення речовини в оточуючих породах у вигляді елементів та їхніх солей. Солі, розчинені у водах, в одних випадках переносяться на значні відстані від рудних тіл, а в інших залишаються поблизу рудних зон. Випадання солей з розчину відбувається при змінах рН, Eh розчинів, при їхньому перенасиченні внаслідок перенесення, при обмінних хімічних реакціях із середовищем, сорбційними ефектами.

В утворенні сольових ореолів важливе значення мають кліматичні умови району і, у першу чергу, співвідношення між кількістю атмосферних опадів і величиною випаровування. На територіях, які характеризуються різкою перевагою кількості атмосферних опадів над випаровуванням, в умовах уповільненої денудації створюються умови для виникнення так званих похованих ореолів розсіювання. В областях з помірним кліматом виникають напівзакриті ореоли розсіювання родовищ, розташовані на невеликій глибині від поверхні. У напівпустільних і пустільних районах, де випаровування різко переважає над кількістю атмосферних опадів, утворюються потужні відкриті сольові ореоли.

В природних умовах, у більшості випадків, спостерігаються спільні механічні і сольові ореоли, які називаються літохімічними. У формуванні таких літохімічних ореолів і потоків розсіювання беруть участь механічна і хімічна дезінтеграції і розсіювання рудної речовини, а також біогенна акумуляція її у верхньому ґрунтовому шарі пухких відкладів.

Найбільш високі концентрації металів у літохімічних ореолах розсіювання пов'язані із дрібною фракцією пухких відкладів (до 1мм), здатної до накопичення тонкодиспергової рудної речовини і акумуляції її з розчинів при сорбції, коагуляції, біогенному накопиченні. Морфологія і внутрішня будова вторинних літохімічних ореолів визначаються типом ореолів, особливостями складу і будови пухкого покриву, рельєфом

місцевості, положенням і формою рудних тіл, а їхній вміст та інтенсивність – типом і якістю руд, що руйнуються. Довжина таких ореолів у гідрмережі оцінюється в 1-5 км.

Потоки вторинного розсіювання рудної речовини спостерігаються у вигляді сорбції на органіці і глинистих частинках тонких мінеральних форм (від сотих до тисячних часток міліметрів). В результаті утворюються концентрації рудних елементів, що перевищують геохімічний фон у десятки разів. Примикаючи до вторинних геохімічних ореолів, вони поступово зникають в шлейфі пухких відкладів із фоновим розподілом металів. Довжина потоків вторинного розсіювання рудної речовини становить 1-4 км. По них можна прослідковувати сольові ореоли в руслах пересохлих водотоків, виявляти тонкодисперсну форму розсіювання стійких рудних мінералів і відшукувати механічні і сольові потоки розсіювання.

**Гідрогеохімічні (водні) ореоли і потоки розсіювання** знаходяться у поверхневих і підземних водах з підвищеними відносно фонових концентраціями рудоутворюючих елементів та їхніх супутників: К, Na, Mg, Cu, Zn, Fe, Mo, U та ін., а також сульфат-іона, хлор-іона і т.п. Такі ореоли утворюються за рахунок розчинення і виносу хімічних елементів та їхніх сполук із рудних тіл і супровідних первинних і вторинних ореолів розсіювання. Гідрогеохімічні ореоли виявляються в багатьох родовищах кольорових, рідкісних, благородних і рідкіснометалевих елементів, особливо із сульфідним складом руд. Такі руди легко руйнуються в зоні окислення з утворенням легко розчинних сульфатів.

Серед гідрогеохімічних ореолів виділяються постійні, характерні переважно для глибоких водоносних горизонтів і тимчасові – у поверхневих і ґрунтових водах, концентрації елементів в яких змінюються залежно від кількості атмосферних опадів.

Накопичення рудоутворюючих елементів у водах визначається наступними умовами: наявністю первинних або вторинних мінералів, що складають рудні тіла в розчиненому стані; інтенсивністю водної міграції елементів; сприятливою геолого-структурною обстановкою, що дозволяє забезпечити доступ підземних вод до рудних тіл та їхнім ореолам розсіювання; інертністю вміщуючих порід, що перешкоджує осадженню з розчинів елементів і, отже, сприяє утворенню водних ореолів розсіювання.

Найчастіше гідрогеохімічні ореоли представлені сульфатами, хлоридами, гідрокарбонатами та іншими легкорозчинними у воді солями. У поведінці гідрогеохімічних ореолів відзначаються сезонні коливання, на які впливають, в першу чергу, кліматичні умови.

Гідрогеохімічні ореоли виявляються в багатьох родовищах кольорових, рідкісних, благородних і рідкіснометалевих елементів, особливо із

сульфідним складом руд. Такі руди легко руйнуються в зоні окислення з утворенням легко розчинних сульфатів. Довжина гідрогеохімічних ореолів для міді, цинку, молібдену, урану, найбільш рухливих у зоні гіпергенезу, може досягати багатьох кілометрів.

**Атмогеохімічні (газові) ореоли розсіювання** концентруються в ґрунтовому повітрі, приповерхньому шарі атмосфери і являють собою локальне збагачення паро-і газоподібними сполуками, що пов'язані з корисними копалинами.

Крім різних вуглеводнів, для пошукових цілей мають інтерес ореоли газів, що виникають в результаті розпаду радіоактивних елементів, тобто ореоли радону, торону і гелію, які можуть бути використані при глибинних пошуках, а також ртутні еманції, кисень, вуглекислий газ та інші.

Такі ореоли утворюються в результаті міграції елементів у газовій фазі під час формування родовищ і в процесі їхнього руйнування. Атмогеохімічні ореоли утворюються при хімічних перетвореннях сульфідних руд, родовищ ртуті; ореоли радону, торія і гелію виникають над родовищами радіоактивних елементів; горючі гази, гелій, вуглекислий газ, пари ртуті та йоду характерні для родовищ вуглеводнів. Газові ореоли чітко проявляються над родовищами вугілля.

Значна кількість газів –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{SO}_2$  та ін. пов'язана із глибинними структурами земної кори і мантії. Такі структури (зони глибинних розломів, рифти) нерідко виявляються рудоносними.

При пошуках і прогнозуванні рудних родовищ найбільш ефективно використовуються газортутні ореоли. Встановлено, що вміст вільних парів ртуті в ґрунтовій атмосфері над промисловими рудними об'єктами від 2 до 50 разів вище фонового. Глибина можливого виявлення схованих руд досягає 1 км. Багато гідротермальних родовищ супроводжуються підвищеним вмістом парів ртуті в ґрунтовому повітрі. Атмогеохімічні ореоли дозволяють виявляти не тільки великі рудоносні структури, але і конкретні родовища багатьох корисних копалин.

**Біогеохімічні ореоли розсіювання** обумовлені акумуляцією рослинами мікроелементів із ґрунту і підземних вод, з підвищенням їхніх вмістів іноді в десятки і сотні разів та являють собою ділянки поширення рослин і їхніх залишків, що несуть підвищені вмісти хімічних елементів, характерних для родовищ та їхніх первинних і вторинних ореолів розсіювання. Підвищені концентрації встановлюються в золі рослин і обумовлені вибірним поглинанням різних елементів рослинами. При цьому, в конкретних умовах елементи нерівномірно розподіляються у різних частинах рослини – можуть накопичуватись або в листах, або в гілках, корі, коріннях, деревині і т.д. Різні види рослин характеризуються різними вибірними властивостями

концентрації елементів. Відзначаються сезонні коливання у вмісті мікроелементів.

Елементи мінерального живлення рослин за їхньою індикаторною ефективністю можна поділити на чотири групи. До першої групи відносяться елементи, широко розповсюджені в земній корі, що мають високі кларки – Si, Al, Na, Fe і т.п. Вміст цих елементів досить високий як у родовищах, так і за їхніми межами, тому індикаторне значення таких елементів невелике. Друга група представлена життєво важливими для рослин елементами, так званими зольними, які накопичуються в них у досить великій кількості – K, P, Ca, Mg, N. Їхня індикаторна ефективність також невелика, тому що вони сами утворюють досить високий фон і перевищення концентрацій над фоном порівняно невелике.

Елементи третьої групи – макроелементи: Zn, Cu, Cd, B, Mn, I, Br та ін. Вміст цих елементів у золі рослин вище в порівнянні з їхнім вмістом у літосфері. Ці елементи характеризуються порівняно високою рухливістю в приповерхневих умовах. Відмінність їхнього фонового вмісту у порівнянні з аномальним значно більша, ніж у елементів другої групи. Тому проведення біогеохімічних пошуків по цих елементах може бути результативним.

Мікрокомпоненти, які відносяться до четвертої групи, характеризуються порівняно малою рухливістю в приповерхній зоні і саме вони є найкращими біогеохімічними індикаторами. Це Au, Ta, Rb, Nb, W, та ін. Підвищені їхні вмісти в рослинах у порівнянні із кларковими визначно вказують на концентрацію цих елементів у гірських породах.

***Сліди давніх гірських робіт або переробки корисної копалини та історичні дані про гірський промисел.*** Такі пошукові ознаки іноді використовуються для прогнозування і пошуків рудних об'єктів. Давні розробки зазвичай зустрічаються у відомих гірничорудних районах. Це старі, значною мірою засипані пухкими відкладами і покриті рослинністю кар'єри, шурфи, штольні, ухили, шахти. Поблизу їх розташовуються відвали, зазвичай покриті рослинністю, виявляються вони за позитивними формами рельєфу. Давні виробки та їхні відвали розглядаються в якості прямих пошукових ознак тільки в тому випадку, якщо в них виявлені рудні виходи або залишки рудного матеріалу. У цьому зв'язку заслуговують на увагу назви місцевостей, рік, долин мовою місцевих народів: «Вугільне урочище», «Свинцевий сай», «Олов'яна ріка» і т.п.

Важливим показником про наявність корисних копалин можуть бути різні фондові, архівні та інші літературні джерела: звіти про подорожі, геологічні дослідження, геологічні зйомки, пошуки, розвідку, розробку і переробку корисних копалин.

У попередні століття добувалися в основному багаті руди з видимим зруденінням і в легкодоступних умовах. У наш час, завдяки технічному прогресу в області переробки руд, стає можливим ефективно переробляти бідні руди. Не виключене виявлення багатих руд глибше старих гірських робіт.

### 2.2.2. Опосередковані пошукові ознаки.

Опосередковані пошукові ознаки це навколорудні зміни гірських порід, мінерали-індикатори, геофізичні аномалії, геоморфологічні та ботанічні ознаки. Пошукові ознаки виникають одночасно з утворенням родовищ або з'являються пізніше при їхньому руйнуванні.

**Навколорудні зміни вміщуючих порід** – найважливіша пошукова ознака. Багато родовищ, у першу чергу ендегенні, супроводжуються характерними змінами вміщуючих порід. Найбільш важливими для пошуків є такі типи змін як скарнування, грейзенізація, серпентинізація, окварцювання, березитизація та ін.

*Скарни і скарновані породи* характерні для родовищ заліза, міді, свинцю і цинку, вольфраму (шеєліта) і молібдену, бору. Гранати в скарнах певною мірою вказують на можливе зруденіння. Скарни утворюються в основному за рахунок карбонатних або карбонатвміщуючих порід і поділяються на магнезіальні і вапняні. У магнезіальних скарнах присутні форстерит, периклаз і продукти їхньої гідротермальної зміни – серпентин і брусит. Вапняні скарни складені в основному гранатом (гросуляр-андрадитового ряду) і піроксеном (діопсид-геденбергитового ряду), часто присутні епідот, актиноліт, альбіт, скаполіт, іноді воластоніт.

Процеси *грейзенізації* супроводжують певне рудне мінералоутворення: каситериту, вольфрамиту, шеєліту, молібденіту, берилу, танталіту-колумбіту та іноді самородного вісмуту. Грейзени утворюється в апікальних частинах лейкократових гранітних масивів і в зоні їхня ендоконтакту. В них розвинені кварц, мусковіт, флюорит, турмалін, топаз та інші мінерали.

*Серпентинізація* виникає при гідротермальному перетворенні ультраосновних порід: олівінітів, перидотитів, піроксенітів. З гідротермальними процесами пов'язані родовища хризотил-азбесту і тальку.

*Окварцювання* порід при гідротермальних процесах широко розповсюджено і супроводжує числені типи родовищ. Гідротермальне змінення інтрузивних і ефузивних порід кислого і середнього складів приводить до утворення так званих вторинних кварцитів, в яких поряд з різко переважним кварцом присутній серицит, каолініт, андалузит, алуніт, пірофіліт, а також рутил, турмалін і рудні мінерали (пірит, халькопірит, молібденіт, гематит та ін.). З формацією вторинних кварцитів пов'язані деякі



промислові типи мідних і молібденових родовищ, які відомі за назвою міднопорфірових. Особливий тип порід являють собою окварцьовані вапняки – джаспероїди, що складаються із дрібнозернистого кварцу і халцедону та реліктів кальциту і доломіту. Цей тип змін навколорудних порід спостерігається на деяких родовищах свинцю і цинку, а також сурми і ртуті.

*Березити* являють собою гідротермально змінені породи, що утворені головним чином за рахунок гранітоїдних порід (граніт-порфірів, кварцових порфірів та ін.), і складаються з кварцу і серициту з домішкою піриту і рутилу. Березитизація супроводжує утворення золоторудних жильних родовищ і деяких молібденових, вольфрамових, мідних та ін.

Широким розвитком користуються також інші види гідротермальних змін гірських порід, які є опосередкованими пошуковими ознаками. До них можна віднести баритизацію, цеолітизацію, лиственітизацію, пропілітизацію, карбонатизацію, флюоритизацію. Наприклад, лиственітизація, що розвивається по ультраосновним породам, вказує на можливість виявлення родовищ тальку; лиственітизація основних порід є пошуковою ознакою на кварцово-золотоносне і мідно-кобальтове зруденіння, а також на жильні родовища міді, що містять нікель і кобальт. Пропілітизовані породи вказують на можливість знаходження колчеданних родовищ у межах зеленокам'яних поясів складчастих зон. Пропілітизація постійно виявлена навколо скарнових родовищ. Карбонатизація, баритизація і флюоритизація гірських порід свідчать про розвиток гідротермальних процесів і часто є пошуковими ознаками середньо- і низькотемпературних поліметалевих родовищ золота та ін. Навколорудні зміни розвинені і на екзогенних родовищах. Наприклад, бокситові поклади часто залягають усередині бокситовміщуючих глин.

*Мінерали-індикатори* є пошуковою ознакою для деяких родовищ. Найбільш відомий приклад: піроп є однією з головних пошукових ознак кімберлітів, з якими пов'язані алмазні родовища. Саме по піропу знайдені алмазні родовища Якутії, Архангельської області і деяких інших країн.

Мінерали і елементи-супутники зруденіння використовуються в якості непрямих ознак потенційної рудоносності структур. Як індикатори можуть виступати: мінерали-супутники; індикаторні мінеральні асоціації; окремі типоморфні риси мінералів; співвідношення мінералів і елементів-супутників у рудах.

Найважливіше індикаторне значення мають гіпергенні мінерали зон окислення сульфідних родовищ: гідрооксиди, гідрокарбонати, сульфати Fe, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Bi, Ti, Se. Широко використовуються мінеральні асоціації безрудних фронтальних і флангових зон рудних полів, рудних вузлів, а також жильні мінерали-супутники рудних мінеральних комплексів. Наприклад, кварц, барит, флюорит, карбонати при пошуках рідкіснометалевих і

золоторудних родовищ; піропи, пікроільменіти – алмазних; хромшпінеліди – платинових; лепідоліти і різнобарвні турмаліни – рідкіснометалевих літій-тантал-ніобієвих і каситерит-вольфрамітових; пірит, арсенопірит – золоторудних і золото-платиноїдних об'єктів.

З типоморфних ознак мінералів-індикаторів того або іншого зруденіння особливе значення має специфічне забарвлення (кольорові турмаліни, лепідоліт різноманітних пегматитів, грейзенів; зелене забарвлення польових шпатів колумбітоносних гранітів, яскраво-зелене забарвлення гранатів хромітоносних ультрабазитів і т.п.). Для рудоносних магматичних і метасоматичних комплексів характерні підвищені концентрації рудних елементів у мінералах-супутниках тих або інших руд. Використовуються морфологія кристалів, термолюмінесценція, електропровідність, ізотопні співвідношення C, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, Pb, Sm, Nd, S та інші показники.

Мінерали-індикатори виявляються при шліховому методі пошуків і представлені важкими мінералами, стійкими до фізичного і хімічного вивітрювання. Зазвичай в шліхах присутній не один мінерал-індикатор, а закономірна мінеральна асоціація, що характеризує джерело її виникнення. Джерелом можуть бути не тільки родовища, але і гірські породи, з якими пов'язані родовища. Мінеральні асоціації утворюють відкриті і поховані шліхові ореоли, які є пошуковою ознакою для багатьох корисних копалин, насамперед для золота, платиноїдів, алмазів і деяких інших.

**Геофізичні аномалії** відіграють значну роль при пошуках родовищ. За своїми фізичними властивостями корисні копалини часто суттєво відрізняються від вміщуючих порід, що створює можливість виникнення аномальних зон, тобто спотворених впливом продуктивних геологічних тіл фонових фізичних полів у тому або іншому регіоні. Аномалії відбивають неоднорідність фізичних полів і дають можливість виділяти сприятливі для локалізації зруденіння геологічні структури. Геофізичні аномалії поділяються на магнітні, гравітаційні, електричні, сейсмічні і радіоактивні.

**Магнітні аномалії** обумовлені змінами відносної напруженості магнітного поля, що викликані наявністю порід, неоднакових за магнітними властивостями. Головним мінералом, що створює магнітні аномалії, є магнетит в рудах і вміщуючих породах. Значно меншу роль відіграє моноклінний піротин. Магнітні аномалії бувають позитивні і негативні. Позитивні аномалії виникають за рахунок скупчення магнітних мінералів, насамперед магнетиту, і супроводжують родовища залізних руд а також багаті магнетитом вміщуючі породи. Їхня інтенсивність залежить від типу руд і масштабу родовища. Класичними прикладами родовищ, що інтенсивно збурюють магнітне поле, є Криворізький басейн і Курська магнітна аномалія.

Слабкі магнітні аномалії фіксуються над родовищами хроміту, ільменіту, суцільних піротинових руд, наприклад сульфідні мідно-нікелеві родовища Садбері, Норильська група. Негативні аномалії з'являються в тих випадках, коли практично немагнітні руди залягають серед слабомагнітних порід, наприклад викопні солі, особливо соляні куполи, що залягають серед піщано-глинистих відкладів. Негативні аномалії виникають також над кальдерами вулканів, що заповнені уламковим матеріалом, тоді як по периферії кальдери розташовані вулканічні породи, багаті магнетитом. Іноді негативні аномалії спостерігаються над карстовими родовищами.

*Гравітаційні аномалії* являють собою ділянки із зафіксованими в гравітаційному полі відхиленнями значення прискорення сили тяжіння від нормальних, що обумовлене неоднорідністю будови земної кори. Щільні руди або гірські породи, наприклад ультраосновні або основні магматичні породи, що залягають серед менш щільних вміщуючих порід (пісковиків, вапняків та ін.), створюють позитивні аномалії. Такі аномалії супроводжують родовища заліза, хромітів, суцільних сульфідних руд. Негативні аномалії характерні для соляних куполів, різних западин (кальдер, карстових порожнин та ін.), що заповнені уламковим матеріалом.

На величину гравітаційного поля помітно впливає підземний рельєф під покривними відкладами, а також гірській рельєф місцевості. Тому часто виникають псевдогравітаційні аномалії. Для одержання більш точної картини гравітаційного поля вводять різні поправки на рельєф і на інші природні особливості.

*Електричні аномалії* обумовлені відхиленням електромагнітного поля від його нормального значення, засновані на вивченні різних електричних процесів, що відбуваються в земній корі, як природніх, так і штучних, що викликані впливом електричного струму або електромагнітних коливань. Природні електричні поля обумовлені внутрішньоземними і космічними причинами. Внутрішньоземні електричні поля можуть бути викликані рухом магми, підземних вод, повільним переміщенням земної кори, землетрусами і іншими причинами. До космічних причин відносять вплив плазми Сонця на іоносферу, в тому числі таке явище як магнітні бурі. Відзначені процеси створюють як постійні електричні струми усередині Землі (тілуричні струми), так і електромагнітні коливання (магнітотілуричні поля) в результаті взаємодії магнітного поля Землі з іоносферними та іншими процесами.

Штучні електричні і електромагнітні поля створюють пропусканням електричного струму в земній корі за допомогою електродів, через які подається електричний струм, або впливом електромагнітних коливань на магнітне поле в земній корі. Різноманітні методи електророзвідки, що дозволяють вимірювати різні параметри природнього і штучних електричних полів,

використовуються для виявлення об'єктів з відмінними від загального фону електричними властивостями.

У результаті впливу на електричні поля Землі з'являється багато різних електричних аномалій. До найпоширеніших відносять аномалії викликаної поляризації, опорів, індуктивних методів.

Аномалії викликаної поляризації виникають за рахунок електрохімічних процесів при проходженні електричного струму через границю рідкої і твердої фаз. Можливим джерелом поляризації можуть служити окисно-відновні реакції при проходженні струму через ту ж границю.

Аномалії опорів викликані відмінностями в опорі електричному струму гірських порід і руд. У більшості випадків руди, особливо складені сульфідами, графітом та іншими струмопровідними мінералами, що мають набагато менший опір у порівнянні з гірськими породами, створюють аномалії опорів. У деяких випадках корисні копалини, наприклад, солі, що не містять водяних розчинів, мають більший опір у порівнянні з навколишніми гірськими породами. На основі виміру опорів побудовано багато методів електророзвідки для пошуків родовищ.

Аномалії індуктивних методів викликаються штучними електромагнітними коливаннями на денній поверхні або в повітрі. При наявності струмопровідного рудного тіла на глибині відбувається його підмагнічування, що створює додаткове аномальне магнітне поле. Інший варіант індуктивних методів полягає у вимірі швидкості загасання магнітного поля через кілька секунд після вимикання штучно створюваних електромагнітних коливань.

*Сейсмічні аномалії* обумовлені різними пружними властивостями порід і виражаються в різній швидкості поширення пружних хвиль від місця збудження до пункту прийому. Вивчення сейсмічних властивостей особливо ефективно дозволяє виявляти структуру порід і пов'язані з нею поклади корисних копалин, у першу чергу, родовища нафти і газу.

*Радіоактивні аномалії* викликані підвищеними концентраціями радіоактивних елементів та їхніх ізотопів у рудах. Звичайно вивчається інтенсивність гамма-випромінювання. Такі аномалії виявлені над радіоактивними родовищами урану і торію. Але створюються вони не цими хімічними елементами, а проміжними продуктами їхнього розпаду, наприклад ізотопами радію або радону. Для родовищ урану і торію радіоактивні аномалії можна віднести до прямих пошукових ознак. Але вони супроводжують також числені гідротермальні та інфільтраційні родовища, тобто мають опосередкований характер.

Радіоактивні аномалії є надійною пошуковою ознакою для виявлення родовищ радіоактивної сировини. Завдяки високій міграційній здатності, радіоактивні елементи проникають у вміщуючі породи, ґрунти; газоподібні

продукти радіоактивного розпаду (радон, торон) обумовлюють утворення еманацийних аномалій, які фіксуються в ґрунтовому повітрі та приповерхньому шарі атмосфери.

*До геоморфологічних пошукових ознак* відносяться форми рельєфу (як позитивні так і негативні), що виникають переважно в зонах контакту рудоносних структур, навколорудних метасоматитів вміщуючих порід. Поклади корисних копалин можуть суттєво відрізнятися від останніх за ступенем стійкості до агентів вивітрювання. Тому тіла корисних копалин, що виходять на поверхню, можуть фіксуватися негативними формами рельєфу – депресіями, западинами, карстовими воронками, якщо вони легко вивітрюються, руйнуються, вилуговуються і т.д. Такий рельєф характерний для схованих рудоносних структур, розташованих у зонах розломів, підвищеної тріщинуватості порід, контактів різнорідних товщ або рудних родовищ, що залягають серед стійких до вивітрювання гірських порід. Вони пов'язані із процесами перерозподілу мінеральної речовини при вивітрюванні первинних руд і мінералізованих порід при формуванні зон окислення сульфідних родовищ. Подібні явища виникають із утворенням рудоносного карсту у вапняках, де формуються марганцеві руди і боксити (Урал), а також продуктивні силікатно-нікелеві кори вивітрювання по ультрабазитам (Нова Каледонія).

З іншого боку, стійкі тіла нерідко виступають у рельєфі у вигляді гряд, ланцюжків корінних виходів, утворюють уступи та інші позитивні елементи рельєфу. Наприклад, виходи рудоносних пегматитових і кварцових жил, мінералізованих метасоматичних кварцитів, окварцьованих порід та ін. Такі геоморфологічні форми чітко проявляються в степових і пустільних районах (Середня Азія).

Більш складні комбіновані форми рельєфу виникають у рудоносних стратифікованих масивах базит-гіпербазитів, в інтрузивах центрального типу, у кальдерах і трубках вибуху. Найбільш контрастно геоморфологічні пошукові ознаки виражені в зрілому рельєфі, де ефект, викликаний різною стійкістю порід і руд до вивітрювання, підсилюється факторами часу.

Геоморфологічні пошукові ознаки є основою пошуків усіх типів розсипів: золота, платини, алмазів, каситериту та інших мінералів, стійких у поверхневих умовах. Формування розсипів тісно пов'язане з перетвореннями форм рельєфу.

*Ботанічні пошукові ознаки* виражаються в тому, що над мінеральними скупченнями або над їхніми ореолами розсіювання виростають певні види рослин. Вони називаються рослинами-індикаторами зруденіння. Відомо, що для живлення рослин крім основних і зольних елементів – вуглецю, водню, кисню, калію, натрію, магнію, кальцію,

фосфору, сірки – необхідні також мікроелементи. Одні з них стимулюють ріст рослин, інші можуть виявитися шкідливими і пригноблювати їх. Серед рослин виділяють універсальні, локальні і тератологічні індикатори.

Універсальні індикатори являють собою рослини, що завжди і скрізь указують на наявність певних елементів у ґрунтах. Типовими прикладами універсальних рослин-індикаторів є галмейна фіалка і галмейна ярутка, завжди пов'язані із проявами цинкових руд. Таких індикаторів виявлене поки ще небагато.

Рослини – локальні індикатори за певних умов можуть указувати на особливості порід і ґрунтів у певних районах. Наприклад, рослина Качим Патрєна (*Gypsophila Patrini*) є місцевою ознакою мідної мінералізації на територіях Алтаю і Саянів; у чеських Рудних горах седмічник (*Trientalis europeal*) виростає тільки на ділянках, що характеризуються підвищеними концентраціями олова. Такі рослини-індикатори, на відміну від універсальних, більш численні, однак їхня пошукова придатність ще недостатньо розкрита.

Для тератологічних індикаторів характерними є: зміни зовнішнього вигляду рослин (пишний або різко пригноблений розвиток, нехарактерна форма і забарвлення листів, квітів); відхилення в режимі розвитку рослин (раннє або пізнє цвітіння, обпадання листів і т.п.); ознаки пригноблення рослин або відсутність рослинності (наприклад, остання помітно розріджена або відсутня зовсім над покладами багатих сульфідних, миш'якових, рідкіснометалевих руд). Перелік рослин-індикаторів того або іншого зруденіння можна знайти в спеціальних довідниках «Індикаційна ботаніка».

## 2.3. МЕТОДИ ПОШУКІВ

Найбільш важливі методи пошуків різняться технічними прийомами виявлення як геологічних передумов, так і пошукових ознак, ураховують наявність існуючих родовищ, рудопроявів і аномалій у районі пошуків. Існує велика кількість методів пошуків, що залежать від типів родовищ і від місцевих умов. Розрізняють аерокосмічні, геолого-мінералогічні, геохімічні, геофізичні і гірничо-бурові методи пошуків.

У свою чергу, геолого-мінералогічні методи поділяються на візуальні пошуки, а також уламково-річковий, валунно-льодовиковий і шліховий методи. Геохімічні методи поділяються на літохімічний, гідрохімічний, атмохімічний і біохімічний, а геофізичні на магнітометричний, гравіметричний, сейсморозвідувальний, електророзвідувальний, радіометричний.

### 2.3.1. Аерокосмічні методи пошуків

Космічні знімки використовуються при визначенні і вивченні великих структур і пов'язаних з ними корисних копалин, які у своїй більшості непомітні при наземних спостереженнях. На знімках спостерігаються основні риси геологічної будови, лінійні і кільцеві структури. Космічні знімки дають укрупнену уяву про геологічну будову великих регіонів. Лінеamenti якоюсь мірою відбивають розломи фундаменту, сховані під наносами, які можуть мати відношення до контролю зруденіння.

Кільцеві структури мають різний генезис. Найбільш великі мають космічне походження і є слідами метеоритного бомбардування поверхні Землі в минулі періоди. Добре відомий Аризонський кратер у США. Він виражений у рельєфі у вигляді круглої западини діаметром близько 1200 м і глибиною 180 м, що виникла 50000 років тому. Відомий Попігайський кратер у Сибіру, утворений 36 млн років тому в результаті падіння небесного тіла масою близько 7 т. Кратер занесений молодими кайнозойськими осадками і спостерігається у вигляді кільцевої структури з космосу. Діаметр кратера близько 100 км. Структура цікава тим, що в неї за рахунок вуглецьвмісних порід утворилося багато дрібних кристалів технічного алмаза. В основі кратера розташована брекчія частково переплавлених порід (імпаکتити, зювіти).

Кільцеві структури меншого розміру (кілометри – десятки кілометрів) пов'язані з магматичними тілами (ізометричними інтрузіями, вулканічними побудовами, кальдерами вулканів). Часто вони перекриті молодими осадками і не спостерігаються при наземних дослідженнях. Найбільш дрібні кільцеві структури (сотні метрів, до кілометра) зазвичай пов'язані з карстовими воронками. У Тургайському прогині на аерофотознімках видні ознаки карстових бокситоносних воронок, навіть якщо вони перекриті 50- метровою товщею осадків. У багатьох карстових воронках розташовані поклади бокситів.

Аерофотознімки використовуються не тільки для розшифрування геологічної структури району, що досліджується, але й для виявлення ознак зруденіння даної території. Виконуються звичайно в чорно-білому зображенні, хоча іноді використовують кольорові, спектрональні та інфрачервоні фотознімки. Добре різняться шари гірських порід, їхнє залягання, незгідності в заляганні, розривні порушення, інтрузивні масиви, вулканічні побудови, рельєф і ландшафт місцевості та багато інших геологічних особливостей. Аерофотознімки піддають наземному дешифруванню з використанням геологічних маршрутів, що дозволяє складати геологічні карти великого масштабу. Крім того, аерофотознімки застосовують і для складання детальних топографічних карт.

Аерофотозйомка супроводжується дистанційними геофізичними методами: аеромагнітною, аерогравітаційною та аерорадіометричною зйомками, які сприяють виявленню геофізичних аномалій. Аерофотозйомка дозволяє не тільки складати карти територій різного масштабу, але й дає пошукову інформацію: наявність рудоконтролюючих горизонтів і структур, сприятливі для рудоутворення форми рельєфу, у деяких випадках можна виявити виходи рудних тіл або змінених навколорудних порід.

### 2.3.2. Геолого-мінералогічні методи

Пошуки родовищ твердих корисних копалин геолого-мінералогічними методами полягають у візуальному виявленні безпосередніх ознак зруденіння і простежуванні ореолів і потоків механічного розсіювання. Відповідно до цього, виділяються візуальні пошуки, уламково-річковий, валунно-льодовиковий і шліховий методи.

*Візуальні маршрутні пошуки* передбачають, в першу чергу, проведення геологічних маршрутів, у яких можна візуально (особливо в умовах гарної відслоненості) виявляти і оконтурювати виходи багатьох корисних копалин або жильних мінералів за характерними пошуковими передумовами та прямими і опосередкованими пошуковими ознаками. У геологічних маршрутах проводиться ретільний огляд порід у природніх відслоненнях і висипках, за мінеральним складом утворень та їхнім структурно-текстурним особливостям можна прогнозувати ймовірний склад незмінених руд і передбачувані концентрації в них корисних компонентів.

Відомі з глибокої стародавності візуальні методи пошуків, зберегли своє значення і сьогодні. Візуальні методи є складовою частиною будь-якого комплексу робіт з геологічної зйомки і пошукових досліджень. Особливо велика їхня роль при дрібно-середньомасштабних геологорозвідувальних роботах у малодосліджених районах, де шанси на відкриття нових родовищ за візуальними спостереженнями найбільш високі. При великомасштабних дослідженнях рудних районів візуальні методи пошуків включаються до складу геолого-зйомочних робіт масштабу 1:50000.

Геологічна ефективність візуальних пошуків залежить, насамперед, від досвіду і знань геолога, а також геологічної обстановки (ступені відслоненості району, характеру рельєфу і річкової мережі, інтенсивності ерозійних процесів, морфології та умов залягання рудних тіл та інших факторів). Успіху пошуків сприяє гарна відслоненість району, активна ерозійна діяльність сучасної гідромережі і наявність родовищ, що представлені стійкими до хімічного розкладання рудами і мінералами. До таких родовищ належать природні концентрації заліза, хрому, титану, золота,



платини, алмазів, олова, танталу, ніобію, вольфраму, алмазів, корунду та інші.

Родовища, які представлені рудами і мінералами, що легко руйнуються, виявляються візуальними методами, в основному, на ділянках річкових долин з активною сучасною ерозією і на крутих гірських схилах. Малоефективні візуальні методи пошуків у районах сильно задернованих, заболочених і покритих потужними наносами.

**Уламково-річковий метод** передбачає вивчення алювіальних, делювіальних і елювіальних ореолів механічного розсіювання рудної речовини. Головною задачею цього методу є виявлення рудних уламків з підвищеною стійкістю до вивітрювання або супутніх індикаторних порід і мінералів, наприклад, метасоматитів, та їхньому систематичному простежуванні в напрямку зносу рудного матеріалу до корінних виходів родовища.

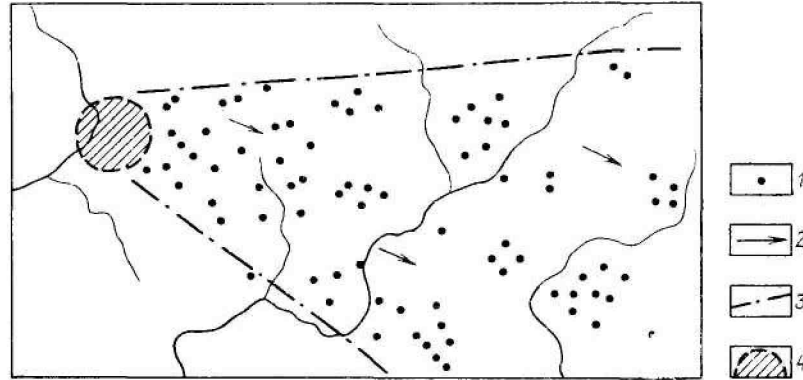
Досліджуються основні річки та їхні притоки до появи, ознак близькості корінного родовища. Такими ознаками є збільшення розміру і відсутність обкатаності уламків, зникнення рудних уламків вище за течією річки. Далі ретельно вивчаються делювіальні і елювіальні відклади схилів. Маршрути розташовуються по горизонталях рельєфу вхрест простягання ореолу розсіювання. Для виявлення контуру ореолу проходяться гірничі виробки (розчистки, копуши, канави, шурфи). При пологих схилах долин, що переходять у маловідслонений вододільний простір, для виявлення корінного родовища використовують шліхові і геохімічні методи.

У сприятливих природних умовах цей метод ефективний для пошуків різноманітних корисних копалин, стійких у зоні гіпергенезу, на ділянках окварцьованих і метасоматичних змінених порід.

**Валунно-льодовиковий метод** полягає в пошуках родовищ, покритих плащем льодовикових відкладів. Підставою для постановки пошуків служить виявлення уламків руд і порід-індикаторів при геологічній зйомці або інших дослідженнях. Пошуки проводяться в кілька етапів. Спочатку вивчаються льодовикові відклади в місцях знахідок рудних валунів, геоморфологічна обстановка, склад валунного матеріалу, сліди переміщення льодовика по корінних породах (баранячій лоб, льодовикові шрами) і виявляється напрямок зносу уламкового матеріалу. Потім намічаються маршрутні лінії, які розташовують поперек напрямку руху льодовика. По цих лініях вивчають валунний матеріал з поверхні, канавами і шурфами (при малій потужності пухких відкладів) розкриваються і аналізуються моренні відклади. Особлива увага під час пошуків рудних валунів приділяється нижнім горизонтам донних морен, матеріал яких найкраще відображає склад підстиляючих порід.

Місця виявлення рудних валунів наносяться на карту четвертинних відкладів для з'ясування контурів їхніх ореолів навколо корінних рудних виходів.

Як правило, від корінного родовища валуни розходяться у вигляді віяла, що розширюється в напрямку руху льодовика (рис. 2.6.).



**Рис. 2.6. Схема валунно-льодовикового віяла**

1 – рудні валуни; 2 – напрямки льодовикових штрихів; 3 – умовні межі віяла; 4 – ділянка для пошуків корінних рудних виходів

Отримані матеріали співставляють із геологічною картою і визначають можливе місце джерела утворення рудного віяла розносу. Наступні роботи виконуються на обмеженій площі, що була виявлена «валунними пошуками», і спрямовані на виявлення рудних тіл. При значній потужності порід льодовикового покриву застосовується комплекс геофізичних робіт з перевіркою виявлених аномалій свердловинами або гірничими виробками.

Валунно-льодовиковий метод з успіхом застосовується для пошуків родовищ у районах, що піддані материковому зледенінню. За допомогою цього методу виявлено багато промислових родовищ рудних і нерудних корисних копалин у колишньому Радянському Союзі, Канаді, і Скандинавських країнах (Фінляндії, Швеції, Норвегії).

**Шліховий метод** полягає у вивченні механічних шліхових ореолів розсіювання, які утворилися при ерозії корінних порід. Метод передбачає систематичне шліхове опробування пухких відкладів, вивчення складу шліхів, простежування і оконтурювання ореолів розсіювання та виявлення по них корінних і розсипних родовищ корисних копалин. Шліх це залишок (концентрат), що представляє собою дрібну фракцію важких мінералів, отриману після промивання пухких гравійно-піщано-глинистих відкладів (або шліхової проби). Шліх може бути отриманий і в результаті промивання штучно подрібнених гірських порід і мінеральних утворень, у такому випадку він називається протолочкою. Збагачення проб проводиться у воді за допомогою лотків, ковшів, бутар, вашгердів і на гвинтових сепараторах.

Основним об'єктом шліхових досліджень є продукти вивітрювання корінних порід і руд. Метод є ефективним для пошуків розсипів і корінних родовищ благородних металів, а також інших корисних копалин, які утворюють мінерали, стійкі до фізичного і хімічного вивітрювання. Шліховий метод застосовується при пошуках золота, платиноїдів, алмазів, каситериту, вольфрамиту, циркону, монациту, танталіту-колумбіту, кіноварі і багатьох інших мінералів.

Можна сформулювати три основні задачі шліхового методу пошуків або три основні області його застосування:

- пошуки корінних і розсипних родовищ мінералів стійких фізично і хімічно, що мають значну густину;
- пошуки в районах геологічно малодосліджених, перспективна оцінка зруденіння району;
- вивчення асоціацій важких мінералів, що належать до різних геологічних або рудних комплексів з метою їхньої кореляції.

Результати шліхового опробування можуть бути використані для перспективної оцінки району; виявлення ділянок підвищеної концентрації цінних мінералів у пухких відкладах; оконтурювання ділянок промислових розсипів і покладів рудної і нерудної мінеральної сировини; визначення мінералогічного складу проб і вмісту цінних мінералів у розсипах і корінних родовищах; підрахунку запасів корисних копалин у розсипних родовищах на стадіях пошуків і попередньої розвідки.

Шліхова зйомка включає наступні операції: вибір місця взяття проб, відбір проб, збагачення проб (одержання шліху), вивчення шліхів, документацію опробування, узагальнення і аналіз результатів опробування. Шліхові проби відбирають із пухких елювіальних, делювіальних, і алювіальних відкладів у місцях найбільш імовірного накопичення цінних мінералів. Переважне значення при використанні шліхового методу мають алювіальні відклади. Проби намагаються відбирати на тих ділянках русла річки, де можлива максимальна концентрація рудних мінералів. Це ділянки різкого розширення річкових долин, круті повороти русла, перекати, пороги, нижче водоспаду, перед валунами, деревами, що впали, нерівне тріщинувате дно, коси, причому та частина коси, яка вище за течією, обмілини, де зменшується швидкість водного потоку і відбувається накопичення уламкового матеріалу. Саме нижче перекатів і порогів, вище приток алювіальні відклади максимально збагачуються важкими мінералами.

Застосування шліхового методу при опробуванні делювію і елювію має на меті виявлення корінних джерел живлення вже відомих розсипів, визначення рудного зносу, прогнозування просторового положення рудних тіл, простежування по простяганню зон корінної мінералізації. Делювій і

елювій опробуються поблизу вододілів і на вододілах. Опробування ведеться по обом бортам долини річки у підніжжя схилів корінних берегів, де проходять лінію копуш або шурфів і відбирають шліхові проби. Виробки розташовують по лінії, залежно від масштабу пошуків, на відстанях 50-100-200м. Відбирають проби пухких порід, що знаходяться безпосередньо під ґрунтовим шаром. Глибина відбору проб залежить від крутості схилів, гранулометричного складу делювію. При пологому рельєфі проби бажане відбирати поблизу плотика, тоді як на крутих схилах опробування ведеться на глибині перших десятків сантиметрів.

На розподіл мінералів у товщі уламкових порід впливають властивості самих мінералів, головним чином, їхня густина. Чим вище густина мінералу, тим швидше він переміщується в низи делювію, де і утворює збагачений горизонт. Так, Ас, маючи високу густина, збагачує найглибші горизонти делювію, поблизу плотика; каситерит, з меншою густиною, концентрується в середній частині розрізу делювіальних відкладів; монацит, з невисокою густиною, характерний для поверхневих частин делювію, що підстилають ґрунтовий горизонт. На вихід шліху впливає також метеорологічна обстановка в момент взяття проби. Найбільш сприятливим для шліхового опробування є період швидкого спаду води після повені або тривалих сильних дощів. У цей час відбувається чергове збагачення кіс і верхньої частини руслових відкладів важкими мінералами.

Мінералогічний склад шліху залежить від мінерального складу матерінських порід; стійкості шліхових мінералів у зоні вивітрювання і при перенесенні водними потоками; пізнішого мінералоутворення в зоні акумуляції.

Вихідна маса шліхової проби залежить від вмісту в породах важких мінералів, а також від обраної методики пошуків. Вона повинна бути такою, щоб після промивання мінімальний вихід шліху склав не менше 10-15г. Для одержання достовірних результатів шліхового опробування, необхідно, щоб первинна маса була стандартної і постійної не тільки протягом одного сезону, але і протягом усього часу роботи в одному районі. Стандартним об'ємом початкової шліхової проби, що підлягає промиванню, вважається  $0,02\text{м}^3$  або 32 кг.

Шліхові проби промивають у найближчому водоймі за допомогою лотка або інших пристосувань. У процесі промивання із проб відбираються гальки і валуни, шляхом відмулювання вимиваються глинисті частки, а потім відмивається і легка піщана фракція.

Вихід шліхів із проб пухких порід, їхній мінеральний склад, кількісні вмісти залежать від якості роботи промивальника, а також фізичних і морфологічних параметрів мінералів, таких як форма і розмір зерен, габітус

кристалів, густина, твердість і механічна стійкість. Зокрема, найбільш ефективно промивання при розмірі зерен 0,3-1,0 мм. Зерна менших розмірів можуть загубитися при промиванні, тому що вплив густини зменшується зі зменшенням їхнього розміру.

Зерна ізометричного вигляду краще утримуються в лотку, а мінерали призматичної, подовженої форми можуть при промиванні змиватися з лотка. Найбільші втрати відзначаються при промиванні матеріалу з пластинчастою формою зерен. Механічно нестійкі мінерали в результаті активного перемиву стираються, розколюються і легше вимиваються з проби.

Таким чином, втрати шліхових мінералів вибірні; збільшення втрат характерно переважно для мінералів з відносно невисокою густиною, призматичного або пластинчастого вигляду, зерна яких мають невеликі розміри і знижену механічну стійкість.

У польових умовах проба відмивається тільки до сірого шліху, а доведення проб до чорного шліху здійснюється зазвичай в стаціонарних умовах. Сірий шліх необхідний для виявлення мінералів із густиною більше  $3\text{т/м}^3$ , а чорний шліх – для вивчення мінералів, у тому числі благородних металів, із густиною більш  $5\text{т/м}^3$ .

Найпоширеніший мінерал у шліхах – магнетит, тому шліх звичайно має чорний колір, звідки він і одержав назву, але іноді «чорний» шліх може мати і інший колір залежно від мінералу, що переважає, наприклад: червоний колір від кіноварі, помаранчевий від монациту та ін.

Шліх може піддаватися скороченому або повному мінералогічному аналізу в польових або лабораторних умовах. Скорочений аналіз застосовується, коли оцінюється один або декілька найцінніших мінералів. Наприклад, при пошуках золота зазвичай визначається лише кількість зерен золота в шліху. Кожне зерно називається «знак». Коли кількість знаків велика (десятки), то застосовують термін «вагова кількість». Коли золота в шліху багато, те його виділяють зі шліху і зважують, щоб визначити питомий вміст золота в шліховій пробі в грамах на кубічний метр. При аналізі шліху звертають увагу на ступінь обкатуності зерен, яка прямо пов'язана з далекістю досліджуваних мінералів від корінного джерела.

Повний аналіз шліху застосовується рідше. Схема його включає поділ шліху на фракції за розміром зерен, за магнітною сприйнятливістю і за густиною. Найбільш представницька фракція для характеристики шліху – робоча фракція розміром 0,25-0,5 мм. У кожній фракції визначається мінеральний склад.

Ділення робочої фракції за магнітною сприйнятливістю здійснюються магнітом Сочнева. У магнітній фракції знаходиться, в основному, магнетит, його зростки з іншими мінералами, а також шматочки техногенного заліза. Рідко

може бути присутнім моноклінний піротин. В електромагнітній фракції зустрічаються гематит, ільменіт, хроміт, залізистий сфалерит (марматит), вольфраміт, залізисті силікати та інші слабomagнітні мінерали. У немагнітній фракції кількість мінералів набагато більша, тому її розділяють на важку і легку фракції за допомогою важких рідин. Найчастіше застосовується бромформ із густиною  $2,9 \text{ т/м}^3$ , рідше – рідина Клеричи із густиною  $4,2 \text{ т/м}^3$ . У важкій фракції знаходяться в основному рудні мінерали і деякі нерудні з підвищеною густиною, такі, як сфен, циркон та ін. Легка фракція має невеликий інтерес, тут переважають польові шпати і кварц.

Вихідний шліх і всі фракції зважують, і в найважливіших фракціях визначають кількість усіх або частини мінералів візуальним способом під бінокляром, що дозволяє, знаючи густину мінералів, перерахувати їхня вміст в одиниці маси. Деякі мінерали, наприклад магнетит, можна виділити в окрему фракцію і зважити її. Іноді виникає необхідність діагностувати деякі мінерали шліху, що здійснюють за допомогою оптичних методів, мікрохімічних реакцій, ультрафіолетового джерела або порівнянням з еталонами. Наприклад, зерна алмаза і шееліта під ультрафіолетовим висвітленням зазвичай мають яскраво-блакитний колір.

Усі операції шліхового опробування документуються в журналі опробування. У цьому журналі відбиваються такі дані як дата і номер проби; місце взяття проби; геоморфологічна характеристика ділянки відбору проби – тераса та її висота, нижня частина коси і т.д.; характер опробуваних відкладів; глибина відбору; об'єм проби; результати візуального перегляду проби і лабораторного шліхового аналізу.

Графічна обробка результатів шліхових пошуків полягає в побудові шліхових карт, карт ореолів розсіювання, які є одним з видів геолого-пошукових карт. На цих картах показані шліхові ореоли, найважливіші мінерали та їхня кількість у знаках або в одиницях маси і в умовних позначках інших видів. Розрізняють точкові, кружкові і стрічкові шліхові карти.

На точковій карті крапками відзначаються місця взяття проб, а індексами вказуються виявлені рудні мінерали (мал.2.7.). Але такі карти мають малу інформативність.

На кружкових картах у місця взяття проби зображується кружок, розміри якого пропорційні об'єму проби. Кружки ділять на сектори, кількість і розмір яких відбиває кількість і вміст мінералів шліху (мал.2.8.). Кожний сектор штрихується або розфарбовується умовним кольором. Такі карти більш наочні та інформативні, але незручні для дрібномасштабних карт, оскільки кружки перевантажують карту.

Стрічкові карти найбільш компактні і виразні (мал. 2.9.). На них у місцях відбору проб, пропорційно кількості виявленого корисного мінералу

проводять лінії поперек річки. Потім бічні частини ліній з'єднують, одержуючи стрічки, ширина яких відбиває зміну вмістів корисного компонента за течією річки або за напрямком опробування. На карті можуть бути одночасно показані кілька важливих мінералів.

Шліхова карта є підсумком застосування шліхового методу пошуків. Головне її призначення – дати наочну уяву про просторове розміщення в пухких відкладах різних видів корисних компонентів та їхніх типоморфних супутників, оконтурити ореоли розсіювання і встановити їхні можливі зв'язки з корінними утвореннями, тобто дає можливість прогнозувати місце розташування корінного або розсипного джерела рудних мінералів.

До шліхової карти прикладаються геоморфологічна карта і карта четвертинних відкладів. Якщо такі карти відсутні, то на шліхову карту наносять річкові тераси, ділянки давнього алювію, льодовикові утворення. При опробуванні схилів долин і вододілів шліхові карти складаються в ізолініях вмістів корисних мінералів. Такі карти дають уяву про морфологію і масштаб ореолів розсіювання рудних мінералів і дозволяють встановити місця максимальної концентрації продуктивних мінералів.

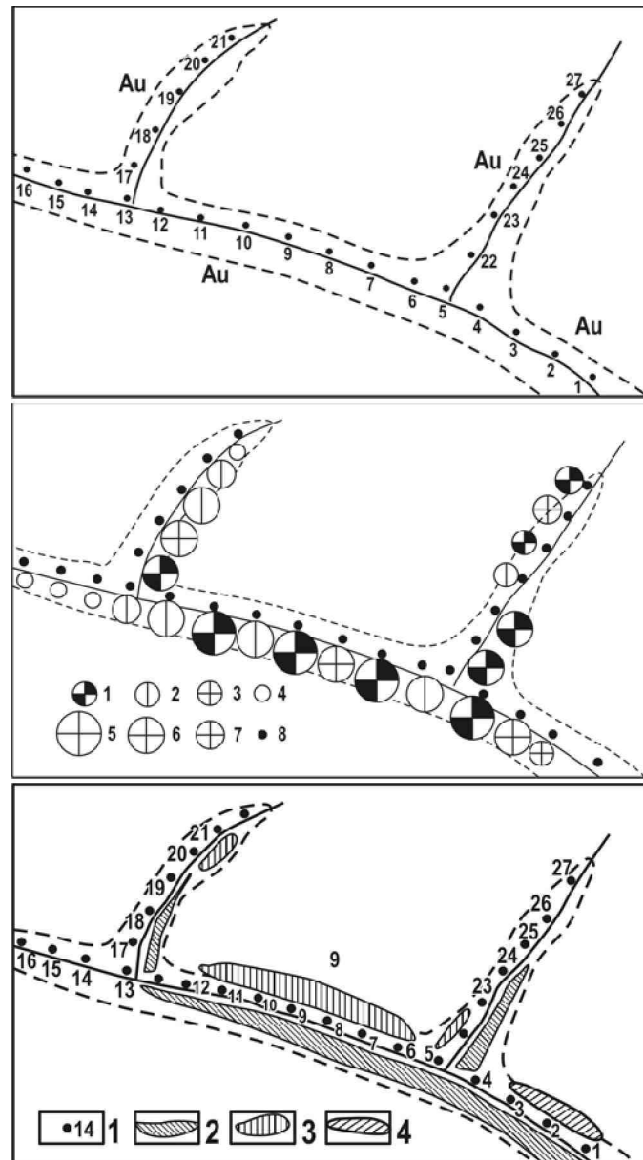


Рис. 2.7.; 2.8; 2.9. Шліхові карти: (за А.Ф.Коробейниковим)

**Точкова;**

**Кружкова:**

1 – золото, 2 – шеселіт, 3 – гранат, 4 – золото, шеселіт і гранат відсутні, 5 – багато мінералу, 6 – середня кількість мінералу, 7 – мала кількість мінералу, 8 – місце відбору проб;

**Стрічкова:**

1 – номер і місце відбору проби, 2 – золото, 3 – шеселіт, 4 – гранат

### 2.3.3. Геохімічні методи пошуків

Безумовною перевагою геохімічних методів пошуків є можливість їхнього використання на різних стадіях геологорозвідувального процесу і у широких діапазонах ландшафтно-кліматичних умов, відслоненості і розчленованості рельєфу районів, що досліджуються, а також об'єктивність, висока інформативність і оперативність досліджень. З їхньою допомогою представляється можливим визначити досить низькі концентрації хімічних



елементів по великій кількості проб і виявити аномальні ділянки з підвищеними вмістами корисних компонентів. Геохімічні методи пошуків застосовуються широко і є одним з основних методів пошуків більшості ендегенних корисних копалин, використовуються також при проведенні стандартної геологічної зйомки масштабів 1:200000 і 1:50000. Вони засновані на виявленні, оконтурюванні та оцінці локальних ореолів елементів-індикаторів рудної мінералізації і елементів-супутників у корінних породах, пухких відкладах, природних водах, газах і рослинах. Відповідно до цього, виділяються:

- літохімічний;
- гідрохімічний;
- атмосферичний;
- біохімічний методи пошуків.

Найпоширеніші літохімічні методи. Залежно від цілей і завдань, природних умов, літохімічні пошуки проводяться по первинним (ендогенним), вторинним (гіпергенним) ореолам або по потоках розсіювання рудоутворюючих елементів-індикаторів. Інші геохімічні методи мають явно підлегле значення.

*Літохімічний метод* базується на вивченні первинних і вторинних ореолів і потоків розсіювання хімічних елементів. Сутність методу полягає в систематичному опробуванні порід з метою визначення вмісту в них рудних елементів і виявлення характеру і форми їхніх ореолів і потоків розсіювання. На фоні середнього для району вмісту виявляються аномальні ділянки з підвищеними значеннями елементів – індикаторів руд.

З урахуванням геологічної і геоморфологічної обстановки, на основі вивчення ореолів розсіювання елементів виявляються ділянки, перспективні для виявлення корінних родовищ корисних копалин. Рудні тіла, що виходять на поверхню, а також сховані на глибині можуть бути виявлені за первинними літохімічними ореолами. За вторинними ореолами і потоками розсіювання виявляються родовища і рудні поклади, сховані під пухкими відкладами.

Застосування літохімічного методу припускає виконання наступних операцій: вибір місць і щільності мережі опробування, відбір і обробку проб, аналіз проб, узагальнення і інтерпретацію результатів опробування. Вибір місця узяття проб і густоти мережі опробування визначаються проектним завданням і характером ореолів розсіювання.

Пошуки за первинними ореолами полягають в опробуванні корінних порід або уламкової фракції елювіально-делювіальних відкладів і в значних об'ємах проводяться на стадіях пошуків, оцінки і розвідки родовищ, а також при виконанні спеціальних прогнозно-металогенічних робіт. Відбір

геохімічних проб проводиться із природніх відслонень корінних порід, поверхневих і підземних гірничих виробок і керна свердловин роздільно для незмінених порід, зон тектонічних порушень, прожилково-вкрапленої, жильної, рудної і нерудної мінералізації. Це, насамперед, ендо- і екзоконтакти рудоносних інтрузивів, мінералізовані зони гідротермальних змін і дроблення порід, продуктивні фації вулканогенно-осадових порід та ін.

Вивчення вторинних ореолів розсіювання передбачає відбір проб з верхнього шару елювію і делювію (при малій потужності пухких відкладів – перші метри). Глибина опробування змінюється від 15-20 см у сухих і посушливих районах до 40-80 см у районах з вологим кліматом. При детальних пошуках раціональну глибину відбору проб визначають експериментально. При геологічних зйомках дрібного і середнього масштабу (1:1000000-1:100000) проби відбираються попутно по лінії геологічних маршрутів. При пошуках масштабу 1:50000-1:10000 і крупніше проводиться інструментальна розбивка прямокутної пошукової мережі з розташуванням пошукових ліній вхрест простягання очікуваних рудоносних структур. В умовах потужних наносів поховані ореоли розсіювання вивчаються за керном картувальних свердловин.

Пошуки за потоками розсіювання одержали найменування методу пошуків по донних осадах. Цей метод найбільш ефективний в умовах гірського рельєфу з добре розвинутою гідромережею. Об'єктом опробування при даному методі є тонкі мулисто-глинисті фракції алювію (донні відклади) дрібних рік, струмків, сухих балок і конусів виносу делювіальних і алювіальних відкладів. Таким шляхом вивчаються потоки розсіювання, які прослідковуються іноді на більш значні відстані в порівнянні з великими ріками, де рудні компоненти швидко розубожуються до фонових вмістів. В умовах платформ із потужним чохлам пухких відкладів і в пенепленізованих областях з малорозвинутою гідромережею пошуки по донних осадах неефективні. Позитивні проби говорять про можливість виявлення в районі корінних родовищ, що виходять на ерозійний зріз.

Відібрані проби документують, указують місце взяття, тип відкладів (скельні, пухкі, піщані або галькові, конуси виносу, тераси та ін.), дату і номер проби. Обробку і аналіз літохімічних проб проводять у лабораторних умовах.

Узагальнення і інтерпретація результатів літохімічного опробування полягає в нанесенні даних аналізів на графічні матеріали і їхнє вивчення. При маршрутних пошуках складаються геохімічні розрізи, а при площадних – геохімічні карти в ізолініях вмістів аналізованих елементів. Вивчення геохімічної інформації на фоні геологічної обстановки з урахуванням геоморфологічних даних дозволяє встановити місцезнаходження рудних тіл, що визначили появу ореолів розсіювання. В умовах рівнинного рельєфу

рудні тіла зазвичай розміщуються в контурі ореолу розсіювання, а на схилах гір – вище по схилу, іноді за межами ореолу.

**Гідрохімічний метод** полягає у дослідженні хімічного складу природних поверхневих і підземних вод. Принципова основа цього методу – здатність води до розчинення гірських порід, її активна участь у хімічних перетвореннях мінералів і властивості води як рухливого середовища. Зв'язок між хімічним складом води і наявністю поблизу водного джерела покладів корисних копалин не викликає сумнівів і є однією із причин виникнення гідрохімічних аномалій, що мають пошукове значення.

Виявлення гідрохімічних ореолів розсіювання, що є основною задачею методу, передбачає виконання наступних операцій: відбір проб води, попередній їхній аналіз на місці відбору, геологічну і гідрогеологічну документацію проб, хімічний і спектральний аналіз води в лабораторіях, обробку матеріалів та інтерпретацію результатів опробування.

Проби води обсягом 0,5-1,0 л беруть із джерел і колодязів, свердловин, шурфів і каналів, дрібних струмків і річок, ставків, дрібних озер, з низинних боліт, що живляться джерелами, переважно в районах з гумідним кліматом, бажане в суху пору року. У свердловинах перед відбором проб води необхідно робити відкачку до повного видалення глинистого розчину. У зонах багаторічної мерзлоти проби води можна брати тільки зі свердловин, які досягли ґрунтових вод. В аридному кліматі проби беруть після випадіння атмосферних опадів при високому стоянні рівня підземних вод. Під час відбору проб намагаються не допускати забруднення води іншими домішками. Не рекомендується користуватися оцинкованим посудом, який різко змінює склад проб води. Для зберігання проб води найкраще підходить скляний посуд.

Щільність пунктів взяття проб води коливається в широких межах і часто визначається розміщенням джерел води. Лише в невеликих річках можна брати проби через 500-1000 м.

У пробах води вимірюють водневий показник (рН), окисно-відновний потенціал (Eh), загальну мінералізацію, вміст іонів Cl, Ca, Mg, SO<sub>4</sub> та ін. Для пошукових цілей важливе значення мають відношення іонів Br/Cl, K/Na. Високий вміст іона SO<sub>4</sub> є індикатором сульфідних родовищ, підвищені вмісти Br і K вказують на можливість виявлення калійних солей.

Гідрохімічні методи застосовуються при дрібно-, середньо- і крупномасштабних пошукових роботах, рідше на стадіях оцінки і розвідки. Ефективність гідрохімічних досліджень визначається високим площадним представництвом гідрохімічної проби, простотою операції, низькою вартістю і можливістю одержання результатів вже в період польових робіт. Цей метод має найбільшу серед усіх геохімічних методів глибинність, яка визначається урізом долини і становить у середньому 200-500 м, а для висхідних напірних

вод може досягати 1 км. Це дозволяє успішно використовувати метод для пошуків похованого і перекритого зруденіння.

Недоліком гідрохімічного методу пошуків є залежність робіт від багатьох причин: кількості і тривалості випадання атмосферних опадів, пори року, рівня ґрунтових вод, інтенсивності процесів окислення, активності водообміну, наявності геохімічних бар'єрів, техногенних факторів та ін. Найбільш сприятливими для застосування цього методу пошуків є гірські райони, що характеризуються розвинутою гідромережею з невисокою загальною мінералізацією вод (до 1 г/л) і вологим кліматом. Ефективність гідрохімічних досліджень у цілому нижче, чим літохімічних.

**Атмохімічний метод** полягає у виявленні і оконтурюванні вторинних газових ореолів розсіювання в підґрунтовому повітрі і приповерхніх шарах атмосфери. Газоподібними індикаторами зруденіння є ртуть, метан, сірчистий газ, сірководень, вуглекислий газ, галогени, радон, гелій, аргон. Сутність газових зйомок полягає у відборі проб повітря з підґрунтового, рідше із приповерхнього шару атмосфери за допомогою трубчастих пробовідбірників з наступним їхнім аналізом на вміст вказаних вище газів. Проби відбираються зі свердловин діаметром 43-65 мм з глибини близько 1,5м. Буріння неглибоких свердловин здійснюється мотобурами. Відбір проб може проводитися також з більших глибин – до 600 м (з гірських виробок і свердловин). Відібрані проби газу піддають хроматографічному аналізу для визначення окремих складових газу.

Накопичення газоподібних індикаторів зруденіння може бути пов'язане не тільки з родовищами, але і з іншими природними процесами, наприклад з вулканізмом, а також з техногенним впливом на навколишнє середовище.

*Метан* є індикатором родовищ горючих корисних копалин (природного газу, нафти, кам'яного вугілля). Він вміщується в ґрунтах, болотах, виникає при біохімічних процесах, значна частина метану надходить в атмосферу із глибин Землі, виділяється при вулканічних і відновних процесах за рахунок реакції вуглекислоти з воднем, при вкоріненні інтрузій, у гідротермах, при взаємодії водню або парів води на глибині.

*Вуглекислий газ* є найпоширенішим газовим компонентом рудних родовищ і має різноманітне походження. Він виділяється в процесі життєдіяльності організмів у ґрунті і при окисненні органічної речовини киснем поблизу поверхні, є присутнім у низькотемпературних гідротермальних процесах, що може вказувати на можливість виявлення родовищ. Він з'являється при розкладанні карбонатів під дією кислот, таких як сірчана або сірчиста, які виникають при окисненні сульфідів. Вуглекислий газ супроводжує вугільні родовища, широко розвинений у вулканічних процесах. Локальний

підвищений вміст вуглекислоти в атмосфері може вказувати на виділення вуглекислого газу з надр.

*Ртуть* у газоподібному стані супроводжує більшість гідротермальних родовищ. Вона в якості домішки присутня в багатьох рудних мінералах. При температурі близько 300 °С, звичайної для багатьох постмагматичних процесів, вона виділяється з мінералів, у тому числі з кіноварі. Ртуть накопичується і в інших геологічних об'єктах: наприклад, нею часто збагачені мули на дні річок, ґрунтові води та ін. Усі вони утворюють газові ртутні ореоли.

*Сірчистий газ і сірководень* виникають при окисно-відновних процесах сульфідних родовищ, крім того, вони є звичайними складовими частинами вулканічних газів.

*Галогени* утворюються при окисленні деяких рудних мінералів, що містять хлор, рідше бром і йод. Йод і бром присутні в нафтових родовищах, які також можуть бути джерелом галогенів.

*Радон* - індикатор радіоактивних руд. Він виникає в ланцюжках розпаду ізотопів урану і торію і може накопичуватися в підґрунтових газах і в ізольованих об'єктах природного і техногенного походження.

*Гелій* має не стільки пошукове значення, скільки використовується для виявлення глибинних розривних порушень у кристалічному фундаменті.

*Аргон* характерний для галогенних руд і газових виділень глибинних розломів.

Найчастіше для пошуків родовищ використовують ореоли розсіювання парів ртуті, метану і радону.

На вимірюванні концентрації радіоактивних газів у ґрунтовому повітрі розроблений *еманаційний метод* пошуків. Радіоактивні еманції включають радон і торон, які поширюються від джерела радіоактивного розпаду в навколишнє середовище переважно дифузійним шляхом і накопичуються в ґрунтах над рудними тілами урану, торію.

Метод еманційної зйомки територій має високу чутливість і забезпечує виявлення ореолів розсіювання в породах і рудах урану зі вмістом у тисячні частки відсотка. Тому цей метод може використовуватися для пошуків не тільки уранових, але і інших рудних і нерудних родовищ. У таких рудах повинна бути хоча б мінімальна кількість радіоактивних елементів – U, Th, K. До таких руд відносяться рідкіснометалеві і слюдяні родовища пегматитів, фосфоритів, бокситів, залізних, титанових, ванадієвих, рідкісноземельних руд. Проби газу відбираються з пухких відкладів спеціальними пробовідбірниками із неглибоких свердловин. Глибина опробування залежить від потужності пухких відкладів і складає, в середньому, від 1 до 2 м.

Важливе практичне значення при пошуках похованих родовищ має велика проникна здатність газових компонентів, що мігрують на значні відстані від рудних тіл через товщі пухких відкладів. Атмохімічні пошуки в цілому є опосередкованими, однак ретельний аналіз фізико-хімічних умов утворення газових ореолів часто дає достатні підстави для впевненої геологічної інтерпретації виявлених аномалій і встановлення зв'язків з родовищами.

**Біохімічний метод** полягає у вивченні біохімічних ореолів розсіювання, які, у свою чергу, залежать від здатності організмів відбивати особливості навколишнього середовища в хімічному складі, морфології і видових асоціаціях. У теперішній час, серед великої різноманітності живих організмів, практичне значення має тільки геоботанічний метод, що використовує в якості об'єктів опробування наземні рослини і їхні залишки (торф, лісову підстилку і гумусовий шар ґрунтів).

Сутність методу полягає у відборі рослинних проб, їхньому спалюванні, аналізі золи проб і узагальненні результатів опробування, головна мета якого – виявлення вторинних ореолів розсіювання шляхом аналізу особливостей розподілу хімічних елементів-індикаторів зруденіння. Існує певний, далеко не завжди лінійно-пропорційний, зв'язок між концентраціями хімічних елементів у поживному середовищі і їхньому розподілі у рослинах. Однак, безумовним є той факт, що при високому вмісті корисного компонента в породі, більшість (до 95%) видів і частин рослин, а також їхніх залишків накопичують цей елемент.

Кількість видів рослин і їхніх частин, які накопичують рудні елементи пропорційно їхньому вмісту в поживному середовищі невелике, але саме вони, у першу чергу, використовуються в пошукових цілях. Визначається вміст рудних елементів у пробах рослинності після їхнього озолення. В одну пробу відбирається маса рослин з площі в кілька квадратних метрів. У деревних рослин (сосни, модрина, осики та ін.) опробується верхній корковий шар кори, у якому накопичується уран, свинець, цинк, берилій, фтор, літій, цирконій і деякі інші елементи. Біохімічні пошуки золоторудних родовищ ефективні при використанні для опробування кори і листів берези, хвої і сухих гілок модрина, сосни, а також полині, саксаулу, верблюжої колючки і живого мохо-лишайникового покриву.

При виборі видів рослин з можливими відносно високими концентраціями елементів-індикаторів родовищ вони повинні бути попередньо згруповані за відносним вмістом елементів у різних видах. Краще опробувати не живі частини багаторічних трав'янистих рослин, а їхні сухі торішні залишки і при цьому нижні частини стебел, а не всю надземну біомасу. Найбільш сприятливим часом відбору надземних частин

трав'янистих рослин є осінній і осінньо-зимовий період після закінчення вегетації і дозрівання насінь. При відборі проб рослин перевага віддається тим, які мають більш глибоку кореневу систему, оскільки від глибини проникнення коріння у ґрунт залежить ефективність методу. Зазвичай рослини використовують для живлення ґрунтові води на глибині 5-20 м, в аридному кліматі коріння рослин можуть досягати глибини до 50 м. Неefективний біохімічний метод пошуків у зоні багаторічної мерзлоти, де водообмін припиняється на глибині не більш 2 м.

До недоліків методу можна віднести складність інтерпретації біогеохімічних аномалій, пов'язану з необхідністю врахування біологічних, техногенних і антропогенних факторів, які іноді в значній мірі впливають на концентрацію металів у золі рослин, що помітно знижує достовірність результатів біохімічного методу пошуків. До них відносяться викиди і відходи гірських і промислових підприємств, забруднення рослин під час перевезення руд, внесення в ґрунт різних мікроелементних добрив та ін.

Таким чином, біохімічні дослідження розглядаються в якості одного із прямих глибинних методів пошуків рудних покладів. Вони найбільш ефективно використовуються на стадіях крупномасштабних геологозйомочних, пошукових і оцінювальних робіт. Доцільність їхнього застосування визначається можливістю пошуків і оцінки зруденіння в закритих лісових територіях, швидкістю одержання корисної інформації, глибинністю і відносною ефективністю цього методу.

#### **2.3.4. Геофізичні методи пошуків**

Ця група методів полягає у вивченні природніх або штучно створених фізичних полів, у яких відбиваються відмінності гірських порід і руд за фізичними властивостями. Методи застосовуються для виявлення і оконтурювання аномальних фізичних полів, виділення і оцінки локальних аномалій, пов'язаних з конкретними видами корисних копалин.

За видами полів, що досліджуються, геофізичні методи розділяються на магнітометричні, гравіметричні, електророзвідувальні, сейсмічні і радіометричні. За місцем проведення вимірів виділяються повітряні, наземні, морські (у тому числі підводні), підземні зйомки, дослідження в свердловинах і лабораторні визначення.

Геофізичні методи застосовують практично при пошуках будь-яких видів корисних копалин.

*Магнітометричні методи (магніторозвідка)* застосовуються для вирішення геологорозвідувальних задач, що пов'язані з пошуками родовищ, руди яких мають високу магнітну сприйнятливість. У якості прямого

пошукового методу магнітометрична зйомка використовується для виявлення і оцінки магнетитових і корінних титаномагнетитових родовищ, у сприятливих умовах може використовуватися для оконтурювання і деталізації магнітних полів деяких мідно-нікелевих, хромітових і слабомагнітних залізородних родовищ, виявлення і оконтурювання розсіпних титаномагнетитових родовищ. При особливо сприятливих умовах, у комплексі з іншими методами – для пошуків бокситів і деяких золотих і платинових розсіпів, в яких у помітних кількостях присутній магнетит. В усіх наведених вище випадках, застосування магнітних зйомок ефективно, якщо об'єкти пошуків розташовані в розрізах слабомагнітних порід.

На основі магнітометричних методів виявляються і оконтурюються аномальні магнітні поля, які відповідають рудним покладам, деталізуються і оцінюються їхні аномальні ділянки, зони і локальні аномалії. Магніторозвідка найбільш дешевий і швидкий метод пошуків родовищ корисних копалин, які супроводжуються магнітними мінералами, в основному магнетитом, іноді моноклінним піротином.

Виділяються три модифікації магніторозвідки: повітряна (аеромагнітна зйомка), наземна і глибинна (магнітний картаж свердловин). Аеромагніторозвідка застосовується для швидкого вивчення магнітного поля великих територій, а також є основним геофізичним методом пошуків кімберлітових трубок. Зокрема, з її допомогою виявлені практично всі відомі на сьогоднішній день об'єкти в Архангельській області Росії. Середньо, - високомагнітні кімберлітові трубки в магнітному полі виділяються позитивними локальними аномаліями, що мають у плані переважно ізометричну або овальну форму.

Наземна магніторозвідка використовується для деталізації магнітних аномалій. Глибинна магніторозвідка дозволяє виявити маси магнітних порід в навколосвердловинном просторі. При дослідженні декількох свердловин і даних наземної магнітної зйомки можна досить точно визначити просторове положення магнетитових руд. Зокрема, на залізородних родовищах пошукові та розвідувальні свердловини закривають тільки після проведення свердловинної магніторозвідки, щоб переконатися, що нижче забою свердловини немає більше магнітних тіл.

За допомогою магнітометричних методів можна не тільки вирішувати питання пошуків родовищ, але і вивчати розташування гірських порід на глибині, картувати їх, якщо вони різняться ступенем намагніченості.

Проведення магнітометричних досліджень передбачає зазвичай вивчення напруженості магнітного поля, рідше використовується градієнт магнітної напруженості або магнітна індукція. При застосуванні метода наземної магніторозвідки вибирається пункт, віддалений від аномалії, який



приймається за початок відліку. Далі вимірюється збільшення напруженості в пунктах вимірів відносно початкового пункту. Щільність мережі вимірів залежить від масштабу зйомки. За результатами магнітної зйомки будується карта напруженості магнітного поля у вигляді ізоліній. Інтерпретація карти напруженості магнітного поля дозволяє оцінити прогнозні ресурси магнетитових руд.

Глибина дії магніторозвідки залежить від кількості магнітного мінералу. У більшості випадків магнітометричні методи дозволяють виявляти магнетитові руди на глибині від сотні метрів до 1 км; до 2-3 км можна виявити великі рудні тіла.

**Гравіметричні методи (гравірозвідка)** полягає у вивченні гравітаційного поля району, що досліджується і використовуються для пошуків родовищ, що створюють аномалії сили тяжіння та є невід'ємною частиною комплексу геофізичних робіт на різних стадіях геологорозвідувального процесу.

Об'єктами пошуків є поклади залізних, хромітових, мідно-нікелевих та інших руд; баритоносні горизонти, баритові, барит-свинцево-цинкові тіла, що відрізняються від вмещуючих порід підвищеною густиною. Такі об'єкти дають позитивні аномалії сили тяжіння. Негативними гравітаційними аномаліями характеризуються викопні солі, соляні куполи, кальдери вулканів та ін. Рідкіснометалеві, мідно-порфірові, золото-кварцові рудні райони фіксуються мінімумами гравітаційного поля складних обрисів.

На розмір аномалій впливає рельєф місцевості, у тому числі і підземний рельєф. Тому чутливість гравірозвідки нижче, чим магнітометричного методу, але глибинність її більше. За допомогою цього методу можна виявити об'єкти залежно від їхніх розмірів на глибині до декількох кілометрів.

Гравіметричні методи використовуються на денній поверхні, під час морських досліджень, у повітрі (аерогравіметричні роботи), а також у свердловинах і підземних гірничих виробках.

**Електророзвідувальні методи (електророзвідка)** поєднують численні геофізичні методи, які полягають у вивченні постійних і змінних електромагнітних полів. Електророзвідка широко застосовується при пошуках родовищ. Існує велика кількість методів електророзвідки. Це обумовлене тим, що, на відміну від магнітного і гравітаційного полів, які визначені природою, електричні і електромагнітні поля можна створювати штучно в різних варіантах.

Розглянемо найпоширеніші електророзвідувальні методи.

Метод *електропрофілювання* дозволяє виявити об'єкти з малим опором у надрах Землі, наприклад суцільні сульфідні руди. Сутність методу полягає у вимірі уявного опору установкою при її переміщенні уздовж заданих напрямків (профілів). Через два електроди, що віддалені на деяку відстань

один від одного, подається постійний струм і вимірюється опір у надрах. Далі вся схема кілька разів переміщується на якийсь крок уздовж лінії, і знову проводяться виміри. Необхідно, щоб лінія переміщення була розміщена вхрест простягання рудних тіл, що прогножуються. У такий спосіб можуть бути виявлені об'єкти з малим уявним опором, які не виходять на денну поверхню. Глибина пошуків за допомогою методу електропрофілювання залежить від відстані, на яку рознесені електроди. Чим більше ця відстань, тим більш глибокозалягаючі рудні тіла можуть бути виявлені. Зазвичай метод електропрофілювання дозволяє виявити рудні тіла на глибинах у десятки – перші сотні метрів.

За допомогою методу *вертикального електричного зондування* (ВЕЗ) можливе простежування глибокозалягаючих рудних тіл. Передавальні і приймаючі електроди розносяться на різні відстані, але не переміщуються уздовж лінії як в електропрофілюванні. Чим далі рознесені електроди, тим на більшу глибину можна вимірювати опір. Цей метод застосовується для виявлення горизонтальних або пологопадаючих рудних тіл з малим опором, що залягають на глибині в десятки метрів.

Метод *викликаної поляризації* (ВП) призначений в основному для виявлення суцільних або вкраплених сульфідних руд і полягає у використанні електрохімічних явищ, які відбуваються на границі порід з іонною провідністю або електронних провідників (руд) з рідиною, що їх оточує – електролітом, під дією електричного струму, що пропускається в землі.

При проведенні пошукових робіт методом викликаної поляризації комбінація вимірів на земній поверхні і в свердловинах дозволяє одержати уяву про просторову структуру поля викликаної поляризації, уточнити положення руд у розрізі.

*Метод перехідних процесів* полягає у вивченні вторинного магнітного поля, що створено незаземленим джерелом змінного струму. Застосовується для пошуків родовищ сульфідних руд, що мають дуже високу електропровідність. Метод має меншу, ніж інші методи електророзвідки, чутливість до змін рельєфу місцевості і потужності пухких відкладів та забезпечує більшу, ніж інші індуктивні методи, глибинність досліджень.

*Радіохвильове просвічування* застосовується при пошуках струмопровідних рудних тіл у міжсвердловинному, навколосвердловинному просторі, а також між підземними гірничими виробками. Застосовується при пошуках і розвідці сульфідних, золото-сульфідних, золото-срібних, олово- і вольфрамо-поліметалевих рудних тіл, залізорудних родовищ, кімберлітових трубок, вугільних шарів тощо.

*Сейсмічні методи (сейсморозвідка)* полягають у вивченні поширення в земній корі пружних хвиль, що збуджуються штучним шляхом – вибухом,

ударом або вібрацією. Методи призначені для виявлення підземних структур, що контролюють родовища корисних копалин, а також інших структурних елементів земної кори.

Сейсморозвідка застосовується для вирішення широкого кола геологічних задач: пошуків структурних пасток нафти і газу, вивчення структури рудних родовищ; за допомогою сейсмічних методів можна з'ясувати внутрішню будову Землі, виявити розплавлені магматичні осередки у вулканах, визначити рельєф фундаменту під наносами молодих відкладів; оскільки швидкість проходження сейсмічних коливань залежить від густини гірських порід, можна встановлювати щільність середовища, а також вирішувати багато інших питань.

Сейсмічні методи мають найбільшу глибинність серед інших геофізичних методів. За допомогою цих методів вивчена глибинна будова земної кулі, визначена товщина земної кори, виявлені границі мантії, рідкого і твердого ядра Землі. Сейсморозвідку можна застосовувати для визначення продуктивних горизонтів на глибині декількох кілометрів, встановлювати не тільки глибину їхнього залягання, але і розташування розривних порушень.

Сейсморозвідка успішно застосовується при крупномасштабних картувальних і пошукових роботах для локалізації в розрізі геологічних неоднорідностей (рудних тіл, кімберлітових трубок, зон тріщинуватості та інших), розчленування розрізів при пошуках родовищ, що залягають на значній глибині: поліметалів, нікелю, заліза, апатитів, сірки та інших корисних копалин.

**Радіометричні методи** використовуються, в першу чергу, для пошуків родовищ радіоактивних руд. Однак, досить часто застосовуються для виявлення й інших корисних копалин, таких як фосфоритові, тантал-ніобієві, рідкісноземельні та інші руди, що містять постійні домішки радіоактивних металів, або, що супроводжуються незначними концентраціями радіоактивних елементів у руді і вміщуючих породах.

Методи полягають у виявленні і оконтурюванні радіаційних полів, ділянок, зон і локальних аномалій у приземному шарі атмосфери, на земній поверхні і в свердловинах, а також радіоактивних газів – у підґрунтовому шарі або тріщинах гірських порід. До радіоактивних елементів відносяться уран, торій і продукти їхнього розпаду, а також ізотоп калію  $^{40}\text{K}$ . При розпаді атомів виникає кілька видів випромінювання. Найбільш часто використовується гамма-випромінювання, у зв'язку з чим і методи виміру сумарного радіоактивного гамма-випромінювання з наступним виділенням ділянок підвищеної радіоактивності, називаються гамма-методами. Велику радіоактивність мають не самі елементи уран і торій, а деякі продукти їхнього розпаду, такі як радій, радон, торон та інші.

Гамма-зйомка часто застосовується для геологічного картування, оскільки різні типи гірських порід відрізняються за ступенем радіоактивності. Наприклад, за рівнем і характером радіоактивності чітко диференціюються гранітоїди, вапняки, пісковики, деякі глинисті породи, вугілля та інші типи гірських порід. Нерідко можна картувати вміщуючі породи за ступенем радіоактивності.

За умовами застосування існують повітряні (аерорадіометричні) методи; наземні (автомобільні і пішохідні); глибинні (каротаж у шпурах і свердловинах).

Аерорадіометричні є найбільш швидкісними методами пошуків родовищ радіоактивних і пов'язаних з ними металів. Вони полягають у виявленні в приземному шарі атмосфери радіаційних гамма-ореолів урану (радію), торію і калію за допомогою високочутливих радіометрів-аналізаторів, які монтуються на літаках або вертолітах.

Наземні радіометричні методи використовують площадні автогамма-зйомки масштабу 1:10 000, якими покриваються перспективні площі порядку десятків квадратних кілометрів.

Пішохідні гамма-зйомки є основним видом наземних пошуків радіоактивних руд і рудопроявів. Широка їхня поширеність пояснюється універсальністю застосування, високою результативністю, низькою собівартістю і можливостями тісного взаємозв'язку радіометричних і геологічних спостережень.

Але радіометричні методи мають невелику глибинність. Глибина проникнення гамма-променів у гірські породи, і пухкі відклади, що їх перекривають, не перевищує трьох метрів. Вважається, що шар ґрунту потужністю 5 м повністю поглинає природне гамма-випромінювання. Однак за рахунок розвитку в породах вторинних ореолів розсіювання радіоактивних елементів глибина проникнення часто виявляється значно більшої, досягаючи 10 м і більше.

Особливу увагу слід приділити застосуванню радіометричних методів у свердловинах – гамма-каротаж. Останній здійснюється навіть в обсадних трубах, які не заважають виміру радіоактивності, тоді як інші геофізичні методи (магнітний і електричний каротаж) виконуються за межами обсадних труб.

### **2.3.5. Гірничо-бурові методи пошуків.**

Ці методи поєднують такі способи і прийоми виявлення корисних копалин, при яких гірничо-бурові роботи набувають самостійне або профілююче значення.

Гірничо-бурові методи полягають у використанні пошукового буріння і пошукових гірничих виробок. Вони є єдиним способом підтвердження даних, отриманих іншими пошуковими методами. З їхньою допомогою створюються штучні відслонення гірських порід і рудних тіл. Характерною рисою гірничо-бурових робіт на пошуковій стадії є значні відстані між виробками і невелика глибина перетинів.

При пошуках родовищ використовуються в основному поверхневі гірничі виробки: копуши і розчистки на схилах, канави, одиничні траншеї по простяганню виявлених рудних тіл, одиничні шурфи. Вони широко застосовуються для взяття шліхових і геохімічних проб, перевірки геофізичних аномалій, а також для розкриття виходів рудних тіл, їхнього простежування і оконтурювання, відбору проб з метою одержання необхідних даних для перспективної оцінки виявлених рудопроявів і родовищ. Із цими ж задачами, але при більшій потужності наносів використовуються свердловини.

Самостійне значення гірничо-бурові роботи набувають тоді, коли фізичні і мінералого-геохімічні властивості вміщуючих порід і руд різняться вкрай незначно, тому геофізичні і геохімічні методи тут не дають надійних результатів. Прикладом можуть бути пошуки слюдоносних пегматитів, що залягають у кварц-польовошпатових породах і перекриті пухкими відкладами. Пошуки сліпого зруденіння доводиться здійснювати шляхом буріння свердловин. При цьому відстань між пошуковими лініями визначається можливою протяжністю потенційних покладів за простяганням, а крок між свердловинами по лініях вибирається з таким розрахунком, щоб не пропустити об'єкти, що прогножуються.

Буріння свердловин як самостійний пошуковий метод здійснюється і для розкриття рудних тіл у закритих районах платформ (наприклад, осадових родовищ заліза, марганцю, бокситів і т.д.) шляхом систематичного розбурювання перспективних площ.

## РОЗДІЛ 3

### ОПРОБУВАННЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Опробування є невід'ємною частиною геологорозвідувальних робіт, спрямованих на підготовку родовищ корисних копалин до промислового освоєння, що, у першу чергу, виражається у визначенні вмісту корисних і шкідливих компонентів руд або бічних порід у багатьох точках родовищ при пошуках, розвідці і експлуатації. Головні задачі опробування – вивчення якості корисної копалини, тобто її властивостей, що визначають промислову цінність, шляхи і можливості використання в народному господарстві. Параметри якості різноманітні і специфічні для кожного виду мінеральної сировини. До них можна віднести мінеральний і хімічний склад корисної копалини, її текстурно-структурні, фізико-механічні і технологічні властивості.

Опробування є по суті єдиним способом виявлення достовірних, науково обґрунтованих даних про якість мінеральної сировини, її технологічні властивості, склад і будову рудних тіл, властивості вміщуючих порід і т.д.

Об'єктами вивчення при опробуванні можуть бути окремі проби, природні типи або промислові сорти руд, блоки підрахунку запасів, рудні тіла і родовище в цілому. Крім того, опробувати необхідно тако ж і вміщуючі породи, особливо ті, що залягають усередині рудних тіл або в безпосередній близькості до них.

#### 3.1. ВИДИ ОПРОБУВАННЯ

У процесі опробування вивчають різні показники якості різними способами, тому виділяється кілька видів опробування: геологічне (хімічне і мінералогічне), технологічне і технічне.

*Геологічне опробування* як система проб, розміщених у відповідному об'ємі надр – одна з головних операцій геологорозвідувальних робіт. Сутність геологічного опробування полягає у відборі, обробці і аналізі матеріалу проб з метою одержання репрезентативних даних про середній вміст корисних і шкідливих компонентів у певному об'ємі надр – родовищі або окремому рудному тілі, ділянці, блоці.

Геологічне опробування здійснюється на всіх стадіях геологорозвідувального процесу, починаючи від стадії пошукових робіт і

закінчуючи експлуатаційною розвідкою. У геологічному опробуванні можна виділити два напрямки: хімічне і мінералогічне. До основних задач хімічного опробування відносяться: вивчення речовинного складу руд у корінному заляганні, визначення кількості корисних і шкідливих компонентів, у рудах, виявлення характеру розподілу цих компонентів по простяганню, падінню і потужності рудних тіл. На основі даних опробування встановлюються границі рудних тіл, контури промислового зруденіння, здійснюється підрахунок запасів основних і супутніх компонентів. Дані хімічного опробування є основним джерелом інформації про концентрацію і особливості просторового розподілу компонентів, що досліджуються. Вони є основою геометризації надр при підрахунку запасів корисної копалини.

Мінералогічне опробування застосовується для визначення мінерального складу руди і вміщуючих порід, їхніх текстурно-структурних особливостей, детально вивчаються головні мінерали. У процесі опробування встановлюється форма знаходження корисних компонентів у руді, баланс розподілу найважливіших компонентів між мінералами. Мінералогічне опробування має велике значення для встановлення генетичних особливостей родовища. На розсипних родовищах мінералогічне опробування є основним і застосовується для підрахунку запасів. За допомогою мінералогічного опробування виділяють природні типи руд і з'ясовують будову рудних тіл.

У зв'язку з різними задачами, що вирішуються перед кожною стадією геологорозвідувальних робіт, змінюються і задачі опробування, а також вимоги, що висуваються до нього.

На стадії пошуково-оцінювальних робіт опробування носить в основному вибірковий характер і складається з відбору проб у природніх відслоненнях і окремих канавах, шурфах і свердловинах, що розкривають зруденіння. За результатами опробування встановлюється наявність корисного компонента і його приблизні вмісти в рудопроявах і рудних тілах, на основі яких визначаються орієнтовні розміри об'єкта в плані і попередньо вивчається речовинний склад руд.

На стадії розвідки родовища систематично опробуються всі без винятку гірничі виробки і свердловини. Це дозволяє виділити інтервали із промисловим вмістом корисних компонентів. Всі ці інтервали, в свою чергу, опробуються в усіх гірничих виробках і свердловинах. Безрудні ділянки родовища опробуються вибірково. Встановлюються сорта руд і закономірності їхнього просторового розміщення.

Серед задач опробування цього періоду геологорозвідувальних робіт – встановлення речовинного складу руд і характеру розподілу основних і супутніх компонентів; вивчення просторового розміщення промислових

сортів руд; вибір місця відбору укрупнених технологічних проб для промислових випробувань. На основі даних розвідки підраховуються запаси руди і металу з урахуванням затверджених кондицій і передбачуваного способу відпрацювання родовища.

Через значний обсяг опробування, що проводиться при розвідці, і великого значення одержаних при цьому результатів, рекомендується вже в початковий період геологічного вивчення виявлених об'єктів здійснювати експериментальні дослідження з вибору найбільш надійних, раціональних і продуктивних способів відбору проб. При цьому слід виходити з того, що помилки опробування впливають не тільки на визначення якісної і кількісної характеристики руд, правильне оконтурювання промислового зруденіння і точність підрахунку запасів, але й значною мірою визначають загальну геолого-економічну ефективність результатів геологорозвідувальних робіт. Тому геолого-економічне значення опробування повинне розглядатися, у першу чергу, з погляду найбільш надійного оконтурювання рудних тіл, виявлення особливостей їхньої морфології і точного положення в просторі, оцінки якості, кількості, характеру розподілу рудної мінералізації та інших оцінювальних параметрів, що є основою підрахунку запасів і значною мірою сприяє ефективному відпрацюванню родовища, скороченню втрат промислових руд та їхнього розубоження.

При геологічному опробуванні необхідно дотримуватись наступних основних принципів і вимог: спосіб відбору проб і методика опробування повинні відповідати геологічним особливостям родовищ, а також характеру розподілу в них корисних і супутніх компонентів; кількість проб повинна забезпечувати представницьке визначення якісних і кількісних показників рудних зон; відбір, обробку і аналіз проб слід здійснювати згідно з розробленою технологією з дотриманням вимог, що забезпечують надійність визначення вмісту корисних компонентів по кожній пробі.

У зв'язку з тим, що надійність проб і репрезентативність результатів опробування в цілому визначають загальну ефективність розвідувальних робіт і подальшу раціональну експлуатацію родовища, усі операції опробування необхідно систематично контролювати. Контроль над якістю пробовідбору, що значно впливає на кінцеві результати розвідки родовища, необхідно здійснювати систематично безпосередньо на протязі всього процесу геологорозвідувальних робіт.

*Технологічне опробування* проводиться з метою створення раціональної схеми переробки мінеральної сировини, а також для встановлення технологічних показників. Результати технологічних випробувань можуть використовуватися для встановлення залежностей показників переробки від складу руди, для підрахунку запасів. Велике значення вони мають при



геолого-економічній оцінці родовищ і проектуванні гірничорудних підприємств.

Технологічні властивості корисних копалин визначаються їхніми природними типами і різновидами, які встановлюються в процесі геологічної документації, мінералого-геохімічного вивчення і опробування розвідувальних перетинів. Оцінка ж технологічних властивостей майбутньої мінеральної сировини здійснюється за технологічними типами руд, кожний з яких добувається окремо, збагачується і переробляється за різними технологічними схемами. Серед технологічних типів часто виділяються технологічні сорти руд, які переробляються за однаковими технологічними схемами, але відрізняються за техніко-економічними показниками.

Для вивчення технологічних властивостей корисних копалин у процесі розвідки родовищ відбираються спеціальні технологічні проби, опробування яких дозволяє виявити принципову можливість і економічну доцільність промислового використання корисної копалини; встановити технологічні типи і сорти мінеральної сировини; обрати метод, найбільш раціональну схему і технологічний режим переробки корисної копалини кожного технологічного типу; встановити техніко-економічні показники переробки мінеральної сировини для цілей геолого-економічної оцінки родовища.

Характер технологічних випробувань проб і методика їхнього проведення досить різноманітні. Вони залежать від виду корисної копалини, її природних властивостей, напрямку використання мінеральної сировини і стадії геологорозвідувальних робіт.

Результатом *технічного опробування* є вивчення фізико-механічних властивостей мінеральної сировини. Технічні параметри корисних копалин визначаються, у першу чергу, їхнім хімічним і мінеральним складом, структурними і текстурними особливостями, складом вміщуючих порід, гранулометричними характеристиками зерен корисних жильних і породоутворюючих мінералів, кількістю корисних компонентів і шкідливих домішок і особливостями їхнього розподілу за мінеральними складовими. Для цілого ряду корисних копалин технічне опробування є основним. Це, наприклад, азбест, головним показником якості якого є довжина волокон; кам'яне вугілля – визначається теплотворність; слюда, де вимірюється площа пластинок і визначаються електротехнічні властивості; п'єзооптична сировина (оптичні властивості). Будівельні матеріали досліджуються на опір стиску, вигину, на морозостійкість; у глинах визначаються їхні керамічні властивості (вогнетривкість, пластичність, спіклівість). До технічного опробування відносяться визначення об'ємної маси руди та її вологість, що необхідно для підрахунку запасів більшості родовищ.

### 3.2. СПОСОБИ ВІДБОРУ ПРОБ У РОЗВІДУВАЛЬНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ

При геологічному вивченні рудних родовищ основними видами відбору проб є *лінійні, об'ємні і точкові*, вибір яких проводиться залежно від цільового призначення опробування.

Лінійні це рядові геологічні проби, що відбираються при суцільному опробуванні руд і вміщуючих порід у розвідувальних гірничих виробках. Об'ємні – контрольні проби, за допомогою яких оцінюється надійність рядових геологічних проб, що відбираються різними способами. Відбір крапкових проб можливий лише при вибірковому опробуванні руд і вміщуючих порід на ранній стадії вивчення родовища. Крім геологічного опробування об'ємні і точкові проби в значних кількостях відбираються при розвідці для технічного і технологічного опробування.

Відбір проб проводиться різними способами: лінійні проби – в основному борозновим і шпуровим способами; об'ємні – валовим і задишковим; точкові – штуфним і точковим. Основним для відбору лінійних проб у гірничих виробках є борозновий спосіб, доцільність якого випробувана практикою розвідки і великим обсягом експериментальних робіт.

#### ***Борозновий спосіб***

Практика розвідувальних робіт на родовищах різних геолого-промислових типів показує можливість широкого застосування і універсальність борознового опробування. Цей спосіб у більшості випадків дозволяє встановити якісну і кількісну характеристику рудних тіл, уточнити їхню морфологію, визначити межі промислових руд і виявити інші важливі геологічні особливості родовища.

Для борознового способу характерні властивості, які забезпечують йому найбільш широке застосування в порівнянні з іншими способами. Лінійний характер і прямокутний перетин борозни дозволяють орієнтувати її так, щоб рудні тіла перетиналися по лінії найбільшої мінливості зруденіння. Крім того, при складній внутрішній будові рудного тіла або відсутності чітких геологічних границь, є можливість ввести секційний принцип відбору матеріалу в пробу. Борозна забезпечує також при ретельному дотриманні її постійного перетину можливість рівномірного відбору рівної за об'ємом кількості матеріалу з кожного інтервалу.

Однак цей спосіб має і ряд недоліків, основними з яких є:

- можливість появи систематичних погрішностей опробування за рахунок вибірного викрошування і попадання в пробу матеріалу різної крихкості і збагаченості корисним компонентом у процесі її відбору;
- складність збереження строго постійним заданого перетину борозни;
- значна трудомісткість і низька продуктивність праці при ручному відборі проб.

Борозновий спосіб відбору проб полягає в тому, що вздовж оголеної поверхні корисної копалини по заздалегідь наміченій лінії вирубуються або вирізується борозна прямокутного перетину. Відбір борознових проб може здійснюватись вручну за допомогою зубила і молотка або механізованими способами. Обов'язковою умовою якісного пробовідбору є повноцінний збір відбитого матеріалу і витриманість поперечних перерізів борозен на всьому протязі. Перед взяттям борознаної проби оголена поверхня вирівнюється і обмивається водою.

Довжина борознових проб, що відбираються в рудних тілах малої і середньої потужності, визначається розміром останньої і може становити 2 – 3 м. Якщо руди характеризуються вкрай нерівномірним розподілом металу, вони випробуються секційною борозною з довжиною секцій до 1 м. При опробуванні потужних рудних тіл, що розкриваються ортами або квершлагами, борозна ділиться на секції в 1, 2 або 3 м залежно від характеру розподілу корисного компонента.

Форма перетину борозни може бути квадратною і прямокутною. Найбільш часто відбираються борозни прямокутного перетину, при цьому глибина борозни становить 2-3 см, а ширина 5-15 см залежно від потужності тіла і рівномірності розподілу корисного компонента: чим менше потужність тіла і нерівномірність розподілу металу, тим ширше і глибше борозна. Прийнятий переріз строго витримується по всій довжині борозни, щоб кількість матеріалу, що отримано з одиниці довжини, була скрізь однаковою. Порушення цього правила знижує точність опробування і приводить до спотворення кінцевих результатів.

Борозновий спосіб відбору проб приймається майже для всіх корінних, а також для багатьох розсипних родовищ. Він іноді виявляється неефективним при опробуванні канав, що розкривають жильні рудні тіла нерівномірної будови, малопродуктивний при деяких брекчієподібних текстурах руд (у цьому випадку він дає систематичні похибки), а також на деяких золоторудних та інших родовищах з дуже малим розміром рудних тіл; на платинових родовищах з вкрай нерівномірним розподілом платиноїдів, на родовищах дорогоцінних каменів. Цей метод малопродуктивний у міцних рудах.

У зв'язку із цим, слід зазначити все більше застосування механізованих пробовідбірників для борознового опробування. Нині найбільш досконалыми механізмами для відбору борознових проб, що позбавлені істотних недоліків ручного і механічного пробовідбору ударної дії, є пробовідбірники ріжучого типу конструкції ЦНГРІ з електричним або пневматичним приводом. Від усіх раніше розроблених моделей пробовідбірників цього типу вони вигідно відрізняються простотою конструкції, малою масою, відсутністю допоміжних пристосувань. Ці пробовідбірники забезпечують найбільш ефективний механізований спосіб відбору борознових проб. За допомогою паралельно розташованих дрібноалмазних кіл вирізується і легко сколюється щільна борозна проба (ширина 2-3 см, глибина 5-6 см), в результаті значно підвищуються рівень механізації і продуктивність праці, забезпечуються рівні, гладкі поверхні бічних стінок борозни, зводиться до мінімуму вибірне викрошування матеріалу і зменшується вплив суб'єктивних і об'єктивних факторів на результати опробування.

**Шпуровий спосіб** полягає в зборі бурового борошна (пилу) у процесі буріння спеціально заданих або пройдених для буровибухових робіт шпурів із продувкою або шламу при бурінні з промиванням. Для вловлювання пилового матеріалу проб застосовуються патрубки, трійники, пиловловлювачі, що забезпечують збір від 70 до 95% бурового пилу. Шлам виводиться у відстійники і, після осадження, висушується. І буровий пил або борошно, і висушений шлам складають зрештою матеріал проби для хімічного аналізу.

При однорідному складі проби втрати пилу не впливають на достовірність результатів аналізу проб, але при помітних відмінностях у твердості і крупності рудних і породоутворюючих мінералів втрати стають вибірними і приводять до появи систематичних погрішностей пробовідбору.

Шпурове опробування принципово не відрізняється від борознового способу відбору проб. Поверхня шпуру має правильну циліндричну форму, тому можна вважати, що пропорційність кількості матеріалу довжині проби витримується більш строго, ніж при відборі борозни. Однак це справедливо тільки в слабко тріщинуватих рудах і в породах, складених мінералами із близькою твердістю і крихкістю. При бурінні шпурів у тріщинуватих рудах зазвичай відбувається вибірна втрата матеріалу. Буріння із продувкою супроводжується втратою більш тонких і легких мінеральних часток у тріщинах, що може привести до завищення вмісту металу в руді. У процесі промивання шпурів, навпаки, найбільш великі і важкі частки попадають у тріщини, внаслідок чого відбувається заниження вмісту металу. Якщо мінерали суттєво відрізняються за твердістю або крихкістю, під впливом

удару бура на забої відбувається викрошування крихких або м'яких мінералів.

До переваг шпурового опробування можна віднести: високу репрезентативність проб зі шпурів, заданих вхрест простягання або смужчатості рудного покладу (у вибоях ортів); повну механізацію процесу відбору проб; постійний поперечний переріз проби по довжині шпуру; тонке подрібнювання матеріалу проби при відборі; попутне знепилення повітря у забої; можливість опробування руди в ціликі попереду забою.

Недоліками шпурових проб є: практична неможливість опробування виробок, що йдуть по простягання рудного тіла – проби в цьому випадку нерепрезентативні, оскільки буровибухові шпури орієнтовані вздовж рудного тіла або під гострим кутом до простягання і смужчатості рудного покладу (у забоях штреків); неможливість замальовки забою по довжині шпуру і відбору секційних проб; втрати бурового борошна (шламу) при бурінні тріщинуватих і пористих порід; неточність геологічної документації опробування. Проте шпуровий спосіб широко використовується при сприятливих геологічних і технічних умовах.

До об'ємних методів відбору проб відносяться задирковий і валовий способи опробування.

**Задирковий спосіб** застосовується у випадку опробування жил малої потужності в підземних гірничих виробках або сильно вивітрилих виходів рудних тіл при розкритті їх канавами і траншеями. При задирковому способі опробування в пробу надходить уся маса матеріалу, що відбито з усієї площі рудного тіла у забої. Глибина задирки становить 3-5, рідше 10 см. Перед відбором проби ґрунт забою застеляють листами заліза, на які падає відбита в пробу руда.

При відборі задиркових проб необхідно дотримуватися незмінної глибини відбійки, щоб забезпечити рівномірне отримання матеріалу з різних частин поверхні рудного тіла, що опробується, а також забезпечити ретельне вирівнювання поверхні забою перед опробуванням. Порушення цих умов може привести до утворення істотних погрішностей опробування руд, складених крихкими або м'якими мінералами, а також мінералами з досконалою спайністю. Слід враховувати, що чим більше площа задирки, тим важче контроль її глибини.

Початкова маса задиркових проб залежить від розміру площі, що опробується, глибини задирки і об'ємної ваги руди і вимірюється в широких межах від 0,05 до 1 м<sup>3</sup> і більше, а їхня маса коливається від декількох до сотень кілограмів і навіть тонн. Через значну вартість відбійки і, особливо, обробки матеріалу, задиркове опробування застосовується рідко. Зазвичай

воно замінюється борозновими пробами, які поєднуються для аналізу в групі з 3-5 суміжних борозен.

Однак, у певних випадках застосування цього методу є переважним, наприклад при опробуванні тонких жил золоторудних і рідкіснометалевих родовищ, потужність яких не перевищує 10 см, у зв'язку з недоцільністю їхнього опробування поперечною борозною, що не забезпечує надійної маси проби; при контролі більш простих способів пробовідбору, таких, як борознове, шпурове, точкове; іноді для відбору технологічних проб замість валових, у цих випадках глибина задирки збільшується до 20 см і проба береться з усією площі забою або стінки виробки.

Задирковий спосіб можна застосовувати при розвідці подовжніми канавами жильних родовищ малої потужності з дуже нерівномірним вмістом рідкісних металів. У пробу беруть шар руди протяжністю 1-2 м з усієї потужності розкритої жили. Суміжна проба або примикає до попередньої по довжині жили або ж задається через 1-2 м від неї.

У зв'язку з трудомісткістю і складністю, а також значними витратами часу на проведення робіт, які можуть негативно впливати на темпи проходки гірничих виробок, задирковим способом слід користуватися лише в тих умовах, коли інші способи опробування не можуть дати надійних результатів.

**Валовий спосіб** припускає відбір у пробу всієї маси корисної копалини, відбитої з заданого інтервалу в процесі проходки гірничої виробки. Маса валових проб залежать від їхнього призначення. Для рядового опробування специфічних видів мінеральної сировини (головним чином корисних мінералів) контрольні і лабораторні технологічні проби відбираються масою від сотень кілограмів до перших тонн. При відборі напівпромислових і фабричних проб маси проб досягають десятків, сотень і навіть тисяч тонн.

Валове опробування забезпечує максимальну достовірність результатів випробувань проб і їх найбільш високу репрезентативність, однак відрізняється низькою продуктивністю, високою собівартістю і складністю пробовідбору, особливо коли розвідувальні виробки розкривають не тільки корисну копалину, але й вміщуючи породи. Тому, якщо задачею опробування є тільки визначення вмісту тих або інших компонентів, валовий спосіб застосовується дуже рідко – тільки в тих випадках, коли інші способи взяття проб не можуть дати надійних результатів.

Застосування валового способу визначається в одних випадках специфічними текстурами руд: брекчієвими, конгломератовими і подібними, в інших – особливостями випробувань проб конкретної корисної копалини (наприклад, слюд).

Суцільне валове опробування, без інтервалів, проводиться на багатьох слюдяних родовищах, на родовищах дорогоцінних каменів, п'єзооптичної сировини і на деяких родовищах рідкісних металів і платини, якщо рудні тіла мають невеликі скупчення – кушові, гніздові і подібні поклади. У такому випадку проба часто не піддається звичайній обробці, тобто скороченню до лабораторної ваги, а цілком поступає на експлуатаційну установку (збагачувальну фабрику) і вміст корисних компонентів визначається для всього матеріалу проби. Довжина ділянки рудного тіла, яка характеризується однієї пробою, повинна бути, по можливості, мінімальною – не більш 4-5 м.

У деяких випадках, при перетині великих рудних тіл кількість отриманого матеріалу перевищує розумні межі і його скорочують. Таке скорочення здійснюється двома способами: 1) у пробу відбирають рудну масу за окремими інтервалами виробки; 2) у пробу відбирають частину матеріалу, скорочуючи його при навантаженні або вивантаженні відбитої рудної маси шляхом відбору в пробу кожної n-ой лопати, бадді або вагонетки. Другий спосіб забезпечує одержання більш репрезентативного матеріалу. У всіх випадках скорочення валових проб при їхньому відборі повинно бути обґрунтоване розрахунками і відповідним контролем.

Позитивною стороною валового опробування є його висока точність, негативною – необхідність відбору, транспортування і переробки великої кількості матеріалу, що ускладнює і здорожує його. Тому валове опробування застосовується, в першу чергу, для контролю всіх інших способів відбору проб, а також для опробування тіл корисних копалин з вкрай нерівномірним розподілом корисного компонента (золотоносні розсипи, корінні родовища платини та ін.). Використовується також валове опробування для відбору проб на технологічні і технічні опробування, особливо нерудних корисних копалин – слюди, азбесту та ін.

*Точкові проби* відбираються штуфним і точковим способами.

**Штуфний спосіб** є одним із самих найпростіших способів відбору проб і полягає в відбитті окремих шматків руди або вміщуючих порід вагою 0,5—2,0 кг із забою, від природнього виходу руди, що взятий з вагонетки або з відвалу. Іноді в одну пробу беруть 2-3 уламка, за можливістю типових для руд, що опробуються. Як правило, штуфні проби відбирають в основному для мінералого-петрографічних досліджень, визначення фізико-механічних властивостей, технічних випробувань. Часто штуфне опробування проводиться для мінераграфічного вивчення руд, однак, у деяких випадках, після подрібнювання і скорочення, проба надходить на хімічний аналіз. Значна частина досліджень по збагаченню руд може бути також вирішена за допомогою штуфного опробування.

Штуфний спосіб досить широко розповсюджений і застосовується на стадії пошуків для виявлення первинних геохімічних ореолів розсіювання; при розвідці для вивчення мінерального складу, петрографічних особливостей і деяких фізичних властивостей корисної копалини (об'ємної маси, пористості, вологості, міцності, магнітній проникності, електропровідності, радіоактивності, при визначенні якісних показників будматеріалів).

При складній будові рудних тіл штуфи відбираються з кожного типу руди, пропорційно їх поширеності. Типовість штуфів визначається візуально за мінеральним складом і текстурно-структурним особливостям. Штуфний спосіб, як правило, непридатний для оконтурювання рудних тіл, тому що у відборі проб може позначитися суб'єктивність, наслідком чого є низька точність і репрезентативність проб, які, в свою чергу приводять до істотних погрішностей опробування.

До переваг штуфного способу опробування можна віднести високу оперативність і продуктивність, а також той факт, що під час робіт не затримується просування забою гірничих виробок, тобто виконується один з основних принципів розвідки родовищ – принцип найменших витрат часу.

**Точковий спосіб** відрізняється від перелічених вище тим, що в пробу відбираються кілька невеликих порцій матеріалу, тобто береться не суцільна, а складена проба. У забої або в стінці виробки по рудному тілу намічається сітка, із середини клітин якої відбиваються шматочки (часткові проби) руди, приблизно рівного об'єму, які разом складають початкову пробу. Форма сітки може бути квадратною, коли в межах площини опробування мінливість вмістів компонентів у двох напрямках однакова; прямокутною, якщо мінливість в одному напрямку більше, ніж в іншому, а в деяких випадках і ромбічною. Число часткових проб розміром 1,5-3 см, також залежить від ступеню нерівномірності розподілу корисних компонентів і коливається, зазвичай, від 10 до 20, масою від 50 до 100 г. Відповідно, загальна маса проби становить 0,2-2 кг.

Достовірність точкового способу взяття проб прямо пропорційна кількості часткових проб. Сприятливими текстурами для даного способу є масивні і вкраплені, у тому числі прожилково-вкраплені, тонкосмугасті і грубоплямисті з незакономірним розподілом мономінеральних агрегатів. Точковий спосіб опробування може застосовуватися для потужних і середньої потужності рудних тіл з відносно рівномірним розподілом корисних компонентів, наприклад для мідно-колчеданних руд.

Не слід застосовувати цей спосіб опробування для тріщинуватих руд з дуже крихкими рудними мінералами, для руд із грубосмугастою текстурою, коли ширина смуг близька до відстані між частковими пробами, а також



рудах, складених мінералами різної в'язкості, тому що в цих випадках застосування методу може привести до істотних погрішностей опробування.

### 3.3. СПОСОБИ ВІДБОРУ ПРОБ ПРИ БУРІННІ СВЕРДЛОВИН

У процесі геологорозвідувальних робіт опробуються всі пробурені свердловини в межах перетинів ними рудних тіл і змінених вміщуючих порід. При відсутності у рудного тіла чітких геологічних границь опробується вся свердловина або інтервал поширення порід, які, можливо, вміщують зруденіння.

*Свердловини колонкового буріння* опробуються по керну, керну і шламу або тільки шламу. Крім того, за допомогою спеціальних пристосувань проби відбирають зі стінок свердловин. Найбільш достовірні результати опробування отримують при взятті проб з керна. Шлам використовується як додатковий матеріал у випадку неповного виходу або втрати керна, а також при його вибіркового стиранні.

При лінійному виході керна по рудному інтервалу понад 70% – випробується тільки керн. Кернові проби відбираються з урахуванням довжини рейсу. У пробу не може входити керн із декількох рейсів, незалежно від виходу керна. При високому виході керна з одного рейсу він може бути розділений на кілька проб (секцій) з урахуванням внутрішньої будови рудних тіл та їхніх зальбандів.

Керн, що вилучено при бурінні, укладається в підготовлені ящики і ретельно документується. На підставі результатів документації керна визначають інтервали його опробування. Вихід керна оцінюється лінійним способом – відношення довжини керна до довжини пробуреного інтервалу.

Початкова маса проб, що відбираються зі свердловин, залежить від діаметра, способу буріння і об'ємної маси руди.

Свердловини опробуються з урахуванням внутрішньої будови рудних тіл, і порід, що їх вміщують. Для потужних рудних тіл, які характеризуються суцільним або прожилково-вкрапленим зруденінням (типу мінералізованих зон), можуть бути прийняті однакові інтервали (секції проб керна довжиною 1-2 м). При наявності в рудних тілах типів руд, що суттєво відрізняються за будовою, мінеральному складу або вмісту корисного компонента, свердловини опробуються секційно, відповідно до потужності типів руд, що перетинаються (так само як і в гірничих виробках). Окремо необхідно секційно опробувати вміщуючі породи зі сторони висячого і лежачого боків рудних тіл (зальбанди). При потужності рудних тіл менш 0,5 м довжина інтервалу (секції) опробування вміщуючих малозмінених порід по обидва боки рудних тіл повинна бути не менше потужності рудного тіла.

Достовірність опробування по керну залежить від повноти його виходу, а також від ступеня нерівномірності розподілу мінералів у руді. Повнота виходу керна визначається багатьма факторами. У сильно тріщинуватих, пористих, зруйнованих, крихких і пухких породах і рудах вихід керна різко знижується за рахунок його стирання при бурінні і руйнування промивальною рідиною. Збільшення виходу керна досягається багатьма способами: збільшенням діаметра буріння, застосуванням алмазного буріння, використанням подвійних колонкових труб, скороченням рейсів, бурінням всуху та ін.

Репрезентативність керового опробування визначається правильним вибором кількості перетинів рудних тіл, високим виходом керна при гарній його збереженості, усуненням його вибіркового стирання. У зв'язку з цим, при наближенні свердловини до місця проектного перетину рудних тіл і при бурінні по самих рудних тілах слід застосовувати всі необхідні заходи, що забезпечують отримання надійних даних.

При бурінні свердловин коронками із зовнішнім діаметром 75 мм і більше, у пробу відбирають половину керна, розколотого керноколом або розрізаного за допомогою каменерізного верстата по його довгій осі. У тому випадку, коли діаметр буріння менше або руди характеризуються досить нерівномірним розподілом зруденіння, у пробу відбирається або весь керн (за винятком невеликого зразка, що не перевищує 10% об'єму керна), або надійність опробування підтверджується даними роздільного опробування обох половинок керна. При виході керна менш 70% у пробу відбирають керн і шлам з того самого інтервалу опробування. У цьому випадку окремо визначаються маса керна і маса шламу.

*Безкернове ударно-канатне буріння* використовується при розвідці різноманітних родовищ, переважно великих штокверкових покладів міді, молібдену, олова, вольфраму та ін., а також розсипів. Проби відбираються зі шламу. Механічне ударно-канатне буріння характеризується відносно високою продуктивністю і зазвичай більшими діаметрами, тому з кожного пробуреного метра одержують від 45 до 200 кг і більше досить тонкого і добре перемішаного матеріалу, який іде в пробу повністю або може бути скорочений. Шлам з забою свердловини ударно-канатного буріння піднімають желонками, найбільш повне видалення шламу досягається поршневыми желонками. Якщо забій свердловини розташований вище рівня ґрунтових вод, у свердловину періодично підливають воду. Піднятий шлам надходить у приймальний жолоб і потім у різні відстійники. Отриманий шлам перемішують і беруть з нього проби точковим способом.

Шлам, що відбирається при ударно-канатному бурінні, може забруднюватися матеріалом з верхніх частин свердловини, тому

обов'язковим є кріплення свердловин обсадними трубами особливо перед початком буріння по рудному тілу. При опробуванні свердловини необхідне також ретельне очищення забою після кожного періоду роботи долота. Достовірність опробування при ударно-канатному бурінні залежить від повноти вилучення шламу.

*При бурінні неглибоких свердловин* (шнековим, ударним, вібраційним, колонковим способами) технічні засоби відбору проб залежать від способу буріння і досить різноманітні. Однак визначальними факторами у відборі проб є геологічні і гірничотехнічні особливості об'єкта, що опробується. Зазвичай, неглибокими свердловинами здійснюється розвідка родовищ кори вивітрювання, розсипів, деяких типів нерудних родовищ, наприклад будматеріалів.

### 3.4. ОБРОБКА ПРОБ

Процес обробки проб полягає в підготовці матеріалу, отриманого з гірничих виробок або свердловин, до лабораторних досліджень. Як було показано вище, початкова маса проб залежить від способу пробовідбору і може змінюватися в широких межах – від 0,5 до 50 кг і більше. Для хімічного аналізу з урахуванням дублікатів потрібно від 50 до 200г матеріалу; для виконання спектрального, рентген-флуоресцентного, атомно-абсорбційного і деяких інших видів аналізів необхідна наважка 50-100 г, для аналізу на благородні метали потрібні проби більшої маси – до 350-400 г.

Обробка геологічних проб, яка є сукупністю операцій по дробленню, просіюванню, перемішуванню і скороченню їх матеріалу, здійснюється за схемами, розробленими з урахуванням особливостей родовища, що розвідується.

Проби обробляються з метою одержання з вихідної проби такої кількості подрібненого і перемішаного матеріалу, яка задовольняла б вимогам лабораторії, що проводить аналіз, і найбільш надійно відбивала склад матеріалу і вміст корисних компонентів у вихідній пробі, тобто не порушувалася умова репрезентативності наважок щодо вихідних мас.

Найбільш трудомістким процесом є дроблення проби, тому її обробка проводиться в кілька послідовних стадій, кожна з яких включає операції: дроблення або подрібнювання; грохочення або просіювання; перемішування; скорочення проб. Головною є остання операція, три перші – підготовчими.

Кожна з операцій має своє призначення: дроблення забезпечує збільшення кількості часток рудного матеріалу проби; перемішування – більш рівномірний розподіл матеріалу за складом і крупністю часток,

скорочення – зменшення кількості матеріалу, що взятий в пробу, до кінцевої її маси.

Необхідна умова надійної і правильної обробки матеріалу геологічних проб – обов'язкове просіювання і ретельне перемішування його після кожної стадії дроблення, а також дотримання заходів, що не допускають змішування матеріалу різних за крупністю фракцій. Чим більш дрібний матеріал проби і чим більш рівномірно розподілені в ній корисні мінерали, тим легше зберегти репрезентативність скороченої частини проби, тому її маса повинна бути прямо пропорційна розміру часток, що її складають, і ступеню рівномірності розподілу корисного компонента у вихідній масі проби.

Для визначення надійної ваги проб найчастіше користуються формулою Річардса – Чечетта. На підставі аналізу практичної роботи зі скорочення проб Річардс дійшов висновку, що надійні ваги проб приблизно пропорційні квадрату діаметрів максимальних часток, і склав таблицю для визначення межі подрібнювання проб залежно від їхньої ваги. Пізніше цей висновок Річардса був виражений Г.О.Чечеттом у вигляді рівняння:

$$Q = kd^2$$

де  $Q$  – гранично припустима маса проби на даній стадії її скорочення;  $d$  – максимальний діаметр часток руди,  $k$  – коефіцієнт, що залежить від властивостей корисної копалини, у першу чергу, від ступеню рівномірності розподілу корисних мінералів у масі проб, а також від крупності зерен корисних мінералів, вмісту корисних компонентів у рудах і їх мінливості, відмінностей у щільності мінералів. Зазвичай він може приймати значення від 0,05 до 1,0. Середні значення коефіцієнта  $k$  наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Значення коефіцієнта  $k$  у рівнянні  $Q = kd^2$ 

Розподіл корисних компонентів і крупність зерен корисних мінералів	Коефіцієнт $k$
Рівномірне, дрібно-середньозернисті руди – до 0,1-0,3 мм	0,05–0,1
Нерівномірне, дрібнозернисті руди - в основному до 0,1 мм	0,2–0,3
Дуже нерівномірне; рудні зерна середньої крупності (0,1 - 0,6 мм)	0,4–0,5
Вкрай нерівномірне; грубозернисті руди - переважно >0,6 мм	0,8–1,0

Формула Річардса-Чечетта широко застосовується в практиці опробування родовищ корисних копалин.

*Дроблення і подрібнювання* проб здійснюється зазвичай механічним способом за допомогою дробарок різного типу. Застосовують дробарки щоківі для крупного, валкові, конусні, молоткові для більш дрібного дроблення, а також дискові стирачі, вібростирачі та млини для тонкого подрібнювання.

*Просіювання* дрібного і тонкого матеріалу виконують за допомогою ручних або механічних сит, а крупного – за допомогою грохотів різної конструкції. Для збереження репрезентативності проби при просіюванні втрати матеріалу повинні бути мінімальними.

*Перемішування* здійснюється методом перелопачування, перекочування на брезенті, способом «кільця і конуса», а також у кульових млинах.

*Скорочення* проб проводиться декількома способами: кратне скорочення (кожна друга, п'ята і т.д. лопата, вагонетка, баддя надходять у пробу, інші – у відвал. Застосовується для великих проб – валових, задиркових, технологічних). Скорочення квартуванням: застосовується після перемішування проби за способом кільця і конуса. Матеріал проби у вигляді диска ділять на чотири сектори, два з яких (протилежні) ідуть у пробу, інші – у дублікат. Скорочення проб жолобковим дільником, який забезпечує досить точний поділ проби на дві рівні частини.

Резюмуючи вищесказане, можна представити послідовність обробки і скорочення проб у такому виді: у першу чергу підбирається коефіцієнт  $k$ , що забезпечує правильне скорочення початкових мас проб і репрезентативність кінцевих мас для лабораторних досліджень; потім складається загальна схема обробки і скорочення проб; далі проводиться подрібнювання матеріалу проб (дроблення) до розміру, при якому здійснюється перший етап скорочення; після цього проводиться перевірка повноти подрібнювання просіюванням; далі матеріал проб перемішується для надання йому рівномірності і, нарешті, після всіх підготовчих операцій виконується скорочення проб до граничної маси (проміжної або, іноді, кінцевої). Дроблення, просіювання, перемішування і скорочення повторюються до одержання кінцевої наважки, яка з відповідною супровідною документацією відправляється для досліджень у лабораторію.

## РОЗДІЛ 4

### РОЗВІДКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

#### 4.1. ОСНОВНІ ЗАДАЧИ РОЗВІДКИ

Як відомо, об'єктом геологорозвідувальних робіт є промислові родовища, куди відносяться такі скупчення корисних копалин, які за якістю і кількістю мінеральної сировини, що вміщується в них, технічно можливо і економічно доцільно розробляти на даному рівні технологічного прогресу.

Розвідка родовищ є комплексом досліджень і необхідних для їхнього виконання робіт, які спрямовані на вирішення головної задачі: визначення промислового значення даного родовища, виявлення геолого-промислових параметрів і, в першу чергу, форми родовища, якості і кількості корисної копалини, з'ясування природних і економічних умов, у яких знаходиться родовище, з метою оптимально повного і економічно ефективного використання мінеральної сировини.

Розвідувальні роботи передбачають буріння свердловин і проведення розвідувальних гірничих виробок, їхнє опробування, геологічну, геофізичну і геохімічну документацію, вивчення технологічних властивостей корисних копалин, гірничо-геологічних умов експлуатації родовища, підрахунок запасів і геолого-економічну оцінку родовища.

У процесі розвідки для вирішення основних задач необхідно: розкрити рудні тіла і вміщуючі породи в багатьох точках; вивчити комплекс геолого-промислових параметрів у кожній із цих точок, а також мінливість параметрів по окремим рудним тілам і в цілому по родовищу; простежити і оконтурити рудні тіла; провести дослідні роботи з вивчення інженерно-геологічних, гідрогеологічних та інших гірничо-геологічних умов розкриття і відпрацювання родовищ.

Виконання цих задач вимагає застосування різної спеціальної розвідувальної техніки, різноманітних методів і прийомів: проведення підземних і наземних геологічних зйомок, польової та свердловинної геофізичної і геохімічної розвідки, стратиграфічних, мінералогічних, літологічних і петрологічних досліджень порід і корисних копалин; геодезичних, топографічних і маркшейдерських робіт, математичних досліджень і т.п.

Крім того, поряд з рішенням основних задач розвідки необхідно з'ясувати і деякі інші важливі умови, що впливають на оцінку родовища, і, насамперед, наступні питання:

- глибину і елементи залягання всіх частин родовища. З'ясування цих питань повинно проводитися з достатнім ступенем точності, тому що ці дані визначають вибір способу розкриття і відпрацювання родовища;

- фізичні властивості корисної копалини та вміщуючих порід серед яких виділяються: об'ємна вага, пористість, міцність, абразивність, стійкість, вологість, коефіцієнт розпушування, газоносність;

- гідрогеологічні умови: величина водопривлів, необхідна потужність водовідливу при майбутній експлуатації; ресурси питної і технічної води;

- транспортні можливості, а також енергетичні ресурси і паливо: наявність автодоріг, авіаліній, залізничних магістралей, водних артерій, ліній електропередач, ТЕЦ, станцій техобслуговування і т.п.;

- наявність місцевих будівельних матеріалів і можливості їх використання для промислового і побутового будівництва.

Таким чином, розвідка родовищ корисних копалин є складним комплексом заходів, що мають за мету рішення різного роду теоретичних і практичних задач від чисто геологічних до спеціальних гірничотехнічних, технологічних і економічних.

## 4.2. ПРИНЦИПИ РОЗВІДКИ

Розвідка родовищ корисних копалин зрештою має на меті виявлення в надрах промислових запасів різних видів корисних копалин. Це безперечне твердження обумовлює положення про те, що основою розвідки можуть бути одні і тіж принципи, оскільки геологорозвідувальний процес здійснюється на певному рівні розвитку продуктивних сил і, зрештою, мало залежить від того, родовище якої корисної копалини розвідується і буде розроблятися. У свій час В. Крейтер сформулював чотири основні принципи розвідки, які з успіхом застосовуються дотепер. Це принципи: 1) послідовних наближень; 2) повноти досліджень; 3) рівної достовірності (рівномірності); 4) найменших витрат засобів і часу.

**Принцип послідовних наближень** стверджує необхідність поступового нарощування знань про родовище, що досліджується за етапами та стадіями. Практично кожна нова розвідувальна виробка дає додаткову геологічну інформацію, яка повинна бути врахована при проектуванні і проходженні наступної виробки. Цього принципу треба дотримуватись протягом усього процесу геологорозвідувальних робіт.

Незважаючи на те, що робота завжди проводиться з максимальним прискоренням, необхідне дотримання етапів і стадій, що підтверджується всім досвідом геолого-розвідувальних робіт, особливо нині. Слідом за стадією пошукових і пошуково-оцінювальних робіт йде стадія розвідки, яка поділяється, в свою чергу, на послідовні етапи. Необґрунтоване форсування подій, наприклад, виконання детальних досліджень (ГЕО-1, ГЕО-2) до повного завершення пошукових робіт (ГЕО-3) може привести до зайвих витрат.

Із принципом послідовних наближень тісно пов'язаний інший, практично самостійний принцип геологічного прогнозу та його перевірки. Проектування кожної розвідувальної виробки ґрунтується на геологічному прогнозі, а її проходка або підтверджує прогноз, або змушує вносити в нього корективи, або, у крайньому випадку, вимагає зміни вимог, що були попередньо висунуті. Таким чином, геологічний прогноз і його перевірка знаходяться в тісному зв'язку з принципом послідовних наближень.

**Принцип повноти досліджень** полягає в тому, що необхідно освітити з більшою або меншою детальністю весь простір, який займає родовище, що розвідується. Цей принцип вимагає не тільки рішення основних задач розвідки (визначення якості і кількості мінеральної сировини), але і одержання всіх даних, усієї повноти інформації, необхідної для проектування і будівництва гірничорудного підприємства і найбільш раціонального використання сировини. Принцип повноти досліджень виражається в таких вимогах:

- необхідність повного перетину розвідувальними виробками рудного тіла, рудоносної зони на всю потужність. Це важливо в тих випадках, коли рудна зона має складну будову і включає декілька рудних тіл.

- обов'язковість повного оконтурювання всього родовища ще на ранніх етапах розвідки. Якщо родовище складається з декількох рудних тіл, то оконтурюються всі ці тіла.

- необхідність всебічного, комплексного вивчення якості мінеральної сировини і супутніх корисних компонентів, для того, щоб дати правильну оцінку родовищу і з найбільшою повнотою використати корисні копалини.

- необхідність повного вивчення вміщуючих порід: по-перше, для проектування систем відпрацювання родовища, по-друге, для з'ясування можливостей їхнього використання як супутньої сировини.

Історія розвідки багатьох родовищ наочно свідчить про те, що порушення вимог принципу повноти досліджень приводили до більших затрат на дорозвідку і довивчення родовищ.

**Принцип рівномірності або рівної достовірності** обумовлений необхідністю більш-менш рівномірного висвітлення родовища, що



розвідується. В основі принципу лежить положення про те, що природні тіла і, зокрема рудні, характеризуються мінливістю форм і якості, виявити яку з більшим ступенем достовірності можна при рівномірному розташуванні розвідувальних виробок або точок опробування.

Це, однак, не означає, що розвідувальні виробки завжди потрібно розташовувати на рівних відстанях одну від одної. Навпаки, в одному рудному тілі в напрямку меншої мінливості (наприклад, за простяганням) відстані між виробками і точками опробування повинні бути більшими, ніж за напрямком більшої мінливості (наприклад, по падінню). Розташування виробок, згідно з цим принципом, відповідає характеру мінливості родовища. Для досягнення рівної достовірності необхідно передбачати збільшення кількості спостережень (згущення розвідувальної мережі) на ділянках родовища з досить складною геологічною будовою.

Однак, принцип рівномірності, зазвичай, передбачає виконання певних вимог, таких як рівномірне відображення розвідувальними виробками всього родовища, або окремих його ділянок, що перебувають в одній стадії розвідки, а також рівномірний розподіл точок опробування в межах кожної розвідувальної виробки.

Детальність і достовірність досліджень, а також рівноточність результатів досягаються не тільки рівномірним розташуванням виробок, але і застосуванням технічних засобів, рівноцінних за своїми можливостями, використанням єдиного способу відбору проб, виконанням аналізів за єдиною методикою, в одній лабораторії і т.д.

**Принцип найменших витрат засобів і часу** передбачає, що кількість розвідувальних виробок, відібраних проб і обсяги всіх видів досліджень, а також терміни проведення розвідувальних робіт повинні бути мінімальними, але достатніми для рішення задач розвідки. Цей принцип є основним положенням не тільки розвідки, але і всіх видів господарської діяльності.

На перший погляд, деякі принципи розвідки суперечать один одному. Наприклад, вимоги принципу повноти досліджень потенційно підтримують прагнення закласти максимальну кількість розвідувальних виробок, частіше і у більшому обсязі відбирати проби і робити інші різноманітні види робіт. З іншого боку, принцип найменших витрат вимагає мінімальних обсягів геологорозвідувальних робіт. Принцип послідовних наближень, який передбачає стадійність геологорозвідувального процесу, як би стримує темп розвідки всупереч принципу найменших витрат часу. Насправді, саме з урахуванням усіх цих вимог створюються важливі для практики поняття про необхідну і достатню повноту досліджень, про оптимальну щільність розвідувальних мереж, про інтервали опробування, що оптимально відповідають певній стадії геологорозвідувальних робіт.

### 4.3. МЕТОДИ Й ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ РОЗВІДКИ

Процес геологорозвідувальних робіт передбачає використання певних методів для досягнення головної мети – виявлення, оцінки і наступної експлуатації родовищ корисних копалин. До методів розвідки відносяться три основні заходи вивчення надр:

- створення впорядкованих систем розрізів за допомогою розвідувальних гірничих виробок і свердловин;
- опробування корисної копалини, а також проведення геологічних, геофізичних, геохімічних, та інших видів спостережень;
- геологічна, гірничопромислова і економічна оцінка об'ємів надр за результатами розвідки.

*Метод розвідувальних геологічних розрізів* є способом з'ясування форми, внутрішньої будови і умов залягання родовища. Будь-яка свердловина або розвідувальна виробка, що перетинає рудне тіло, є штучним відслоненням і може розглядатися як одиничний розвідувальний перетин, орієнтований, як правило, у напрямку, близькому до максимальної мінливості найважливіших геолого-промислових параметрів (зазвичай вхрест простягання порід або в напрямку, близькому до цього). Розвідувальний перетин повинен також розкривати поклади корисних копалин на повну їхню потужність, захоплюючи також ділянки вміщуючих порід, що до них прилягають. Сукупність розвідувальних перетинів, розташованих в одній площині, утворює розвідувальний розріз. Розрізи можуть бути вертикальними і горизонтальними, тому метод розрізів має три різновиди:

- метод вертикальних розрізів;
- метод горизонтальних розрізів або перетинів;
- метод горизонтальних і вертикальних розрізів.

Розрізи можуть створюватися за даними проходки гірничих виробок, свердловин і, в окремих випадках, за результатами вимірів геофізичних характеристик.

*Розвідувальне опробування* є єдиним способом визначення якості корисної копалини, іншого в процесі розвідки не існує. Основні питання, пов'язані з опробуванням розглянуті в попередньому розділі.

*Метод зіставлення і оцінки* постійно супроводжує весь процес розвідки родовища. Зіставлення геолого-промислових параметрів родовища з вимогами промисловості, порівняння родовища, що розвідується з іншими подібними об'єктами, порівняння етапів процесу його промислового освоєння з подібними елементами інших гірничопромислових підприємств є основою промислової оцінки родовища на різних стадіях розвідки і освоєння.

Кожна нова розвідувальна виробка дає нові відомості про розміри покладу, що розвідується, якість корисної копалини, дані кожної виробки піддаються обов'язкової оцінці: проводиться оконтурювання промислового покладу, виділяються рудні стовпи, зони некондиційних руд і безрудні ділянки, намічаються типи і сорти руд і т.п.

*Технічні засоби розвідки корисних копалин* можна розділити на три різні види:

- гірничі розвідувальні виробки;
- бурові розвідувальні свердловини;
- геофізичні роботи.

Ці види характеризуються різною інформативністю і економічними показниками.

Свердловини зазвичай проходяться в 2-3 рази швидше гірничих виробок і більш ніж в 3-4 рази дешевше, хоча загальне скорочення часу і витрат на розвідку бурінням у порівнянні з розвідкою гірничими виробками не настільки велике, тому що обсяг бурових робіт для розвідки будь-якого об'єкта, як правило, повинен бути набагато більшим за обсяг гірничих робіт. Розвідка бурінням вимагає меншої робочої сили, енергії і обладнання. Однак, за геологічними результатами, та ступенем інформативності буріння поступається гірничим виробкам. Кожна свердловина являє собою лише тонкий прокол рудного тіла, недоступний для огляду. Гірничі виробки дають більше перетинів, доступних для огляду, геологічної документації та опробування на місці. Вони дозволяють проводити повторні спостереження, контрольне опробування. Крім того, гірничі виробки мають гнучкість, що дає можливість змінювати їхній напрямок залежно від поведінки рудного тіла, що буває необхідно при простежуванні тіл складної морфології і переривчастих покладів. До цього треба додати, що частина гірничо-розвідувальних виробок може бути використана при наступній експлуатації, що частково окупає витрати на їхню проходку. Тому гірничі виробки застосовуються при розвідці не менш часто, ніж більш дешеві бурові роботи, особливо при вивченні верхніх частин рудних тіл. У деяких випадках при розвідці складних за формою, будовою і розподілом металу родовищ, коли потрібне ретельне і безперервне простежування рудних тіл, свердловини навіть при істотному збільшенні їх кількості не можуть замінити гірничі виробки. Нарешті, деякі геологічні об'єкти, наприклад родовища п'єзооптичної сировини, взагалі неможливо розвідувати без застосування гірничих виробок.

Геофізичні роботи самі по собі дають зазвичай досить наближене уявлення про розміри і умови залягання об'єкта, що розвідується. У ряді випадків вони служать необхідними допоміжними методами, що супроводжують проходку гірничих виробок і, особливо, свердловин.

Результати геофізичних робіт широко використовуються при проектуванні свердловин і гірничих виробок, при інтерпретації отриманих даних, у першу чергу даних бурових робіт. Геофізичні методи є основою прогнозних оцінок глибоких горизонтів і флангів родовищ, не розкритих гірничими вирибками і свердловинами. Так само, на попередніх етапах розвідки родовищ основні висновки про масштаби об'єкта, протяжність рудних тіл на глибину, їхні умови залягання базуються на результатах геофізичних досліджень.

Вибір технічних засобів для розвідки кожного конкретного родовища проводиться з урахуванням загальноекономічних, гірничотехнічних і геологічних факторів.

**Загальноекономічні умови** включають транспортні шляхи, енергетичну базу, клімат, забезпеченість водою, кріпильними матеріалами та ін. Вплив кожного з цих факторів є досить очевидним, хоча і не вирішальним.

**Гірничотехнічні фактори** визначаються рельєфом місцевості, глибиною і умовами залягання рудних тіл, характером порід і водоносністю ділянки. Ці фактори в деяких випадках впливають на вибір технічних засобів розвідки. Розчленований рельєф стимулює використання системи штолень; глибоке залягання рудних тіл робить більш доцільною розвідку свердловинами; характер вміщуючих порід і гідрогеологічні умови визначають конкретну методику проведення гірничих і бурових робіт.

Серед **геологічних умов, що** визначають вибір гірничих і бурових робіт, найважливішу роль відіграють стійкість форми рудних тіл, постійність у розподілі корисного компонента, а також розміри тіл. Більша частина цих особливостей визначається приналежністю об'єкту, що вивчається до певного геолого-промислового типу.

**Стійкість форми рудних тіл** визначається витриманістю їх потужності або поперечного переріза на великій протяжності. Виділяються стійкі за формою рудні тіла, наприклад шари осадових рудних родовищ, потужність яких дуже слабо і закономірно змінюється на відстані в сотні метрів і навіть у кілометри. З іншого боку, зустрічаються нестійкі за формою тіла, наприклад деякі жили гідротермального походження, що іноді складаються з тонкої слабомінералізованої рудоносною тріщини зі спорадичними роздувами на коротких інтервалах. Розвідка стійких за морфологією тіл більш проста і нерідко може бути проведена одними свердловинами, тоді як отримання розвідувальних даних необхідної достовірності по тілах складної морфології вимагає проходки гірських виробок.

**Стійкість розподілу корисного компонента** у рудах визначається двома показниками: ступенем переривчастості кондиційних ділянок рудного тіла і мінливістю вмістів корисного компонента. Ступінь переривчастості визначається коефіцієнтом рудоносності, під яким розуміється відношення

кількості руди, зосередженої в рудних тілах, до всього обсягу рудоносної зони, у якій знаходиться ця руда. Чим вище коефіцієнт рудоносності, тим менше переривчастість оруденіння. При коефіцієнті рівному одиниці, оруденіння вважається безперервним. Інтенсивність мінливості вмістів корисного компонента оцінюється коефіцієнтом варіації – чим вище коефіцієнт варіації, тим значніше мінливість, тим більш складна розвідка і тим більша кількість перетинів рудного тіла необхідна для надійної оцінки якості мінеральної сировини.

З урахуванням двох зазначених показників можна виділити рудні тіла:

- з безперервним оруденінням і рівномірним розподілом металу;
- з безперервним оруденінням і нерівномірним розподілом металу;
- з переривчастим оруденінням і рівномірним розподілом металу;
- з переривчастим оруденінням і нерівномірним розподілом металу.

Від першої до четвертої групи зростає складність будови рудних тіл і необхідність більшої кількості перетинів і, відповідно, гірничих виробок для отримання достовірних відомостей про будову рудних тіл і якість мінеральної сировини.

*Розміри рудних тіл* також впливають на вибір технічних засобів розвідки. Великі тіла розкриваються більшою кількістю перетинів, що практично виключає можливість істотних помилок у визначенні розмірів родовища і якості руди. У цих випадках переважна розвідка свердловинами. Дрібні тіла, особливо що характеризуються складною формою, зазвичай розвідуються гірничими виробками.

У практиці геологорозвідувальних робіт знаходять застосування всі технічні засоби розвідки, і найчастіше вони комбінуються так, що гірничими виробками перевіряються дані буріння, перевіряються результати геофізичних досліджень, а останні, у свою чергу, заповнюють або корегують неповні дані розвідувального буріння.

## **4.4. ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН**

### **4.4.1. Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин**

#### ***4.4.1.1. Поняття про запаси та ресурси корисних копалин в дослідженнях економічної геології.***

Відповідно до діючої Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр *запаси корисних копалин* визначаються як обсяги корисних копалин і компонентів, виявлені та підраховані на місці залягання

за даними геологічного вивчення відкритих (ідентифікованих) родовищ корисних копалин.

*Ресурси корисних копалин* є обсягами корисних копалин і компонентів невідкритих родовищ, оцінені як можливі для видобутку і переробки при сучасному техніко-економічному рівні розробки родовищ даного виду мінеральної сировини.

Запаси мінеральної сировини мають дуже важливе значення для розвитку усіх галузей промисловості країни. Власне підрахунок запасів є державним актом. Підраховані запаси корисної копалини розглядаються і затверджуються (залежно від ступеня важливості об'єкту) в Державній комісії по запасах (ДКЗ).

Перспективне планування будівництва у всіх галузях гірничорудної промисловості, а також у ряді галузей промисловості, пов'язаних з переробкою мінеральної сировини (металургійної, хімічної та ін.), проводиться на основі балансових запасів сировини. Капітальні вкладення на проектування і будівництво відповідних підприємств здійснюються тільки після затвердження в ДКЗ запасів сировини, що забезпечують успішну роботу підприємства.

Враховуючи вказане значення запасів, їх підрахунок не можна зводити тільки до визначення кількості корисної копалини. Запаси сировини в надрах родовища повинні бути охарактеризовані за якісними показниками:

- а) відповідність запасів промисловим кондиціям;
- б) умови залягання, форма, потужність і будова рудних тіл;
- в) природні й промислові типи, марки і сорти сировини;
- г) умови розкриття і розробки родовища;
- д) ступінь вивченості, розвіданості, підготовленості родовища до використання в промисловості.

Для отримання такої характеристики поклади корисної копалини розбивають на окремі підрахункові блоки і запаси по них (відповідно до діючої класифікації запасів) відносять до певних груп і категорій.

Контури блоків, кількість, група і категорія запасів в блоці, сорт і марка сировини затверджуються в ДКЗ. В цілому по родовищу запаси одержують підсумовуванням їх по окремих блоках. В зведених таблицях запасів дається розділення їх по групам і категоріям, умовам розкриття і експлуатації (по глибині і умовам залягання, потужності покладу), маркам і сортам сировини і інших показникам [16].

Очевидно, що необхідну для підрахунку запасів докладну характеристику родовища і сировини можна скласти на підставі всього комплексу проведених геологорозвідувальних робіт.

Основою підрахунку запасів є зведений геологічний звіт про проведення на родовищі геологорозвідувальних робіт зі всією первинною геологічною документацією.

#### ***4.4.1.2. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин.***

Класифікація запасів та ресурсів корисних копалин є основою для підрахунку, геолого-економічної оцінки і державного обліку корисних копалин. Вона встановлює єдині принципи кількісної оцінки запасів та ресурсів корисних копалин, які є методологічною основою геологорозвідувального процесу. Діюча на сьогодні в Україні Класифікація є нормативно-правовим актом і була затверджена в 1997 р. Цей документ регламентує стадійність проведення геологорозвідувальних робіт, вимоги до комплексного геологічного і техніко-економічного вивчення корисних копалин на різних стадіях процесу, методи виконання робіт і обробки їх результатів, способи підрахунку та геолого-економічної оцінки запасів і ресурсів корисних копалин.

Діюча Класифікація багато положень наслідувала від колишньої, розробленої ще за радянських часів, але значно й відрізняється від неї. Згідно класифікації 1981 року запаси мінеральної сировини за їх промисловим значенням поділялися на дві групи, які підлягали окремому підрахунку, затвердженню і обліку: балансові запаси, що відповідають промисловим кондиціям, і забалансові — некондиційні, які надалі при деякому зниженні кондиції можуть перейти в балансові [16].

#### ***Поділ запасів і ресурсів корисних копалин за ступенем геологічного вивчення***

Залежно від ступеня розвіданості родовищ, вивченої якості сировини і гірничотехнічних умов розробки запаси поділялися на категорії: А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>. Запаси категорій А, В, С<sub>1</sub> вважались в тій чи іншій мірі розвіданими, С<sub>2</sub> – попередньо оціненими. Вони підраховувалися в контурах рудних тіл, родовищ і ділянок. Для встановлення перспективності рудних зон, полів, районів і басейнів на основі загальних геологічних уявлень визначали прогнозні ресурси, які поділялись на категорії Р<sub>1</sub>, Р<sub>2</sub>, Р<sub>3</sub>.

Категорії запасів в підрахунковому блоці визначалися наступними умовами.

Категорія А – запаси підраховували в контурі розвідувальних виробок. Вважалося, що розвіданість блоку забезпечує: 1) повне з'ясування умов залягання, форми і будови тіла корисної копалини; 2) виділення та оконтурення природних типів і промислових сортів сировини, некондиційних і безрудних ділянок усередині тіла корисної копалини; 3) повне вивчення якості і технологічних властивостей сировини; 4) повне з'ясування гірничотехнічних умов розробки родовища.

Категорія В – запаси підраховували в контурі розвідувальних виробок з включенням обмеженої зони екстраполяції за умови простих умов залягання, малої мінливості покладу і якості сировини або надійно встановленої їх закономірної мінливості. За вказаних умов вважалося допустимим також переведення запасів категорії В до блоків із запасами категорії А. Ступінь розвіданості у даному випадку забезпечує: 1) з'ясування особливостей умов залягання, форми і будови покладів; 2) виявлення безрудних і некондиційних ділянок усередині рудного покладу, природних типів і промислових сортів сировини, а також визначення закономірностей розподілу і просторового співвідношення їх без точного оконтурення; 3) з'ясування якості сировини; 4) з'ясування основних гірничотехнічних умов розробки родовища.

Категорія  $C_1$  – встановлювалися розміри і характерні форми тіл корисних копалин, головні особливості умов їх залягання і внутрішньої будови. Природні різновиди і технологічні типи корисних копалин вивчалися з детальністю, яка забезпечувала виявлення загальних закономірностей їх просторового розміщення. Встановлювалися кількісні співвідношення технологічних типів і сортів, мінеральні форми як для корисних, так і для шкідливих компонентів по всім кондиціям.

Категорія  $C_2$  – запаси підраховувалися в межах сприятливих структур і комплексів гірських порід. Умови залягання, форма і розповсюдження рудних тіл, якість сировини і її властивості, умови розробки родовища визначалися на підставі геологічних і геофізичних даних, підтверджених одиничними перетинами рудних тіл або по аналогії з прилеглими блоками і ділянками, де запаси підраховані по більш високим категоріям.

Визначення прогностичних ресурсів категорії  $P_1$  базувалося на результатах геологічних, геофізичних, геохімічних досліджень в межах структур потенційного поширення корисних копалин і геологічної екстраполяції даних по розвіданій частині родовища з врахуванням уявлень про геолого-промисловий тип родовища.

Прогностичні ресурси категорії  $P_2$  – це ресурси потенційних родовищ, які прогнозуються; а категорії  $P_3$  – потенційних перспективних площ, які не мають прямого відношення до процесу їх економічної оцінки.

Власне такі визначення категорій запасів і ресурсів корисних копалин збережені і використовуються в даний час як в методологічних роботах, так і на практиці. Проте діюча Класифікація передбачає розподіл запасів і ресурсів вже за трьома ознаками : промисловим значенням (або рівнем економічної ефективності), ступенем техніко-економічного та геологічного вивчення. Таким чином, додалася третя ознака – рівень техніко-економічного вивчення. Доцільність введення такої складової обумовлена переходом до ринкових умов надрокористування, при яких потенційного інвестора насамперед



цікавить рівень ефективності інвестицій у розробку родовища і надійність її техніко-економічного обґрунтування або рівень інвестиційного ризику.

За першою ознакою – промисловим значенням – запаси корисних копалин поділяються на три групи:

1. Балансові – запаси, які на момент оцінки згідно з техніко-економічними розрахунками можна економічно ефективно видобути і використати при сучасному рівні розвитку техніки і технології видобутку та переробки мінеральної сировини, що забезпечують дотримання вимог раціонального, комплексного використання корисних копалин і охорони природи.

2. Умовно балансові – запаси, ефективність видобутку і використання яких на момент оцінки не може бути однозначно визначена, а також запаси, що відповідають вимогам до балансових запасів, але з різних причин не можуть бути використані на момент оцінки.

3. Позабалансові – запаси, видобуток і використання яких на момент оцінки є економічно недоцільним, але в майбутньому вони можуть стати об'єктом промислового значення.

За ступенем техніко-економічного вивчення запаси і ресурси корисних копалин поділяються на три групи:

1. Запаси корисних копалин, на базі яких проведено детальну геолого-економічну оцінку ефективності їх промислового освоєння, матеріали якої, включаючи техніко-економічне обґрунтування постійних кондицій на мінеральну сировину, затверджені ДКЗ.

2. Запаси корисних копалин, на базі яких проведено попередню геолого-економічну оцінку їх промислового значення, а матеріали техніко-економічної доповіді про доцільність подальшої розвідки родовища, включаючи обґрунтування тимчасових кондицій на мінеральну сировину, апробовані ДКЗ або замовником геологорозвідувальних робіт.

3. Запаси і ресурси корисних копалин, на базі яких проведено початкову геолого-економічну оцінку можливого промислового значення перспективної ділянки надр, а матеріали техніко-економічних міркувань про доцільність проведення подальших пошуково-розвідувальних робіт, параметри попередніх кондицій на мінеральну сировину схвалені замовником геологорозвідувальних робіт.

За ступенем геологічного вивчення запаси та ресурси корисних копалин поділяються на такі групи:

1. Розвідані (доведені) запаси – обсяги корисних копалин, кількість, якість, технологічні властивості, гірничо-геологічні, гідрогеологічні та інші умови залягання яких вивчені з повнотою, достатньою для опрацювання проектів будівництва гірничодобувних об'єктів.

2. Попередньо розвідані (ймовірні) запаси – обсяги корисних копалин, кількість, якість, технологічні властивості, гірничо-геологічні, гідрогеологічні та інші умови залягання яких вивчені з повнотою, достатньою для визначення промислового значення об'єкту.

3. Перспективні ресурси – обсяги корисних копалин, кількісно оцінені за результатами геологічного, геофізичного, геохімічного та іншого вивчення ділянок у межах продуктивних площ з відомими родовищами корисних копалин певного геолого-промислового типу.

4. Прогнозні ресурси – обсяги корисних копалин, що враховують потенційну можливість формування родовищ певних геолого-промислових типів, що ґрунтується на позитивних стратиграфічних, літологічних, тектонічних, мінерагенічних, палеогеографічних та інших передумовах, встановлених у межах перспективних площ, де промислові родовища ще не відкриті.

Запаси і ресурси корисних копалин, що характеризуються певним рівнем промислового значення і ступенем техніко-економічного і геологічного вивчення, розподілені на класи, які ідентифікуються за допомогою міжнародного цифрового коду (табл. 4.4.1.).

Таблиця 4.4.1.

## Запаси і ресурси корисних копалин

Промислове	Ступінь техніко-	Ступінь геологічного	Код класу
1. Балансові запаси	ГЕО – 1	Розвідані (доведені)	111
	ГЕО – 2	Розвідані (доведені)	121
	ГЕО – 2	Попередньо розвідані	122
2. Умовно балансові запаси	ГЕО – 1	Розвідані (доведені)	211
	ГЕО – 2	Розвідані (доведені)	221
	ГЕО – 2	Попередньо розвідані	222
3. Промислове значення не визначено	ГЕО – 3	Попередньо розвідані	332
	ГЕО – 3	Перспективні ресурси	333
	ГЕО – 3	Прогнозні ресурси	334

Як бачимо, в затвердженій Класифікації не наведені категорії запасів твердих корисних копалин, що виділялись раніше. Розвідані запаси відповідають запасам категорій  $A+B+C_1$  колишньої класифікації, але лише в загальному випадку. В залежності від складності геологічної будови родовища і цінності корисних копалин до розвіданих можуть відноситись запаси різних категорій розвіданості. Так, по родовищам кошовного каміння в пегматоїдах до розвіданих можуть відноситися запаси категорій  $C_1+C_2$ , а по родовищам нафти і газу – тільки запаси категорій  $A$  і  $B$ . Попередньо розвідані запаси відповідають вимогам категорії  $C_2$ . Перспективні ресурси, за деякими винятками, відповідають категоріям  $C_3$  та  $P_2$ , а також категорії  $P_1$  в

тій частині, де вона виділяється за межами ідентифікованих родовищ. Прогнозні ресурси у загальному випадку відповідають категорії Р<sub>3</sub>.

За особливостями геологічної будови, витриманості рудних тіл і рівномірності розподілу компонентів виділяють чотири групи родовищ.

До першої групи належать родовища (ділянки) простої геологічної будови, в яких переважна частина запасів міститься в тілах корисних копалин з непорушеним або слабопорушеним заляганням, витриманими потужностями, будовою, якістю і рівномірним розподілом цінних компонентів.

До другої групи належать родовища (ділянки) складної геологічної будови із змінними показниками потужності і будови тіл корисних копалин або з порушеним заляганням, невитриманою якістю або нерівномірним розподілом головних корисних компонентів.

До третьої групи належать родовища (ділянки) дуже складної геологічної будови з різкими змінами потужності і будови тіл корисних копалин або з інтенсивно порушеним їх заляганням чи невитриманою якістю і дуже нерівномірним розподілом корисних компонентів.

До четвертої групи належать родовища (ділянки) металів і нерудної сировини вкрай складної будови з різкими змінами потужності і будови тіл корисних копалин, а також вкрай нерівномірним розподілом головних компонентів.

Треба відмітити, що визначення різних груп запасів та ресурсів в різних країнах може не співпадати.

#### ***4.4.1.3. Класифікація запасів за ступенем підготовленості до промислового освоєння.***

З числа балансових у процесі розробки родовища виділяються промислові та експлуатаційні запаси.

Промисловими запасами вважаються запаси в межах проектних контурів кар'єрного (шахтного) поля, що підлягають видобуванню з надр відповідно до проекту розробки родовища. Промислові запаси визначаються шляхом вилучення з балансових запасів втрат, передбачених проектом [16].

Експлуатаційними запасами вважаються обґрунтовані проектом промислові запаси за винятком утрат та з урахуванням збіднення їх при видобуванні.

У міру уточнення в процесі експлуатації контурів покладів, об'ємної ваги корисної копалини та інших параметрів кількість балансових і промислових запасів підприємства повинна коригуватися. У разі зменшення кількості балансових і промислових запасів їх необхідно списувати у відповідності до вимог Положення про порядок списання запасів корисних копалин з обліку гірничодобувного підприємства

За ступенем підготовленості до видобутку запаси корисних копалин поділяються на розкриті, підготовлені та готові до виймання.

В основу класифікації запасів корисних , копалин за ступенем підготовленості до видобутку покладено виконання певних видів гірничих робіт і проведення необхідних гірничих виробок. Забезпеченість підприємства розкритими, підготовленими і готовими до виймання запасами корисної копалини визначається у проекті як частка від ділення кількості цих запасів на середньомісячний видобуток планового періоду. Плановим періодом для визначення забезпеченості підприємства запасами є півріччя, наступне за звітним періодом.

Урахування стану та руху запасів за ступенем підготовленості до видобутку здійснюється маркшейдерською і геологічною службами підприємства.

Гірничодобувні підприємства зобов'язані проводити облік стану та руху розкритих, підготовлених і готових до виїмки запасів корисних копалин з метою визначення забезпеченості підприємства цими запасами, обґрунтованого планування обсягів і напрямків гірничих робіт відповідно до виробничої потужності підприємства.

### ***Класифікація гірничих робіт і гірничих виробок для родовищ, які розробляються відкритим способом***

Гірничі роботи і виробки при відкритому способі розробки корисних копалин поділяються на гірничорозвідувальні, гірничо-капітальні, гірничопідготовчі, допоміжні та добувні [16].

Гірничорозвідувальні роботи (експлуатаційна розвідка) проводяться з метою уточнення контурів покладів, запасів, речовинного складу та фізико-механічних властивостей корисних копалин і порід, планування гірничих робіт і вирішення ряду інших завдань, пов'язаних із розробкою родовища. До гірничорозвідувальних виробок належать розвідувальні шурфи та геологорозвідувальні свердловини.

Гірничо-капітальні роботи проводяться з метою розкриття і розробки родовища або його частини. До гірничо-капітальних належать роботи з розкриття родовища, які виконуються до введення його в експлуатацію, включаючи проведення в'їзних і розкривних траншей, необхідних для забезпечення кар'єру підготовленими і готовими до видобування запасами, достатніми для початку його нормальної експлуатації відповідно до проекту. До гірничо-капітальних робіт належать також роботи з проведення гірничих виробок циклічно-поточної технології, спеціальних гірничих виробок, призначених для осушення та гідрозахисту кар'єрних полів (шахтні стовбури, шурфи, квершлагги, штреки, капітальні русловідвідні та водовідвідні канали, зумпфи, свердловини та інше).

Гірничопідготовчі роботи проводяться з метою підготовки до розробки розкритої частини родовища. До гірничопідготовчих робіт належать розкривні роботи (крім гірничо-капітальних), роботи з планування денної поверхні, проведення в'їзних траншей, призначених для підготовки запасів на розміщених нижче горизонтах, роботи з проведення розкривних та розрізних траншей, роботи з розміщення розкривних порід і пустих порід, що виникли від збагачення, та некондиційної мінеральної сировини у відвалах кар'єрів. При розміщенні розкривних та пустих порід виділяються обсяги, які не є відходами та будуть використані для гірничотехнічної рекультивації, будівництва перевантажувальних майданчиків і шляхів в кар'єрах, гідротехнічних споруд.

Допоміжні роботи проводяться в підготовленій частині родовища. Допоміжними роботами повністю завершується підготовка запасів до проведення добувних робіт. До допоміжних робіт належать: роботи з зачищення уступів для проведення бурових робіт (планування робочих площадок, роздрібнення і прибирання негабаритів та інше); роботи з будівництва автодоріг (під'їздів) до екскаваторів; роботи з проведення тимчасових водовідвідних каналів і зумпфів на окремих горизонтах.

До добувних робіт відносять добування корисних копалин з готової до видобування частини родовища. Добувні роботи включають такі основні виробничі процеси: відбійка, навантаження, транспортування і розвантаження корисних копалин. Відбійка полягає у відділенні корисної копалини від масиву з одночасним його розпушенням і здійснюється за допомогою буропідривних робіт або механізмів та машин.

Розкритими вважаються балансові запаси корисних копалин родовища або його частини, звільнені від пустих порід, або оголені внаслідок природних умов залягання, для розробки яких пройдена в'їзна траншея і виконані гірничо-капітальні роботи, передбачені проектом. Після проведення розкривних робіт припускається залишати прошарок пустих порід потужністю не більш 0,5 м. На кар'єрах з видобування каолінів і вогнетривких глин з метою охорони корисних копалин від вивітрювання і засмічення припускається залишок прошарку пустих порід потужністю не більше 2 метрів.

До підготовлених належать запаси уступів (із числа розкритих) з оголеною верхньою і боковою поверхнями, для розробки яких виконані гірничопідготовчі роботи, передбачені проектом.

Готовими до виймання вважаються запаси з числа підготовлених, для розробки яких виконані допоміжні роботи, і які можуть бути відпрацьовані незалежно від просування суміжного верхнього уступу, залишаючи при

цьому необхідну ширину робочої площадки. Готовими до видобутку запасами вважаються також запаси, відбиті від масиву корисних копалин.

***Класифікація гірничих робіт і гірничих виробок для родовищ, які розробляються підземним способом***

Гірничі роботи та гірничі виробки при підземному способі розробки поділяються на гірничорозвідувальні, гірничо-капітальні, гірничопідготовчі, нарізні, очисні та закладні [16].

До гірничорозвідувальних виробок належать розвідувальні шахтні стовбури, квершлагги, штреки, підняттєві орти, камери для підземного розвідувального буріння свердловин та інше.

Гірничо-капітальні роботи проводяться з метою розкриття і розробки родовища або його частини. До гірничо-капітальних виробок належать виробки, що споруджуються з метою розкриття родовища або його частини на першому видобувному горизонті (згідно з проектом) для подальшого видобування корисних копалин, та виробки і споруди на першому та наступних горизонтах, які забезпечують збільшення або підтримання проектних і виробничих потужностей: вертикальні та похилі стовбури (крім сліпих стовбурів та технологічних виробок, призначених для поглиблення основних стовбурів), шурфи; штольні; виробки навколоствольних дворів, комплекси підземного подрібнення і завантаження скіпів або конвеєрів; капітальні рудоспуски і породоспуски; виробки бункерних комплексів; виробки водовідливних комплексів.

Гірничопідготовчі роботи проводяться з метою подальшого розкриття наступних, придатних для відпрацювання, горизонтів родовища та підготовки видобування розкритої його частини, а також складування пустих порід та некондиційної мінеральної сировини, яка не є відходами і в подальшому може бути перероблена.

До гірничопідготовчих виробок належать: квершлагги; сліпі поглиблювальні стовбури з комплексами технологічних виробок; сліпі стовбури та технологічні виробки, призначені для поглиблення основних стовбурів, похилі з'їзди, які проходять з поверхні, а також з'єднувальні відкотні з'їзди на підповерх; головні польові штреки, які використовуються протягом усього терміну відробки горизонту; відкотні штреки висячого боку, відкотні орти, штреки й орти проміжних горизонтів; склади вибухових матеріалів; вентиляційні, ходові і матеріальні підняттєві виробки, ліфтові підняттєві виробки; спеціальні вентиляційні, закладальні і дренажні виробки; виробничо-господарські камери (крім навколостовбурових), свердловини загальношахтного і дільничного значення (вентиляційні, дегазаційні, дренажні, водовідливні, кабельні та інші).

Нарізні роботи проводяться в підготовленій частині родовища. Нарізними роботами повністю завершується оконтурювання і підготовка запасів до проведення очисних робіт. До нарізних належать виробки в межах експлуатаційних блоків, проведені як по корисній копалині, так і по пустих породах вище відкотних горизонтів: виробки доставки; бурові штреки й орти; "господарські" і складально-вентиляційні штреки і орти горизонту доставки; відрізні підняткові виробки та їх розширення; вирубні штреки, орти, бурові камери; випускні дучки та їх розширення, рудоспуски.

До очисних робіт належать роботи з видобування корисної копалини в частині родовища, де виконані підготовчі й нарізні роботи. Очисні роботи включають такі основні виробничі процеси: відбійка (обвалення), випуск і доставка корисної копалини, а також підтримка очисного простору.

Виробки, утворені при очисному видобуванні руди, називають очисними виробками або очисним простором. До них належать: воронки, компенсаційні й вирубні камери, відрізні щілини, видобувні камери, траншеї.

Відбійка масиву корисної копалини включає операції з відділення й руйнації (подрібнення) масиву і здійснюється за допомогою буропідривних робіт або за допомогою механізмів і машин. Буропідривні роботи, а допомогою яких проводиться відбійка готових до виймання запасів корисної копалини, є складовою частиною очисних робіт.

До закладальних робіт належать роботи з закладання відпрацьованих очисних просторів.

Розкритими вважається частина балансових запасів родовища, для розробки яких виконані всі гірничо-капітальні роботи, передбачені проектом. Крім того, для віднесення запасів до групи розкритих необхідно пересічення гірничою виробкою контакту висячого або лежачого боку покладу корисної копалини. Якщо родовище має декілька окремих покладів, то до розкритих відносять запаси тих покладів, контакти яких пересічені гірничими виробками. Переведення частини балансових запасів підприємства в розкриті проводиться ділянками, для яких виконані гірничо-капітальні роботи, передбачені проектом.

Підготовленими вважається частина розкритих запасів корисних копалин в блоках або ділянках, в яких пройдені всі гірничопідготовчі виробки, передбачені схемою підготовки, прийнятою в проекті.

Готовими до виймання вважаються запаси блоків і ділянок (із числа підготовлених запасів), в яких пройдені всі нарізні виробки і пробурені експлуатаційні свердловини, необхідні для початку очисної виїмки корисних копалин відповідно до прийнятого проекту.

## 4.4.2. КОНДИЦІЇ НА МІНЕРАЛЬНУ СИРОВИНУ

### 4.4.2.1. Поняття про кондиції на мінеральну сировину.

#### **Розвідувальні та експлуатаційні кондиції. Тимчасові та постійні кондиції**

Кондиції на мінеральну сировину – сукупність граничних вимог до якості та кількості мінеральної сировини в надрах, гірничо-геологічних умов залягання, гірничотехнічних та інших умов розробки продуктивних покладів, дотримання яких під час підрахунку забезпечує найбільш повний й економічно ефективний видобуток і використання наявних запасів та ресурсів корисних копалин.

Кондиції на мінеральну сировину є основним інструментом проведення геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин, як підрахунку запасів, так і її вартісної складової. Для їх практичного застосування визначають показники і параметри кондицій [16].

*Показники кондицій* – натуральні характеристики корисної копалини, геологічної будови й умов залягання продуктивних покладів родовищ, що істотно впливають на вибір технологічних схем видобутку і переробки мінеральної сировини, техніко-економічну ефективність виробничого процесу та фінансові результати реалізації товарної продукції гірничого виробництва.

*Параметри кондицій* – граничні значення показників кондицій, які встановлюються для проби, інтервалу, розвідувального перетину, видобувного уступу чи підрахункового блоку продуктивного покладу на підставі техніко-економічних розрахунків, діючих стандартів та технічних умов, технічних завдань користувачів надр, досвіду геологорозвідувальних робіт та експлуатації родовищ.

Родовище, як об'єкт оцінки, характеризується значними варіаціями вмістів корисних і шкідливих компонентів, мінливістю умов і глибин залягання, потужностей рудних тіл, безрудних ділянок і некондиційних руд, розкритих порід. Це спричиняє зміну показників ефективності відпрацювання на різних ділянках одного родовища і необхідність встановлення граничних значень гірничо-геологічних параметрів, при яких забезпечується оптимальний варіант відпрацювання родовища в цілому (або його ділянок) і досягається найбільший економічний ефект. Оптимальні показники кондицій мають забезпечувати комплексну геолого-економічну оцінку і найбільш вичерпне, раціональне та безпечне використання запасів родовищ корисних копалин.

Кондиції встановлюють для конкретних родовищ, при цьому вони не характеризують середні значення якості корисної копалини, мінливості умов



залягання, а визначають межі геолого-промислових, технічних, технологічних параметрів, вище або нижче яких втрачається доцільність відпрацювання запасів даного оцінюваного родовища. Кондиції можуть не співпадати для однакових за величиною і якістю запасів родовищ, і навпаки бути подібними для об'єктів з багатими і бідними рудами в залежності від умов розробки. Кондиції не містять показників економічної ефективності освоєння родовища, а використовують лише в якості засобів і елементів геолого-економічної і вартісної оцінки.

Обґрунтовані кондиції забезпечують правильну геолого-економічну оцінку запасів мінеральної сировини і використовуються при: 1) проведенні розвідки; 2) підрахунку запасів; 3) складанні проектів гірничодобувних, збагачувальних і переробних підприємств; 4) експлуатації родовищ (покладів).

Кондиції встановлюються на основі техніко-економічних розрахунків з урахуванням сучасного рівня розвитку прогресивних методів техніки, технології видобутку і переробки сировини, а також її комплексного використання. Кондиції переглядаються у зв'язку із змінами: а) балансу запасів даного виду мінеральної сировини; б) попиту споживачів; в) техніки і технології видобутку і переробки сировини; г) економічних умов і транспортного положення родовищ тощо [16].

Показники і параметри кондицій характеризуються значними залежностями (прямими і оберненими) між собою. Так, при зміні бортового вмісту корисного компонента і мінімальної потужності рудних тіл істотно змінюються інші геолого-промислові і техніко-економічні параметри (величина запасів, їх якість, обсяги капіталовкладень, можливі коливання виробничої потужності по видобутку руди та ін.). Більшість параметрів кондицій визначаються чисельними поваріантними розрахунками, які спрямовані на виявлення закономірних зв'язків між геологічними, технічними, економічними показниками.

Приклади встановлених статистичних залежностей між показниками бортового вмісту та величини запасів на прикладі залізорудних родовищ проілюстровано в таблицях 4.4.2.1., 4.4.2.2.

Таблиця 4.4.2.1.

Аналітичні залежності промислових запасів залістистих кварцитів від бортового вмісту заліза, що пов'язане з магнетитом (за Плотніковим О.В.)

Залізорудні родовища	Рівняння залежності
Інгулецьке	$Q=1.196 \cdot b^3 - 44.31 \cdot b^2 + 518.157 \cdot b - 1058$
Скелюватське Магнетитове	$Q=1.236 \cdot b^3 - 231,92 \cdot b^2 + 4,96 \cdot b - 185800$
Валявкінське	$Q=0,34 \cdot b^3 - 12,34 \cdot b^2 + 145,52 \cdot b + 11204$

Новокриворізьке	$Q=0,26 \cdot b^3 + 11,34 \cdot b^2 + 43,2 \cdot b + 334,8$
Глеюватське	$Q=-1,87 \cdot b^3 + 70,188 \cdot b^2 - 936,64 \cdot b + 5835$
Петрівське	$Q=-0,1 \cdot b^2 + 2,1 \cdot b + 105$
Артемівське	$Q=134 \cdot b^2 - 4,2 \cdot b + 244$
Першотравневе	$Q=2.176 \cdot b^3 - 22.33 \cdot b^2 + 718.157 \cdot b + 1020$
Ганнівське	$Q=-10.125 \cdot b^2 + 215,75 \cdot b - 119$

Таблиця 4.4.2.2

Зміна основних геолого-економічних показників промислових запасів залізорудних родовищ при зміні бортового вмісту заліза. [16]

Родовища	Зміна запасів (млн.т.) при $\Delta Fe_{\delta}$ ,			Зміна середнього вмісту заліза в руді ( $\Delta Fe_{\text{магн}}$ ), % при $\Delta Fe_{\delta}$			Зміна коефіцієнту розкриття, м <sup>3</sup> /т при $\Delta Fe_{\delta}$		
	2%	4%	6%	2%	4%	6%	2%	4%	6%
Інгулецьке	129,9	259,8	389,7	1,51	3,05	4,71	0,087	0,184	0,303
Скелюватське	1,3	2,6	5,8	0,02	0,04	0,07	0,001	0,002	0,003
Валявкінське	80	160	240	0,7	1,39	2,05	0,055	0,112	0,172
Новокриворізьке	20	40	60	0,59	1,18	1,74	0,035	0,07	0,107
Глеюватське	32,8	67,3	90,5	1,06	2,16	4,2	0,123	0,267	0,315
Петровське	3,7	7,9	10,2	0,18	0,37	0,64	0,017	0,037	0,058
Артемівське	1,6	3,1	8,2	0,14	0,29	0,36	0,017	0,033	0,051
Першотравневе	100	200	350	1,17	2,35	3,53	0,072	0,147	0,233
Ганнівське	7,5	15	19,3	1,16	2,33	3,02	0,085	0,0178	0,266

Розробка кондицій є одним з основних етапів економічної оцінки родовища. Лише деякі з показників кондицій обумовлені технічними і технологічними вимогами переробних підприємств і споживачів продукції, наприклад, максимально допустимий вміст шкідливих компонентів в підрахунковому блоці і в окремих пробах (бортові) і ін. Більшість основних показників кондицій обґрунтовуються техніко-економічними розрахунками за принципом беззбитковості виробництва продукції (собівартість і цінність одиниці продукції рівна).

Кондиції відповідно до етапів вивчення та освоєння родовищ поділяються на розвідувальні (попередні, тимчасові, постійні) та оперативні (експлуатаційні).

Розвідувальні кондиції розробляються за результатами різних стадій геологорозвідувальних робіт (пошукової, пошуково-оціночної, розвідки родовищ) та геолого-економічної оцінки родовищ для оконтурення і підрахунку запасів корисних копалин та визначення їх промислової цінності (табл. 4.4.2.3).

*Попередні кондиції* розробляються в процесі початкової геолого-економічної оцінки (ГЕО-3) можливого промислового значення перспективної ділянки надр і обґрунтовуються матеріалами техніко-економічних міркувань (ТЕМ) про доцільність подальших пошукових робіт. Параметри попередніх кондицій узгоджуються інвестором та виконавцями геологорозвідувальних робіт.

*Тимчасові розвідувальні кондиції* розробляються за матеріалами проміжних стадій розвідки родовища і використовуються для попередньої оцінки його масштабів, промислової цінності та доцільності інвестування подальших робіт на об'єкті. Тимчасові кондиції розробляються в процесі попередньої геолого-економічної оцінки (ГЕО-2) промислового значення виявленого родовища (покладу) і обґрунтовуються матеріалами техніко-економічної доповіді (ТЕД) щодо економічної доцільності його подальшої розвідки і підготовки до розробки. Параметри тимчасових кондицій апробуються ДКЗ України або замовником подальших геологорозвідувальних робіт.

*Постійні розвідувальні кондиції* розробляються за матеріалами завершених геологорозвідувальних робіт і мають на меті встановлення масштабів і промислової цінності родовища, економічної ефективності його освоєння на основі детального техніко-економічного обґрунтування. Постійні кондиції розробляються в процесі детальної геолого-економічної оцінки (ГЕО-1) ефективності промислового освоєння родовища (покладу) і використовуються для підрахунку його запасів. Матеріали техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) постійних кондицій і їх параметри

затверджуються ДКЗ України. Постійні кондиції застосовуються під час опрацювання проектів промислового освоєння родовища (покладу), планування і здійснення розробки, вирішення питань, пов'язаних з охороною надр і навколишнього природного середовища, державного обліку його запасів.

Таблиця 4.4.2.3.

Співставлення стадій ГРР та стадійності розробки кондицій на мінеральну сировину [16]

№ п/п	Стадія геологорозвідувальних робіт	Категорії та класи запасів і ресурсів корисних копалин	Стадія геолого-економічної оцінки та	Кондиції відповідно до етапів вивчення та освоєння родовищ
1	Пошуки родовищ корисних копалин	C <sub>2</sub> , P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>3</sub> Попередньо розвідані запаси, прогнозні і перспективні ресурси	Початкова геолого-економічна оцінка ГЕО-3	Попередні кондиції
2	Пошуково-оціночні роботи	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , P <sub>1</sub> Попередньо розвідані запаси, перспективні ресурси	Попередня геолого-економічна оцінка ГЕО-2	Тимчасові кондиції
3	Розвідка родовищ корисних копалин	A, B, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , Розвідані та попередньо розвідані запаси	Детальна геолого-економічна оцінка ГЕО-1	Постійні кондиції
4	Експлуатація родовищ	A, B, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , Розвідані запаси	Детальна геолого-економічна оцінка ГЕО-1	Оперативні (експлуатаційні) кондиції

Вивченість родовищ (ділянок) корисних копалин, для яких розробляється ТЕО постійних кондицій, має відповідати вимогам Класифікації до родовищ, підготовлених до промислової розробки:

- встановлено обсяги загальних запасів і ресурсів основних, що спільно залягають, і супутніх корисних копалин і наявних у них корисних компонентів у межах ліцензійної ділянки і довкола неї, які враховуються під час проектування гірничодобувного підприємства для визначення можливих перспектив його розвитку, граничної глибини розробки, способу розкриття і схеми розробки покладів корисних копалин, розроблення плану розташування виробничих споруд, під'їзних шляхів, місць видалення відходів;

- визначено обсяги балансових розвіданих і попередньо розвіданих запасів корисних копалин, що використовуються для проектування будівництва (реконструкції) гірничодобувного підприємства. При цьому

кількість розвіданих запасів має бути не меншою від визначеної величини компенсувальних запасів, що забезпечують діяльність гірничодобувного підприємства на період повернення капітальних вкладень у промислове освоєння родовища;

– визначено та оцінено небезпечні екологічні фактори, що впливають або можуть вплинути на стан довкілля під час розробки родовища, переробки мінеральної сировини, видалення або утилізації виробничих відходів; розроблено раціональний комплекс заходів щодо охорони природи.

*Оперативні* (експлуатаційні) кондиції розробляються під час промислової розробки родовищ для перерахунку запасів окремих їхніх ділянок (горизонтів, покладів, блоків і т. ін.), які за геолого-промисловими характеристиками та умовами розробки істотно відрізняються від прийнятих для всього родовища (під час обґрунтування параметрів постійних кондицій), а також для забезпечення беззбиткової роботи видобувного підприємства в період погіршення економічних умов видобутку корисної копалини або реалізації товарної продукції. Параметри оперативних кондицій затверджуються ДКЗ України.

Експлуатаційні кондиції встановлюються в процесі розробки родовища для уточнення граничних вимог до якості корисних копалин, які вилучаються, та умов їх залягання стосовно конкретних частин родовища: поверхам, експлуатаційним блокам та ін., які істотно відрізняються за геологічними, гірничотехнічними, техніко-економічними, технологічними умовами розробки від середніх показників, прийнятих при обґрунтуванні розвідувальних кондицій. Метою розробки експлуатаційних кондицій може бути також забезпечення стабільної беззбиткової роботи підприємств в періоди змін ринкової кон'юнктури на мінеральну сировину, продукти її переробки, цін на ресурси тощо [16].

Обґрунтування оперативних кондицій здійснюється на підставі економічного та геологічного аналізу виконання технічного проекту розкриття та розробки родовища (блоків, покладів, горизонтів) стосовно до існуючої економічної ситуації. Оперативні кондиції розробляються надрокористувачем на обмежений термін, необхідний для відпрацювання частини родовища, що переоцінюється. Експлуатаційні кондиції базуються на основі детального геологічного вивчення родовища і економічного аналізу технічного проекту розкриття і розробки його окремих блоків. Вони можуть обґрунтовувати нові (порівняно з розвідувальними) значення мінімального промислового та бортового вмісту та ін. параметрів, уточнювати перелік супутніх компонентів в залежності від конкретних потреб.

#### 4.4.2.2. Показники та параметри кондицій на мінеральну сировину

Обґрунтування розвідувальних кондицій повинно забезпечувати об'єктивну оцінку всіх його геологічних, гірничотехнічних, технологічних та інших особливостей, які є чинниками промислової цінності родовища. Ступінь розвіданості родовища повинен забезпечувати можливість оцінки балансової належності об'єкту. Речовинний склад і технологічні властивості корисних копалин, відомості про які використовуються при розробці розвідувальних кондицій, повинні бути вивчені з детальністю, яка забезпечує отримання вихідних даних, достатніх для проектування раціональної технології їх переробки з комплексним вилученням компонентів, які мають промислове значення, а також визначення оптимального варіанту використання відходів виробництва.

В розвідувальних кондиціях для підрахунку балансових запасів, як правило, обґрунтовуються наступні параметри [16].:

1. Мінімальний промисловий вміст корисного компоненту, при якому забезпечується рівність цінності мінеральної сировини і витрат на отримання товарної продукції.

2. Бортовий вміст корисного компоненту встановлюється за відсутності чітких геологічних меж рудного тіла для обмеження балансових запасів в просторі (при оконтуренні їх із застосуванням статистичного підрахунку запасів) на рівні, який забезпечує максимізацію економічного ефекту від використання оконтурених запасів і визначається на основі поваріантних техніко-економічних розрахунків.

В процесі розвідки і розробки родовища показники бортового і мінімального промислового вмісту можуть періодично переглядатись в залежності від цінових, технологічних та ін. факторів. Бортовий вміст корисного компонента - мінімальний вміст корисного компонента в пробі, що включається до підрахунку запасів під час оконтурювання продуктивного покладу в перетині гірничою виробкою, у разі відсутності чіткого геологічного контакту. Бортовий вміст корисного компонента встановлюється окремо для балансових і для позабалансових запасів корисних копалин.

3. Умови оконтурення рудних тіл в геологічних границях містять характеристику критеріїв, за якими встановлюються геологічні границі корисної копалини.

4. Мінімальний вміст корисного компонента в крайовому перетині - граничний вміст корисного компонента в крайовому перетині продуктивного покладу, що включається до підрахунку запасів під час оконтурювання продуктивного покладу за падінням і простяганням за межами гірничих

виробок. Мінімальний вміст корисного компонента по перетину рудного тіла виробкою для оконтурення рудного тіла за простяганням і падінням використовується при необхідності разом з бортовим і мінімальним промисловим вмістом для запобігання необґрунтованого вилучення із числа балансових крайових частин підрахункових блоків, вміст корисних компонентів в яких нижче мінімального промислового, але достатній для покриття майбутніх витрат з їх видобутку і переробки.

5. Коефіцієнти для приведення в комплексних рудах вмістів корисних компонентів до вмісту умовного основного компоненту.

6. Максимально допустимий вміст шкідливих домішок в підрахунковому блоці, по перетину, інтервалу або в пробі обґрунтований технологічними дослідженнями найбільший вміст шкідливих компонентів у корисній копалині на місці залягання, за якого виробництво кондиційної товарної продукції гірничого підприємства за прийнятою в техніко-економічному обґрунтуванні технологічною схемою є можливим.

7. Вимоги до визначення при підрахунку запасів типів і сортів корисних копалин, які підлягають окремій виїмці, що залежить від технологічних властивостей сировини. В деяких випадках встановлюється мінімальний вихід товарної продукції і основного сорту сировини.

8. Перелік супутніх компонентів (окремо за технологічними типами корисних копалин), за якими необхідно підраховувати запаси.

9. Мінімальний коефіцієнт рудоносності в підрахунковому блоці для родовищ з переривчастим або гніздоподібним розподілом корисних компонентів, коли кондиційні руди за геологічними або гірничотехнічними критеріями не можуть бути оконтуреними, і підрахунок запасів проводять в контурах рудоносної зони статистично. При цьому повинні бути обґрунтовані умови визначення рудоносної зони (покладу, тіла), а також можливість і доцільність селективного способу розробки.

10. Мінімальні потужність тіл корисних копалин (пластів, покладів, жил) або відповідний мінімальний метро-процент. Мінімальна потужність (товщина) покладу корисної копалини - найменш визначена в перетині гірничою виробкою істинна потужність (товщина) покладу корисної копалини з кондиційним вмістом корисного компонента, що включається до підрахунку запасів.

11. Максимально припустима потужність прошарків пустих порід або некондиційних руд, які включаються в підрахунковий контур запасів - гранична потужність пустих або некондиційних прошарків у продуктивній товщі, залучення яких до видобутку сумісно з кондиційними інтервалами дає змогу застосувати високопродуктивні засоби і системи розробки продуктивних покладів з економічною ефективністю, що перевищує втрати, пов'язані із



зниженням умісту корисного компонента в балансових запасах та збагаченням видобутої гірничої маси до відповідності товарної продукції вимогам стандартів і технічних умов.

12. Мінімальні запаси ізольованих тіл корисних копалин.

13. Максимальна глибина підрахунку запасів, для відкритого способу – граничні коефіцієнти розкриття.

14. Для окремих видів мінеральної сировини встановлюються вимоги до фізико-механічних та ін. властивостей, які регламентуються діючими стандартами, технологічними умовами або обумовлені результатами технологічних випробувань.

15. Вимоги до гірничотехнічних умов розробки, якості сировини, технологічних властивостей для підрахунку балансових запасів сумісно залягаючих корисних копалин (перекриваючих, підстеляючих або вміщуючих порід).

Основними параметрами в експлуатаційних кондиціях є:

1. Гранично допустима якість запасів на контурі ділянки. Цей параметр є аналогом бортового вмісту і може бути відмінним від величини встановленої розвідувальними кондиціями.

2. Гранично допустима якість запасів в цілому по експлуатаційному блоку або його частині, яка може видобуватись окремо, – аналог мінімального промислового вмісту в блоці, що розраховується за величиною майбутніх витрат.

3. Мінімальні запаси окремого тіла корисної копалини (із врахуванням якості мінеральної сировини, його вартості).

4. Максимальна довжина безрудної ділянки покладу, яка включається в контур.

5. Кути падіння пласту, покладу та ін.

Для окремих видів корисних копалин, технологічних типів руд або способів відпрацювання родовищ корисних можуть встановлюватись додаткові показники кондицій, що зумовлено специфікою проведення ГЕО об'єктів надрокристування в конкретних умовах. В даний час нормативними документами з геолого-економічної оцінки передбачено додаткові параметри кондицій для родовищ вугілля, багатьох видів нерудних корисних копалин та ін.

Кондиціями для підрахунку запасів вугілля (горючих сланців) додатково до перелічених вище встановлюються такі показники:

– мінімальна істинна потужність пластів вугілля (горючих сланців) у пластоперетині, що визначається як сума потужностей вугільних шарів, внутрішньопластових породних прошарків і вуглистих порід, що залягають

безпосередньо в покрівлі або підшві пласта, що неминуче залучаються до видобутку;

- мінімальна істинна потужність внутрішньопластових породних прошарків, що в зонах розщеплення розділяють пласт на об'єкти самостійної розробки;

- максимальна зольність вугілля по пластоперетину з урахуванням засмічення породами внутрішньопластових, покривних та підшвених вуглистих прошарків, що залучаються до видобутку;

- мінімальна довжина непорушеного виїмкового стовпа;

- граничне співвідношення потужностей розкривних порід і корисної копалини.

Кондиціями для підрахунку запасів родовищ нерудних корисних копалин (карбонатні породи, магнезити, дуніти, кварцити, пісковики як флюсова сировина, глини керамічні, формувальні, вогнетривкі, піски формувальні, будівельні та скляні, камені облицювальні і будівельні, цементна сировина), а також запасів родовищ корисних копалин місцевого значення встановлюються такі основні показники:

- граничні показники якості корисної копалини, що враховують вимоги чинних стандартів, технічних вимог, технічних завдань користувачів надр до якості товарної продукції або якісні показники мінеральної сировини, на якій проводились технологічні випробування й одержані позитивні результати;

- мінімальний вихід товарної продукції;

- мінімальна потужність покладу корисної копалини у крайовому перетині; максимально допустима потужність прошарків вміщуючих порід і некондиційної корисної копалини, що включаються у контур підрахунку запасів;

- умови оконтурення промислових (технологічних) типів або сортів корисних копалин і методи підрахунку їх запасів;

- допустимий рівень активності природних радіонуклідів;

- межі підрахунку запасів.

Кондиціями для підрахунку запасів родовищ корисних копалин, що розробляються методами підземного вилуговування або виплавляння, крім наведених вище, передбачаються такі показники:

- максимально допустимий вміст карбонатів у корисній копалині;

- максимальний вміст глиняно-алевритової фракції в продуктивному інтервалі, що включається до підрахунку запасів;

- мінімальний коефіцієнт фільтрації у продуктивних відкладах.

Кондиціями для підрахунку запасів родовищ нафти та газу передбачаються такі основні показники для початкових пластових умов:

– Мінімальна відкрита пористість (пустотність) колектора – найменша відкрита пористість (пустотність) колектора, за якої в початкових пластових умовах починається фільтрація вуглеводневих компонентів пластових флюїдів і з покладу можуть бути видобуті нафта або газ за сучасними технологіями розробки;

– Мінімальна абсолютна проникність колектора – найменша абсолютна проникність колектора, за якої в початкових пластових умовах починається фільтрація вуглеводневого компонента пластового флюїду, що підраховується;

– Мінімальна нафтогазонасиченість продуктивного колектора – найменша насиченість колектора нафтою або газом, за якої в початкових пластових умовах фазова проникність колектора для вуглеводневих компонентів пластових флюїдів більша від нуля;

– Максимальна глинистість колектора – найбільша відносна глинистість колектора, за якої в початкових пластових умовах починається фільтрація вуглеводневих компонентів пластових флюїдів;

– Максимальна водонасиченість колектора;

– Мінімальна ефективна товщина прошарку колектора – найменша ефективна товщина прошарку із колекторськими властивостями, що включається в ефективну товщину покладу у перетині його свердловиною;

– Мінімальна ефективна товщина покладу нафти і газу – найменша, визначена в окремій свердловині, ефективна товщина продуктивного покладу, що включається до підрахунку запасів під час оконтурювання продуктивної площі покладу;

– Мінімальний промисловий вміст супутнього корисного компонента в нафті, газі, супутніх водах – найменша концентрація корисного компонента в корисній копалині, за якої вилучення його в процесі розробки і подальше використання технологічно можливі та економічно доцільні;

– Максимально допустимий вміст шкідливих компонентів у вуглеводнях та супутніх водах;

– Оптимальна система розробки покладів родовища;

– Мінімальний робочий тиск на гирлі видобувної свердловини;

– Мінімальний середній робочий дебіт видобувної свердловини по вуглеводневій складовій;

– Максимальна обводненість продукції свердловини;

– Ціна реалізації вуглеводневої товарної продукції;

– Коефіцієнт вилучення вуглеводнів із надр – визначена в частках від одиниці або у відсотках відносна величина, що показує частину від загальних запасів вуглеводнів на місці залягання, видобуток яких технологічно можливий і економічно доцільний під час розробки покладу із застосуванням

сучасної технології і техніки видобутку за умови додержання вимог з охорони надр і навколишнього природного середовища.

– Оптимальний коефіцієнт вилучення вуглеводнів із надр – коефіцієнт вилучення, що досягається за оптимальним варіантом розробки родовища.

У разі наявності на оцінюваному нафтогазовому об'єкті інших обставин, що істотно впливають на визначення кількості і якості загальних і видобувних запасів вуглеводнів, можуть передбачатись додаткові до наведених вище показники кондицій.

### **Бортовий вміст корисного компоненту**

Підрахунок запасів починається з оконтурення тіл корисної копалини. В тих випадках, коли чітка межа між рудою і породами, які її вміщують, відсутня, оконтурення проводять за бортовим вмістом. Якщо перехід від руди до пустої породи поступовий, бортовий вміст співпадає з мінімальним промисловим. Для рудних тіл з нерівномірним, стрибкоподібним розподілом корисної копалини при проведенні контуру бортовий вміст встановлюється нижче мінімального промислового, але в середньому по блоку вміст повинен бути не нижчим мінімального промислового. Звичайно, внаслідок зміни величини бортового вмісту змінюється контур рудного тіла (зокрема, його потужність), запаси корисної копалини і середній вміст (якість сировини) корисних компонентів по родовищу, рудному тілу. Крім того, в більшості випадків змінюються і показники видобутку і переробки сировини (втрати, розубожування, вилучення, вихід продукції). Все це у свою чергу позначається на техніко-економічних показниках розробки родовища.

Бортовий вміст визначається на основі порівняння ряду послідовних варіантів оцінки родовища при різних значеннях бортового вмісту. При цьому вирішальними показниками є приріст або втрати запасів руди і кінцевого продукту, річна видача продукції, рентабельність розробки, величина і ефективність капітальних витрат на будівництво гірничорудного підприємства. Бортовий вміст не може бути нижчим за вміст корисного компоненту в хвостах при збагаченні руди; маються на увазі прогресивні, сучасні методи збагачення (крім випадків, коли попутні елементи збагатили в спільних хвостах). При оконтуренні рудних тіл за бортовим вмістом важливо у кожному підрахунковому блоці встановити розташування і форму ділянок руди із вмістом корисного компоненту вище бортового, але нижче мінімального промислового (хоча в цілому по блоку вміст не може бути нижчим мінімального промислового). Це має особливо велике значення при

оконтуренні рудного тіла за площею, оскільки при розробці таких ділянок підприємство явно буде збитковим [16].

Бортовий вміст корисного компонента (конкретного чи умовного) як показник кондицій належить застосовувати під час оконтурювання продуктивних покладів, у яких відсутні чіткі геологічні контакти, а корисні компоненти характеризуються незакономірним і нерівномірним, переривчастим розподілом, що унеможлиблює застосування з цією метою мінімального промислового вмісту через малі розміри і складну морфологію продуктивних покладів і непридатність їх у зв'язку з цим для окремої розробки. У разі наявності в крайовій частині перетину декількох проб з бортовим умістом корисного компонента до підрахунку належить включати тільки першу пробу.

На родовищах з нерівномірним і вкрай нерівномірним розподілом корисних компонентів бортовий вміст для балансових запасів належить визначати на підставі поваріантних техніко-економічних розрахунків. Для кожного варіанта бортового вмісту слід визначати техніко-економічні показники розробки родовища, на підставі яких обґрунтовується оптимальне його значення.

На родовищах, балансові запаси яких мало змінюються від зміни бортового вмісту за варіантами, бортовий вміст може визначатись аналітично як вміст корисного компонента, що окупає прямі експлуатаційні затрати на видобуток і переробку корисної копалини. У цьому разі бортовий вміст належить визначати за формулами, аналогічними тим, що використовуються для визначення мінімального промислового вмісту [16].

При поваріантному техніко-економічному обґрунтуванні бортового вмісту корисного компонента як оптимальний слід визначати варіант, що забезпечує максимальний підсумковий економічний ефект за весь період розробки родовища з урахуванням найбільш вичерпного раціонального використання як основних, так і супутніх корисних копалин і компонентів, а також відходів видобутку і переробки мінеральної сировини за умови забезпечення узгодженої користувачем надр ефективності капіталовкладень у розробку родовища.

Кількість варіантів для обґрунтування бортового вмісту корисного компонента не може бути меншою від трьох. Розрахунки за варіантами з бортовим умістом як вищим, так і нижчим від оптимального є обов'язкові.

Порядок визначення бортового вмісту корисного компонента для оконтурювання позабалансових запасів корисних копалин не регламентується. У більшості випадків його належить установлювати на рівні вмісту корисного компонента у відвальних хвостах переробки корисної копалини в товарну продукцію.

У разі оконтурювання продуктивних покладів з чіткими геологічними границями, показниками кондицій належить визначити сукупність геолого-мінералогічних та інших ознак, на підставі яких визначаються межі продуктивних інтервалів у перетинах, що включаються до підрахунку запасів.

Для родовищ, величина запасів є малочутливою до зміни бортового вмісту, поваріантні техніко-економічні розрахунки не проводять, а використовують аналітичні способи визначення даного показника кондицій. Формули для розрахунків подібні до формул визначення мінімального промислового вмісту корисного компонента.

### **Мінімальний промисловий вміст корисного компонента**

Особливим показником кондицій, який забезпечує найбільш тісний зв'язок гірничо-геологічних, технічних, технологічних і економічних характеристик родовища є мінімальний промисловий вміст корисного компонента. Його рекомендують визначати на підставі такого співвідношення:

$$C_{\min} = B / \text{Ц} \cdot K_b \cdot P,$$

де  $C_{\min}$  – мінімальний промисловий вміст корисного компонента, частка одиниці;  $B$  – повні експлуатаційні витрати на видобуток і переробку одиниці маси або об'єму корисної копалини;  $\text{Ц}$  – ціна одиниці маси або об'єму товарної продукції гірничого підприємства;  $K_b$  – наскрізне вилучення корисного компонента в товарну продукцію з корисної копалини, частка одиниці;  $P$  – розубожування корисної копалини під час видобутку і транспортування, частка одиниці [16].

Конкретну формулу для розрахунку мінімального промислового вмісту корисного компонента належить визначити на підставі наведеного співвідношення з урахуванням особливостей, що залежать від виду готової товарної продукції (метал, мінерал, концентрат), умов залягання і розробки родовища.

На комплексних родовищах корисних копалин з декількома корисними компонентами мінімальний промисловий вміст розраховується для умовного корисного компонента, вміст якого дорівнює сумі вмістів усіх наявних корисних компонентів, приведених до корисного компонента, що має найбільшу вартість. Вмісти наявних корисних компонентів приводяться до умовного через перевідні коефіцієнти, що враховують співвідношення цінності корисних компонентів та коефіцієнтів їх вилучення.

На родовищах, промислове значення яких визначається виходом товарної продукції різних сортів, класів або груп, ціни на які змінюються в

широких межах, належить визначати мінімальний промисловий вихід (вміст) умовного сорту (класу, групи) за такою самою схемою, як і мінімальний промисловий вміст умовного компонента в корисній копалині.

У разі, якщо мінімальний промисловий вміст визначається стандартами або технічними умовами на використання мінеральної сировини, спеціальних розрахунків для його визначення виконувати не слід.

Мінімальний промисловий вміст корисних компонентів як показник кондицій належить застосовувати до підрахункових блоків для оцінки балансової належності запасів корисних копалин, визначених у їх межах.

Крім того, мінімальний промисловий вміст як показник кондицій має застосовуватись для оконтурювання продуктивних покладів у разі відсутності чітких геологічних контактів і наявності доведеного закономірного зниження вмісту корисних компонентів від внутрішньої до зовнішньої частин продуктивної зони, у межах якої оконтурюється поклад балансових запасів. Об'єктами застосування мінімального промислового вмісту під час оконтурювання покладів можуть бути:

крайова проба – у разі оконтурювання продуктивного покладу в перетині продуктивної зони гірничою виробкою;

крайовий перетин – у разі оконтурювання продуктивного покладу по площі продуктивної зони між гірничими виробками.

Визначення мінімального промислового вмісту корисного компоненту проводиться в залежності від умов розробки і виробництва товарної продукції при освоєння родовища. Використовуються наступні розрахункові формули даного параметру кондицій:

1) У випадку переробки руди до товарного концентрату, при цінах на концентрат з встановленим вмістом корисного компоненту:

$$C_{\min} = \frac{(B_{\text{видобуток}} + B_{\text{збагачення}}) \cdot a}{C \cdot K_{\text{в}} \cdot (1 - P)} \cdot 100\%,$$

де  $B_{\text{видобуток}}$  і  $B_{\text{збагачення}}$  – експлуатаційні витрати на видобуток і збагачення 1т руди;  $a$  – вміст корисного компоненту в концентраті, %;  $C$  – ціна 1т корисного компоненту в концентраті;  $K_{\text{в}}$  – коефіцієнт вилучення при збагаченні;  $P$  – розубожування при видобутку.

2) У випадку переробки руди до товарного концентрату, при встановлених цінах на метал, який міститься в концентраті:

$$C_{\min} = \frac{(B_{\text{видобуток}} + B_{\text{збагачення}})}{\left( C_{\text{м.к}} - \frac{B_{\text{зрп}}}{K_{\text{в.в}} K_{\text{в.з}}} \cdot K_{\text{в.в}} \cdot (1 - P) \right)} \cdot 100\%,$$

де  $C_{\text{м.к}}$  – ціна 1 т металу в концентраті;  $K_{\text{в.в}}$  – коефіцієнт вилучення при видобутку;  $K_{\text{в.з}}$  – коефіцієнт вилучення при збагаченні;

3) У випадку переробки руд до товарних металів з включенням збагачувального переділу:

$$C_{\min} = \frac{B}{\left( C_M - B_M - B_{\text{тр}} - \frac{B_{\text{зрр}}}{K_{\text{в.в}} \cdot K_{\text{в.з}} \cdot K_{\text{в.м}}} \right) \cdot K_{\text{в.з}} \cdot K_{\text{в.м}} \cdot (1-P)} \cdot 100\% ,$$

де  $C_M$  – ціна 1т товарного металу;  $B_M$  – витрати по металургійному переділу на 1 т товарного металу;  $B_{\text{тр}}$  – витрати на транспортування концентрату в розрахунку на 1 т товарного металу;  $B_{\text{зрр}}$  – витрати на проведення геологорозвідувальних робіт в розрахунку на 1 т металу в надрах;  $K_{\text{в.м}}$  – коефіцієнт вилучення при металургійному переділі;

4) У випадку переробки руд до товарних металів без збагачення:

$$C_{\min} = \frac{B_{\text{в}} + B_{\text{тр.р}} + B_{\text{м.гол}}}{\left( C_M - B_{\text{м.к}} - \frac{B_{\text{зрр}}}{K_{\text{в.в}} \cdot K_{\text{в.м}}} \right) \cdot K_{\text{в.м}} \cdot (1-P)} \cdot 100\% ,$$

де  $B_{\text{тр.р}}$  – витрати на транспортування концентрату в розрахунку на 1 т товарної руди;  $B_{\text{м.гол}}$  – витрати по металургійному переділу головних стадій на 1 т товарного металу;  $B_{\text{м.к}}$  – витрати по металургійному переділу кінцевих стадій на 1 т товарного металу.

Зрозуміло, що в ряді випадків (залежно від особливостей сировини і її використання) мінімальний промисловий вміст може бути визначений не по концентрату, а по руді чи по іншому проміжному або кінцевому продукту обробки і переробки руди.

Для родовищ, які розробляються відкритим способом у випадку коли характер залягання рудних тіл дозволяє визначати коефіцієнти розкриття по кожному з під рахункових блоків, мінімальний промисловий вміст рекомендують визначати з врахуванням коефіцієнтів розкриття по кожному блоку в наступній послідовності:

1) Визначають мінімальний промисловий вміст при нульовому розкритті:

$$C_{\min, \text{н.р}} = \frac{B_{\text{н.р}}}{(C \cdot K_{\text{в}} \cdot (1-P))} \cdot 100\% ,$$

де  $C_{\min, \text{н.р}}$  – мінімальний промисловий вміст при нульовому розкритті;  $B_{\text{н.р}}$  – витрати на видобуток і переробку 1 т ( $\text{м}^3$ ) руди при нульовому розкритті.

2) Визначають мінімальний промисловий вміст для оцінюваного під рахункового блоку:

$$C_{\min} = \frac{B_{\text{н.р}} + K_{\text{р}} B_{\text{р}}}{(C \cdot K_{\text{в}} \cdot (1-P))} \cdot 100\% ,$$



де  $K_p$  – коефіцієнт розкриття по під рахунковому блоку, т/т,  $m^3/m^3$ ;  $B_p$  – витрати на 1 т або 1  $m^3$  розкриття.

Ми розглянули розрахунок мінімального вмісту в однокомпонентній руді. Якщо руда багатоконпонентна, мінімальний вміст розраховують по основному компоненту, а вміст інших компонентів в руді враховують за допомогою перевідних коефіцієнтів  $K_n$ .

Для визначення перевідного коефіцієнта від одного компоненту до іншого часто користуються формулою:

$$K_n = \frac{C_x \cdot E_x}{C_y \cdot E_y},$$

де  $C_x$  і  $C_y$  – ціна першого і другого компонентів, грн.;  $E_x$  і  $E_y$  – вилучення компонентів з руди в концентрат, %.

Для приведення вмістів окремих сортів мінеральної сировини (слюда, азбест) до вмісту умовного сорту використовують формулу:

$$K_{x.c/y.c} = C_{x.c}/C_{y.c}$$

Мінімальний середній вміст на практиці визначається методом порівняння ряду варіантів в процесі економічної оцінки родовища, оскільки економічні показники його розробки і, зокрема, собівартість продукції складно взаємопов'язані з прийнятим мінімальним промисловим вмістом (варіантом оконтурення і підрахунку балансових запасів сировини).

Деякі дослідники вважають, що оцінка родовищ корисних копалин не справа геологів, а відноситься до компетенції гірників-проектувальників і економістів. З огляду на приведений вище приклад очевидно, що розрахункові показники по декількох варіантах більш правильно можуть визначити проектувальники і економісти, але оконтурення рудних тіл, а отже і встановлення початкових даних для економічних розрахунків неможливе без участі компетентного геолога-розвідника, який у свою чергу повинен добре орієнтуватися в питаннях проектування гірничорудних підприємств, економіки і технології їх роботи.

#### 4.4.3. ПІДРАХУНОК ЗАПАСІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН

*Підрахунок запасів* корисних копалин – визначення маси або об'ємів корисної копалини та її корисних компонентів на визначеній ділянці надр.

Підрахунок запасів проводиться із визначенням певних величин – *параметрів підрахунку*, які використовують для розрахунків запасів корисних копалин. Загальні формули підрахунку запасів:

$$Q = \frac{P \cdot C}{100} = \frac{S \cdot m \cdot d \cdot C}{100};$$

$$Q_p = V \cdot d = S \cdot m \cdot d;$$

$$V = S \cdot m;$$

де:  $Q$  – запаси корисного компонента, т;

$Q_p$  – запаси руди, т;

$C$  – вміст корисного компонента в руді %;

$S$  – площа підрахункового блоку, м<sup>2</sup>;

$m$  – потужність покладу в блоці, м;

$d$  – об'ємна вага руди, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм руди, м<sup>3</sup>.

Звідси початковими даними для підрахунку запасів, які отримані в процесі розвідки, є: потужність покладу, площа його розповсюдження, об'ємна вага руди, вміст корисного компонента.

Процес підрахунку запасів передбачає не лише розрахунок кількісних натуральних показників, але характеризує якісні властивості запасів, без яких неможливо встановити їх кількості, а саме [16]:

- Відповідність кондиціям на мінеральну сировину;
- Просторове положення та умови залягання, форма, потужність і будова рудних тіл;
- Виокремлення природних, промислових, технологічних типів, сортів корисної копалини; умови розкриття і розробки тіл корисної копалини;
- Ступінь вивченості і підготовленості до промислового освоєння окремих ділянок родовища.

Підрахунок запасів корисних копалин є всебічним аналізом і узагальненням всіх геологічних, геохімічних, геофізичних та інших фактичних даних, отриманих в процесі геологорозвідувальних робіт. Він є основою для проведення подальших розрахунків економічної та фінансової оцінки родовища. В результаті підрахунку запасів складається геолого-промислова модель родовища, в якій відображені якісна та кількісна характеристики об'єкту, ступінь детальності його вивчення. Враховуючи ці дані і робиться висновок про промислову цінність конкретного родовища корисних копалин.

Вихідні дані для підрахунку запасів присутні в наступних матеріалах: розвідувальних розрізах і планах, які містять результати геологічних, мінералогічних, геофізичних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних досліджень; таблицях хімічних аналізів; відомостях про технологічні дослідження проб, на основі яких виділяють сорти корисних копалин тощо.

Такі дані разом з результатами опробування дають можливість визначити границі, конфігурацію, розміри площин підрахункових блоків на плані і в розрізах.

Запаси корисних копалин визначаються :

1. Для більшості рудних і нерудних твердих корисних копалини – в тоннах;
2. Для запасів розсипних родовищ і родовищ мінеральної сиовини для промисловості будівельних матеріалів – в кубічних метрах;
3. Запаси корисних компонентів (металів, хімічних сполук, які є корисними компонентами) – в тоннах:
  - a. Для родовищ чорних металів визначаються запаси сирової руди із визначеними середніми вмістами металу;
  - b. Для родовищ кольорових металів визначаються запаси як сирової руди, так і металів, для комплексних родовищ – основного і супутніх корисних компонентів з приведенням до умовного;
  - c. Для благородних металів розраховують запаси металів в кілограмах (тройських унціях);
  - d. Запаси дорогоцінного каміння визначають в каратах або грамах.

Для вітчизняної практики підрахунку запасів є характерним їх визначення в надрах, по руді і корисним компонентам без врахування можливих втрат в процесі видобутку. За кордоном як правило розраховують запаси не геологічні, а ті, що вилучаються при розробці родовища.

Підрахунок запасів та їх затвердження і прийняття на баланс Державного фонду надр є обов'язковою умовою для початку проектних і експлуатаційних робіт на родовищі корисних копалин.

Підрахунок запасів проводиться в межах певних підрахункових контурів, проведення яких є дуже відповідальною операцією не лише для визначення запасів і їх розподілу в просторі, але й для оцінки перспектив родовища. Підрахункові контури повинні будуватися з урахуванням всіх розвідувальних даних і виявлених геологічних закономірностей родовища. На підрахункових планах і розрізах звичайно будується ряд контурів: виділяються і оконтурюються підрахункові блоки по сортах і типах корисної копалини, по класах потужності покладу, по глибинах і умовах залягання, по категоріях запасів і т.д. Основним, найважливішим для підрахунку запасів, є робочий контур рудного тіла (синоніми – промисловий, кондиційний контури). В його межах корисна копалина відповідає промисловим кондиціям, запаси тут відносяться до групи балансових. В межах робочого контуру виділяються і оконтурюються підрахункові блоки відповідно до необхідної диференціації запасів.

За функціональним призначенням основними видами контурів є наступні:

- Нульовий контур, який характеризує повне закінчення (вклинювання) рудних тіл, і будується по крайнім точкам, в яких потужність рудного тіла або вміст корисного компоненту дорівнюють нулю.
- Промисловий контур відокремлює балансові запаси від тих, що не мають промислового значення, і будується по точкам з граничними показниками кондицій – мінімальним промисловим або бортовим вмістом, мінімальною потужністю рудних тіл та ін..
- Сортний контур відокремлює промислові і технологічні типи руд, сорти корисної копалини в межах промислового контуру.

За способами побудови контури при підрахунку запасів поділяються на:

1. Внутрішній контур інтерполяції, який будується по опорним точкам в крайніх розвідувальних і експлуатаційних виробках, які розкрили рудне тіло.
2. Зовнішній контур екстраполяції, який будується за межами крайніх виробок або проб, при цьому виділяють два різновиди цього контуру:
  - a. Внутрішній контур обмеженої екстраполяції, який будується між виробками, які розкрили рудне тіло і безрудними виробками;
  - b. Зовнішній контур необмеженої екстраполяції, який проводять за межами рудних виробок у випадку відсутності безрудних виробок.

#### **4.4.3.1. Визначення головних параметрів корисних копалин для підрахунку запасів**

##### ***Визначення потужності покладу***

Потужність покладів тіл корисних копалин визначається в гірничих виробках та природних відслоненнях безпосередніми замірами від кровлі до підшви. Точність замірів є максимальною у випадках, коли рудні тіла мають чітку видиму границю, і мінімальною - у випадках, коли така границя відсутня, а потужність визначається за даними секційного опробування за встановленими бортовими показниками якості корисної копалини.

За даними бурових свердловин потужність безпосередньо визначається за умови отримання майже 100% лінійного виходу керну із збереженням структури і непорушених контактів рудного тіла з кровлею і підшвою. В більшості випадків використовують комплексне визначення потужності із співставленням даних по довжині керну, показників буріння, каротажу свердловин [16].

В підрахунок запасів включаються ділянки рудних тіл, які відповідають встановленим параметрам кондицій за потужностями:

- Мінімальні потужність тіл корисних копалин (пластів, покладів, жил) або відповідний мінімальний метро-процент.
- Максимально припустима потужність прошарків пустих порід або некондиційних руд, які включаються в підрахунковий контур запасів .

При геометризації покладів розрізняють наступні показники потужності в залежності від напрямків і умов, по яким проводять заміри:

- істинну або нормальну - потужність, замір якої проводиться по нормалі;
- видиму– відстань між висячим і лежачим боками покладу, яка визначена в результаті розчистки покладу на поверхні або виміряна в свердловині;
- вертикальна – потужність покладу по вертикалі;
- горизонтальна – потужність покладу по горизонталі;
- коса – потужність покладу в довільному напрямку.

Для підрахунку запасів використовують середні значення потужності в під рахунковому контурі, які визначають способом середнього арифметичного або середньозваженого. Рекомендують використовувати середнє арифметичне значення потужності у випадках, коли зміна потужності рудного тіла не підпорядковується будь-якій закономірності або ця закономірність не виявлена [16]. Середня потужність в підрахунковому контурі визначається:

$$\bar{m} = \frac{\sum m_i}{n},$$

де  $m$  – середня потужність;  
 $n$  – кількість замірів.

При наявності закономірної зміни потужності, при надто нерівномірному розподілі пунктів заміру середню потужність рекомендують визначати способами середньозваженого:

$$\bar{m} = \frac{\sum m_i q_i}{\sum q_i}$$

де  $m$  – середня потужність;  
 $q_i$  – статистична вага значень потужності у відповідних точках.

В якості останнього критерію зважування потужності можуть обиратись значення площі або довжини впливу окремого заміру  $S_i (l_i)$ .

$$\bar{m} = \frac{\sum m_i S_i(l_i)}{\sum S_i(l_i)}$$

### ***Визначення об'ємної ваги корисної копалини***

Для підрахунку запасів використовують показник об'ємної ваги корисної копалини, тобто ваги одиниці об'єму в цілику з врахуванням природної пористості, тріщинуватості, кавернозності. Даний показник визначається лабораторним способом або польовим.

Об'ємна вага корисної копалини знаходяться в кореляційній залежності з речовинним складом, в тому числі з вмістом корисних компонентів в рудах.

Об'ємна вага визначається для кожного з виділених в підрахунку запасів технологічних типів і сортів руд. За В.І.Смірновим достатнім вважається 10-20 лабораторних визначень для подібних за складністю характеристик корисних копалин, для більш складних випадків необхідні десятки або сотні лабораторних визначень типового матеріалу для кожного сорту руд.

### ***Визначення вологості***

Визначення вологості рекомендують проводити за тими самими пробами, що і визначення об'ємної ваги руди, оскільки ці два показника взаємопов'язані. Вони залежать від багатьох факторів і змінюються не лише в залежності від типів і сортів руд, але й з глибиною залягання, сезонного рівня ґрунтових вод та ін.. Особливо жорсткими є вимоги до визначення показників вологості для глинистих, пористих, тріщинуватих руд.

Показники вмісту корисних компонентів визначають для висушеної в лабораторії корисної копалини, а об'ємна вага руди визначається в природному зволоженому стані. Для розрахунку об'ємної ваги для сухої руди використовують перевідні формули [16]:

$$d_{\text{сух}} = d_{\text{сир}} \frac{(100 - W)}{100},$$

$$W = 100 - 100 \frac{G_{\text{сух}}}{G_{\text{сир}}},$$

де  $d_{\text{сух}}$  - об'ємна вага сухої корисної копалини;

$d_{\text{сир}}$  - об'ємна вага сирої руди;

$W$  - вологість, %

$G_{\text{сух}}$  - вага наважки сухої корисної копалини;

$G_{\text{сир}}$  - вага наважки сирої руди.

### ***Визначення вмістів корисних компонентів***

Вмісти корисних компонентів при підрахунку запасів визначаються як для визначення запасів корисного компоненту, так і для їх характеристики за якістю. Середні вмісти корисних компонентів розраховують:

- По окремих виробках;
- По розрізу;
- По підрахунковим блокам.

Найчастіше в практиці геолого-економічної оцінки родовищ використовують визначення середнього вмісту корисних компонентів способами середнього арифметичного та середньозваженого [16]. За умов наявної кореляційної залежності між вмістами корисних компонентів і будь-яким іншим параметром (потужністю, об'ємною вагою, площею, довжиною впливу) використовують формулу середньозваженого:

$$\bar{C}_{зв} = \frac{\sum C_i m_i d_i S_i l_i}{\sum m_i d_i S_i l_i},$$

Кореляційна залежність вважається достатньою при значеннях коефіцієнту кореляції більше 0,5. За відсутності такої залежності для визначення середнього вмісту корисного компоненту використовують формулу середнього арифметичного:

$$\bar{C} = \frac{\sum C_i}{n}$$

Середні значення показника для декількох під рахункових блоків розраховують зважуванням середніх вмістів кожного блоку до їх об'ємів:

$$\bar{C}_{зв} = \frac{\sum C_i V_i}{\sum V_i}$$

Визначення середньої горизонтальної потужності та середніх вмістів корисного  $Fe_{заг.}$  та шкідливих компонентів P, S в підрахунковому блоці на прикладі родовища залізних руд, що розробляється підземним способом наведено в таблиці 5.4.

В деяких роботах [16] рекомендують поряд з середньоарифметичними і середньозваженими величинами користуватись середніми інтегральними значеннями показника вмісту корисного компоненту, які за величиною є проміжними між першими і другими, і в залежності від конкретних родовищ наближуються то до середнього арифметичного, то до середньозваженого. Найбільш раціональними випадками застосування досить громіздких формул середнього інтегрального є випадки розрахунку вмістів корисного компоненту з невеликої кількості проб при значних відстанях між ними.

#### 4.4.3.2. Використання поправочних коефіцієнтів при підрахунку запасів корисних копалин

При підрахунку запасів використовують поправочні коефіцієнти, які можна поділити на дві групи. Перші пов'язані з недостатньою кількістю вихідних даних, другі – з низькою якістю геологорозвідувальних робіт. До коефіцієнтів першої групи належать коефіцієнти рудоносності, коефіцієнти на безрудні дайки, на закарстованість та ін. Необхідність їх використання пояснюється тим, що більшість безрудних ділянок мають менші розміри порівняно з розмірами розвідувальної сітки і тому не виявляються. Ведення цих коефіцієнтів коригує розміри запасів корисних копалин, скорочуючи їх на певну величину. До поправочних коефіцієнтів, що пов'язані з якістю робіт, належать коефіцієнти виправлення похибок вмісту замірів потужностей або викривлень свердловин. Потреба їх використання свідчить про недостовірність даних, а їх введення в підрахунок запасів, як правило, санкціонується відповідними органами. Найбільш поширеними є [16]:

1) Коефіцієнт рудоносності, який розраховується як відношення рудного об'єму до сукупного об'єму об'єкту. Його різновидами є коефіцієнти закарстованості, валунистості, кам'янистості тощо.

2) Коефіцієнт вмісту корисного компонента, який враховує систематичні похибки в результатах масового опробування. Розраховується як відношення середнього вмісту компонента по рядовим пробам до середнього вмісту компонентів по контрольним пробам.

3) Коефіцієнт об'ємної ваги застосовується, коли встановлена систематична похибка його визначення лабораторним способом. Визначається аналогічно попередньому, як відношення середньої об'ємної ваги по лабораторним визначенням до контрольної ваги по контрольним визначенням.

4) Коефіцієнт вологості використовують при підрахунку запасів руд, які характеризуються значною вологістю в природному заляганні.

#### **4.4.3.3. Способи підрахунку запасів**

Підрахунок запасів корисних копалин проводять із використанням конкретних способів підрахунку, які «визначаються як певні системи геометричних побудов і розрахунків, за допомогою яких природні тіла складних форм замінюються простими рівновеликими тілами, об'єми яких легко визначаються за елементарними математичними формулами»[16]. Вибір способу підрахунку залежить від геологічних особливостей родовища та систем його розвідки. Всі способи підрахунку поділяють на такі, що базуються на визначенні об'ємів тіл за поперечним перетином, що вимірюється в розрізах, та способів, в яких об'єми тіл розраховуються через



площі тіл в їх повздовжній проекції і значення потужності. Спеціалісти вважають, що перша група способів повинна застосовуватись на родовищах із значною потужністю і складною формою в поперечному перетині. В цих випадках особливості контурів тіл можуть простежуватись саме в перетинах і враховуватись при визначенні об'єму рудних тіл. Другу групу способів рекомендують застосовувати для плитоподібних тіл із стійкими елементами залягання, але складною будовою повздовжньої площини, що пов'язано з звивистістю промислового контуру, наявністю збагачених ділянок, зміщень по скидам тощо.

Проте існує думка, що не можна переоцінювати значення вибору способу підрахунку запасів при досягненні найбільшої достовірності результатів. Головними причинами похибок при підрахунках запасів вважаються дефекти документації, неправильні геологічні уяви про можливість використання методів інтерполяції та екстраполяції даних розвідки. При достатній кількості якісних вихідних даних і правильному розумінні геологічної обстановки підрахунки, які виконуються двома або трьома різними способами на одному і тому ж матеріалі, дають приблизно однакові результати.

Досвід показує, що доцільно використовувати лише такі способи підрахунків, які дозволяють всебічно враховувати геологічні особливості родовища і є простими у використанні. В геологічній літературі описано понад двадцять методів підрахунку запасів. В даний час найчастіше проводять підрахунок запасів способами геологічних й експлуатаційних блоків та розрізів, середнього арифметичного.

**Спосіб геологічних блоків** є провідним методом підрахунку запасів. Цим методом підраховуються запаси 40-50% рудних родовищ, близько 50% родовищ неметалічної сировини і до 80-90% родовищ вугілля і горючих сланців.

Основою методу є виділення і оконтурення підрахункових блоків по близьким значенням головних геолого-промислових параметрів (потужність, вміст, умови залягання), характер і ступінь їх мінливості (рис. 2.3). Це дозволяє з максимальною обґрунтованістю для даного ступеня розвіданості блоку визначити середні значення підрахункових параметрів і надійні межі їх інтерполяції і екстраполяції. Істинна складна форма блоку при цьому замінюється формою плоского паралелепіпеда, площа основи якого рівна площі блоку, а висота – середній потужності покладу.

Підрахунок запасу руди і корисних компонентів за цим методом робиться по загальним формулам. Способи визначення початкових даних для підрахунку викладені вище. Перевагами даного способу є: 1) обґрунтованість результатів підрахункових параметрів; 2) простота підрахунку; 3) можливість

тісної ув'язки підрахунку запасів з системою розвідки і вимогами проектування підприємства.

**Спосіб експлуатаційних блоків** застосовується при підрахунку запасів родовищ рудних і неметалічних корисних копалин, розвіданих гірничими виробками. Під експлуатаційними в даному випадку маються на увазі блоки, оконтурені гірничими виробками і відповідно детально опробовані. В цілому спосіб експлуатаційних блоків можна розглядати як окремий випадок геологічних блоків. Більш того, при підрахунку геологічними блоками останні завжди повинні бути пов'язані з проектними експлуатаційними блоками. Їх необхідно виділяти й оконтурювати відповідно можливих систем розкриття і розробки родовища. Розбиття на підрахункові блоки проводять так, щоб запаси можна було легко згрупувати по експлуатаційних блоках. Слід уникати при цьому побудови блоків складної конфігурації і зайвого дроблення блоків.

**Спосіб розрізів** застосовується для підрахунку запасів головним чином родовищ металів і неметалів складної форми, вивчених системами розвідувальних виробок, на підставі яких можна побудувати вертикальні геологічні розрізи або погоризонтні плани. Цей метод підрахунку запасів відрізняється від інших способом визначення об'єму блоку. На відміну від інших методів об'єм блоку визначається не за площею покладу і його потужності, а за площею перетинів покладу (вертикальних або горизонтальних) і відстанню між перетинами.

При підрахунку запасів методом розрізів для переходу від об'єму до запасів руди і металу визначаються середні показники об'ємної ваги і вмісту по перетинах, на які спираються блоки, а по них визначаються середні показники для блоку. При різкій розбіжності величини площі, об'ємної ваги і вмісту по кожному перетину рекомендується враховувати ці величини на площі перетинів.

Метод розрізів на практиці застосовується дуже широко (до 50% всіх рудних і нерудних родовищ) і багато ким вважається незамінним для родовищ складної форми, проте необхідне добре знати його переваги і недоліки для встановлення доцільності його застосування у кожному окремому випадку. Основна перевага методу полягає в тому, що проводиться побудова підрахункових блоків на геологічних розрізах або погоризонтних планах, тобто на основі геологічно обґрунтованих даних по будові родовища і покладу.

Розрізи (вертикальні і горизонтальні) будуються на основі всієї суми розвідувальних даних, ув'язуються між собою і з геологічною картою родовища. Проте при визначенні об'єму блоку дані про контур тіла між перетинами і дані опробування між перетинами не враховуються. Об'єм блоку

між двома перетинами прирівнюється до призми або циліндра з площею підстави, рівною середньоарифметичною з площ перетинів, іншими словами, передбачається, що площа перетину змінюється від одного перетину до іншого за принципом прямої.

Чим складніші форма тіла в плані і розподіл цінного компоненту, тим більше негативне значення набувають вказані принципові недоліки розглянутого методу. При відносно великих відстанях між перетинами і складній пострудній тектоніці його застосування не рекомендується. Це є основною причиною того, що метод не отримав розповсюдження при підрахунку запасів тектонічно складних вугільних родовищ.

Для складних і дуже складних рудних і нерудних родовищ, які в основному розвідуються системою штреків, розтинів, ортів і виробок за простяганням і падінням, доцільно застосовувати комбінований метод горизонтальних перетинів і експлуатаційних блоків, горизонтальних перетинів і геологічних блоків, тобто розкривати блоки розвідувальними виробками з чотирьох або трьох сторін.

**Спосіб багатокутників** (спосіб найближчого району, спосіб Болдирева) базується на визначенні навколо кожного пункту перетину рудного тіла гірничою виробкою або свердловиною ділянки надр, всі точки якої є найближчими саме до цієї виробки, ніж до будь-якої іншої. План підрахунку запасів є системою багатокутників, а тіло корисної копалини перетворюється в групу зімкнутих багатогранних призм, основою яких є побудовані багатокутники, а висотою - потужність рудного тіла по даній виробці розташованій в центрі багатокутника.

Спосіб багатокутників вважається відносно простим, але має обмежене використання через ряд недоліків, головним з яких є неможливість оконтурення сортів і типів корисних копалин, оскільки формальні границі багатокутників не співпадають з природними сортовими контурами.

**Спосіб ізоліній** використовується досить часто, особливо для пластових родовищ, родовищ будівельних матеріалів, які розробляються відкритим способом. Спосіб базується на перетворенні тіла корисної копалини, яке обмежується складними поверхнями, в рівновелике тіло, яке обмежене з одного боку площиною, а з іншого - топографічною поверхнею, тобто поверхнею, яка відображається системою замкнених ізоліній рівної вирости. Об'єм такого тіла і кількість запасів в ньому розраховується за формулами об'єму, що обмежений топографічною поверхнею. Як правило, будують ізолінії рівних потужностей корисної копалини, але деколи одразу будують ізолінії рівних добутків потужності тіла і об'ємної ваги, вмістів корисних компонентів і об'ємної ваги корисної копалини, що дозволяє одразу отримувати запаси корисного компоненту.

Позитивною рисою цього способу підрахунку є наглядність отриманих результатів, а недоліком вважається складність графічних побудов.

**Статистичний спосіб** полягає у визначенні продуктивності зруденіння та площі, на яку воно поширюється. Спосіб застосовують для підрахунку запасів з нерівномірним розподілом по площі і потужності залягання для наступних видів корисних копалин: п'єзокварцу, ісландського шпату, слюди, желвакових фосфоритів та ін.. Досить широко використовують такі розрахунки для попереднього визначення запасів і ресурсів вугілля окремих вугленосних районів, басейнів, для оцінки перспективних ресурсів металічних і неметалічних корисних копалин.

При підрахунку запасів рідких та газоподібних корисних копалин застосовують спеціальні способи підрахунку. Так, методи підрахунку запасів нафти поділяються на об'ємний; об'ємно-генетичний; кривих експлуатації або статистичний; матеріальних балансів; карт ізобар. При підрахунку запасів газу використовують методи: об'ємний; за падінням тиску; матеріальних балансів; карт ізобар. Головним методом є об'ємний, яким підраховують абсолютні початкові (геологічні) та промислові (балансові) запаси нафти і газу в надрах. Реально з цих запасів видобувають лише певну їх частину, тому підраховують запаси, що видобуваються в сучасних техніко-економічних умовах. З цією метою до формул підрахунків нафти і газу включають коефіцієнт віддачі.

**Геостатистичні методи** підрахунку запасів базуються на теорії просторових змінних, яка за допомогою спеціального математичного апарату описує мінливість геологічних показників у просторі і дозволяє проводити оцінку значень цих показників у тих ділянках простору, де відсутні прямі спостереження, причому така оцінка супроводжується обчисленням похибки для кожної розрахункової точки простору. Фактично, геостатистичний метод кригінга – це найбільш точний засіб просторової інтерполяції, котрий ґрунтується на попередньому аналізі просторової мінливості досліджуваного геологічного показника (варіограмний аналіз) на основі наявної вибірки даних по кожному конкретному об'єкту досліджень. Саме цим геостатистичний підхід відрізняється від інших традиційних методів інтерполяції, в яких специфічні особливості просторової мінливості геологічних показників у конкретних ділянках простору конкретних об'єктів практично не враховуються. До головних понять геостатистики належить варіограма – просторова функція, яка в аналітичній формі визначає міру, якою корелюються між собою точки у просторі. Емпіричні (експериментальні) варіограми будуються для того, щоби визначити, наскільки відмінними одне від одного стають значення геологічного показника у точках замірів із збільшенням відстані між цими точками. Експериментальні варіограми розраховуються окремо по кожному з

напрямоків просторової орієнтації рудних зон (тіл), які визначені за геологічними даними – простяганню, падінню та потужності [16].

В деяких сучасних публікаціях зустрічається також рекомендація не вважати геостатистичний аналіз окремим методом підрахунку, а лише інструментом, який покращує якість підрахунку запасів. Оскільки його завданням є вивчення закономірностей розподілу елементів на основі автокореляції, по суті автори називають не надто складним інструментом, який допомагає крім коректного підрахунку запасів визначати і достовірність такої оцінки [16]. При використанні традиційних блочних методів практично не враховується вплив кожної проби на визначений об'єм, при цьому більшість рудних компонентів має не лінійний, а логнормальний розподіл. При використанні дрібно блокових моделей вмісти корисних компонентів інтерполюються в кожен елементарну комірку моделі, що дає можливість врахування кожної окремої проби на оточуючий зовнішній об'єм. Крім цього геостатистичний аналіз забезпечує визначення характеру розподілу корисних компонентів. В більшості сучасних робіт з геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин застосування геостатистичного аналізу і мікроблочного моделювання визнається більш коректним порівняно з традиційними способами підрахунку запасів.

#### Література до розділів 2 – 4

1. Авдонин В.В., Бойцов В.Е. и др. Месторождения металлических полезных ископаемых. – М.: ЗАО «Геоинформарк», 1998. – 270с.
2. Альбов М.Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1975. – 232с.
3. Аристов В.В. Поиски твердых полезных ископаемых. – М.: Недра, 1975. – 253с.
4. Баранников А.Г. Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых. – Екатеринбург. – 1999. – 140с.
5. Беленьков А.Ф. Геолого-разведочные работы. Основы технологии, экономики, организации и рационального природопользования. – Ростов н/Д.: Феникс; Новосибирск: Сибирское соглашение. 2006. – 384с.
6. Бирюков В.И., Куличихин С.Н., Трофимов Н.Н. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1979. – 400с.
7. Каждан А.Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Научные основы поисков и разведки: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1984. – 285с.

8. Каждан А.Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Производство геологоразведочных работ: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1985. – 288с.
9. Карасик М.А., Кирикилица С.И., Герасимова Л.И. Атмогеохимические методы поисков рудных месторождений. – М.: Недра, 1986. 175с.
10. Красников В.И. Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. – М.: Недра, 1965. – 399с.
11. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1969. – 384с.
12. Ларин К.Л., Виноградов Г.Ф., Шабатин В.С. та ін. Геолого-розвідувальна справа. – К.: Либідь, 1996. – 336с.
13. Максимов А.А., Милосердина Г.Г., Еремин Н.И. Краткий курс геологоразведочного дела. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 232с.
14. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов / В.В. Авдонин, Г.В. Ручкин, Н.Н. Шатагин, Т.И. Лыгина, М.Е. Мельников; Под ред. В.В. Авдонова. – М.: Академ. Проект; фонд «Мир», 2007. – 540с.
15. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых / Е.О. Погребницкий, С.В. Парадеев, Г.С. Поротов и др. Изд. 2-е. – М.: Недра, 1977. – 405с.
16. Рудько Г.І. Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин / Рудько Г.І., Курило М.М., Радованов С.В. – К.: Вид-во «АДЕФ – Україна», 2011. – 384с.
17. Соловов А.Л. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: Учебник. М.: Недра, 1985. – 294с.