

**Будівельне  
матеріалознавство**

The background features a cluster of hexagonal shapes on the left side. Some hexagons are solid black, while others contain images of a grey, granular substance, likely cement powder. One hexagon is an empty white outline. A large, semi-transparent black hexagon is positioned in the upper left, partially overlapping the other shapes. On the right side, there is a large, dark grey rectangular box with a white border and a yellow corner, containing the title text. The overall design is clean and technical.

# Визначення та класифікація в'язучих речовин



**Неорганічними в'язучими речовинами** називають порошкоподібні матеріали, які при змішуванні з водою утворюють пластично-в'язке тісто, здатне внаслідок фізико-хімічних процесів самочинно тверднути й переходити в каменеподібний стан. Виняток становлять магнезіальні та шлаколужні в'язучі, а також кислототривкий цемент, які замішують водними розчинами деяких солей та інших сполук.

# Класифікація мінеральних в'язучих

Мінеральні в'язучі згідно ДСТУ Б В.2.7-91-99 класифікуються за такими ознаками: визначальними фізико-механічними властивостями; умовами і механізмом тверднення; хімічною природою визначальних сполук; вмістом інгредієнтів.



## Класифікація за визначальними фізико-механічними властивостями

- За міцністю на стиск
- За швидкістю тужавлення
- За швидкістю тверднення
- За спеціальними властивостями

## Класифікація за умовами і механізмом тверднення

- Гідраційно-конденсаційні
- Контактно-конденсаційні
- Коагуляційні
- Поліконденсаційні

# Класифікація мінеральних в'язучих

## За хімічною природою визначальних сполук

- Лужноземельні
- Магнезіальні
- Лужні
- Алюмосилікатні
- Кислотно-основні

## За вмістом складових компонентів

- Однокомпонентні
- Двокомпонентні
- Багатокомпонентні

# Групи в'язучих за міцністю при стиску

Індекс групи	Характеристика групи за міцністю при стиску	Граничні значення міцності, МПа	Характерні представники групи
М1	Маломіцні	до 10	Вапно повітряне, вапно гідралічне, гіпс будівельний, глини
М2	Пониженої міцності	понад 10 до 30 включно	Романцемент, гіпс високоміцний, композиційні цементи
М3	Середньої міцності	понад 30 до 50 включно	Портландцемент з добавками, пуцолановий цемент, шлакопортландцемент, ґрунтоцементи
М4	Високоміцні	понад 50 до 100 включно	Портландцемент високоміцний, шлаколужне в'язуче, глиноземистий цемент
М5	Надміцні	понад 100	Шлаколужне в'язуче, контактено конденсаційні в'язучі

# Групи в'язучих за швидкістю тужавлення

Однією з унікальних властивостей саме мінеральних в'язучих є такий параметр як тужавлення – процес перетворення рідкої маси в тверду. За швидкістю тужавлення мінеральні в'язучі діляться на чотири групи:

Індекс групи	Характеристика групи за швидкістю тужавлення	Нормативний термін початку тужавлення	Характерні представники групи
ТЖ1	Повільно-тужавіючі	не раніше 2 год.	Вапно повітряне гашене, вапно гідравлічне, глини, романцемент
ТЖ2	Нормально тужавіючі	не раніше 45 хв. і не пізніше 2 год.	Портландцемент, портландцемент з добавками, пуцолановий цемент, шлакопортландцемент
ТЖ3	Швидко-тужавіючі	не раніше 15 хв. і не пізніше 45 хв.	Ангідритовий цемент, глиноземистий цемент, шлаколужні в'язучі, розчинне скло
ТЖ4	Найшвидко-тужавіючі	не пізніше 15 хв.	Гіпс будівельний, розширювальні цементы, напружуючий цемент

Неорганічні  
в'язучі  
речовини  
залежно від  
умов тверднення  
поділяють на  
три класи

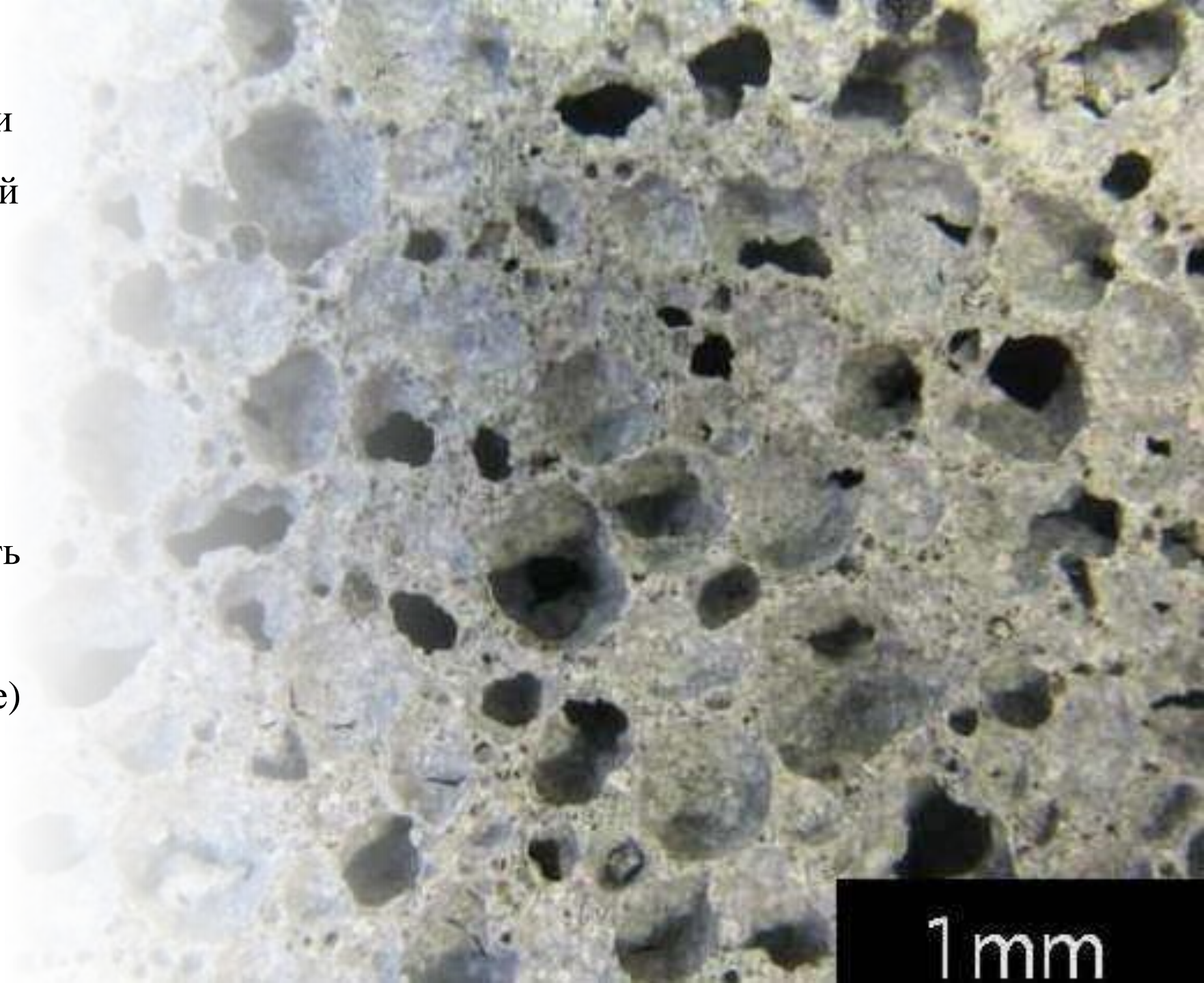
Повітряні  
(П)

Гідравлічні  
(Г)

Автоклавні  
(А)



**Повітряні в'язучі** речовини можуть тверднути й тривалий час зберігати міцність лише на повітрі, а тому їх застосовують у надземних спорудах, які не зазнають впливу води. До них належать гіпсові в'язучі матеріали, магнезіальні, рідке (розчинне) скло, а також повітряне будівельне вапно.



**Гідравлічні в'язучі**  
тверднуть і зберігають  
міцність, а іноді й  
підвищують її в часі не лише  
на повітрі, а й у воді. Їх  
застосовують у наземних,  
підземних, гідротехнічних та  
інших спорудах, які зазнають  
впливу води. До гідравлічних  
в'язучих належать  
гідравлічне вапно,  
портландцементи, спеціальні  
цементи тощо.



**В'яжучі автоклавного  
твердіння** – це речовини,  
здатні тверднути й  
утворювати міцний  
цементний камінь у  
автоклавах при підвищених  
температурі, тиску та  
вологості. До таких в'яжучих  
належать вапняно-  
кремнеземисті, вапняно-  
зольні, вапняно-шлакові  
в'яжучі, нефеліновий цемент.

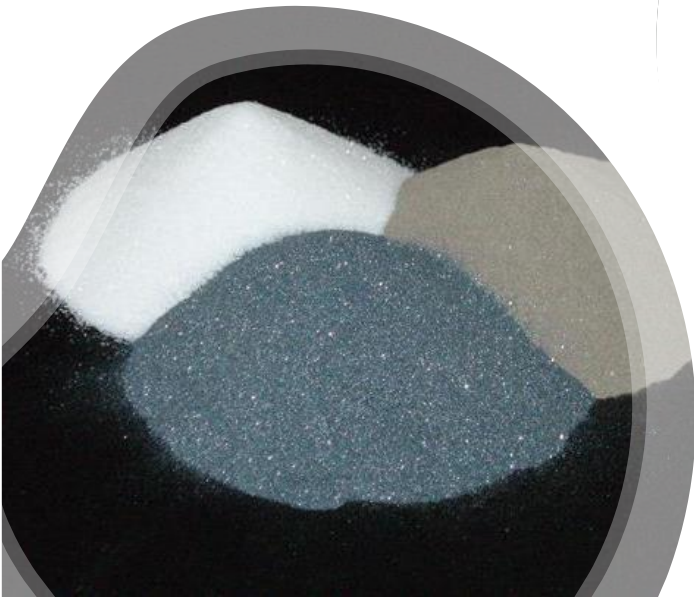


Сировиною для виробництва неорганічних речовин є гірські породи та побічні продукти промисловості. З гірських порід застосовують: сульфатні – гіпс, ангідрит; карбонатні – вапняк, крейду, вапнякові туфи, вапняк-черепашник, мармур, доломіти, доломітизовані вапняки, магнезит; алюмосилікатні – нефеліни, глини, глинясті сланці; високо глиноземисті боксити, корунди; кремнеземисті – кварцовий пісок, траси, вулканічний попел, діатоміт, трепел, опоку.





# Виробництво цементу



**Портландцемент** – це гідравлічна в'язуча речовина, одержана тонким подрібненням цементного клінкеру з гіпсом та іншими добавками. Клінкер – спечений продукт, результат випалювання до спікання при температурі 1450...1500 °С однорідної суміші вапняку і глини або природних мергелів з глинястими домішками більше 20 %.

Виробництво цементу складається з таких операцій: видобування сировини, приготування суміші, випалювання до спікання в клінкер, охолодження і розмелювання клінкеру з гіпсом і мінеральними добавками, приймання та зберігання цементу. За способом підготовки сировинної суміші цемент виробляються трьома способами: мокрим, сухим та комбінованим.



Мокрий спосіб полягає в тому, що м'які гірські породи подрібнюють і змішують з великою кількістю води (36...42 %) у вигляді шламу. Шлам готують у кульовому млині, куди подають подрібнений і дозований вапняк і водну суспензію глини. Із млинів шлам подають у шлам-басейн, де коригують його склад і забезпечують однорідність. Далі шлам надходить в обертову піч – металевий циліндр діаметром 5...7 і 60...230 м завдовжки всередині футерований вогнетривким матеріалом. Піч обертається, і шлам рухається вниз, де його зустрічає факел палива.



При температурі 500...750 °С згоряють органічні речовини і починається дегідратація, утворюються грудки, які потім розпадаються у порошок. При температурі вище 750...800 °С окремі частинки порошку зчіплюються в гранули. При температурі 900...1000 °С виділяються оксиди кальцію, які вступають у реакції з глиноземом, оксидом заліза і кремнеземом. При температурі 1200...1250 °С утворюються основні мінерали цементного клінкеру:

- двокальцієвий силікат  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (беліт);
- трикальцієвий силікат  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (аліт);
- трикальцієвий алюмінат  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ;
- чотирикальцієвий алюмоферит  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Скорочений умовний запис цих мінералів відповідно такий:  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_3\text{AF}$ . Вміст цих мінералів у портландцементному клінкері:  $\text{C}_2\text{S}$  – 45...60,  $\text{C}_3\text{S}$  – 20...30,  $\text{C}_3\text{A}$  – 4...34,  $\text{C}_3\text{AF}$  – 10...18 %.



Клінкер – гранули сіро-зеленого кольору розміром 15...25 мм – направляється з печі в холодильник, а потім на склад, де його витримують один-два тижні; за цей час вільний оксид кальцію гаситься вологою повітря. Клінкер подрібнюють в кульових млинах, при необхідності додаючи гіпсовий камінь (2...5 %) для регулювання строків тужавіння, а іноді й добавки. Із млинів цемент подають у силоси, звідки відвантажують замовникам.



## **Трикальцієвий силікат**

- Визначає швидкість твердіння; при твердінні виділяє багато теплоти, набирає високу міцність у перші дні.

## **Трикальцієвий алюмінат**

- У першу добу виділяє найбільше теплоти і швидко твердіє, має низьку міцність і низьку стійкість проти дії сірчаноокислих сполук.

## **Двокальцієвий силікат**

- Повільно твердне, виділяє мало теплоти. Продукт твердіння протягом першого місяця має невисоку міцність, але на пізніх стадіях стає високоміцним.

## **Чотирикальцієвий алюмоферит**

- Характеризується помірним виділенням теплоти, твердіє повільніше, ніж аліт але швидше, ніж беліт.



**Сухий спосіб** полягає в тому, що сухі вапняки і глини подрібнюють спочатку окремо, а потім разом у млинах. Сировинне борошно з остаточною вологістю 1...2 % надходить у силоси, де коригують склад і створюють запас для роботи печі; далі всі операції такі самі, як і при мокрому способі. Випалювання проводять у шахтних чи обертових печах. Сухий спосіб потребує палива значно менше, ніж мокрий.



**Комбінований спосіб** полягає в тому, що сировинну суміш готують мокрим способом, потім шлам частково обезводнюють до вологості 16...18 % і випалюють, одержуючи цементний клінкер, який подрібнюють, як і в перших двох способах.

The background features a cluster of hexagonal shapes on the left side. Some hexagons are solid black, while others contain images of cement powder. One hexagon is an empty white outline. A large, semi-transparent hexagon in the center contains a close-up image of the cement powder. On the right, a dark grey banner with a yellow corner contains the title text.

# Властивості портландцементів

**Міцність** зростає дуже швидко протягом першого тижня, а по тім до 28 діб інтенсивність процесу уповільнюється. Дуже повільне зростання міцності після 28 діб може продовжуватися багато років у вологому і тепломu середовищі. Твердіння цементу при мінусових температурах уповільнюється чи повністю зупиняється, після відтавання цемент продовжує набирати міцність.



Міцність портландцементу характеризують його маркою, яку встановлюють за міцністю на вигин зразків-балочок розміром 40×40×160 мм і на стиск половинок цих балочок. Виготовляють зразки-балочки з цементнопіщаного розчину складу 1:3 (за масою) із стандартним вольським піском при водоцементному відношенні 0,4. Протягом першої доби зразки зберігають у формах, поміщених до камери з вологим повітрям, а потім без форм, ще 27 діб у ванні з водою ( $t = 20 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), після чого випробовують. Значення границі міцності на стиск зразків називають активністю цементу, а округлене в бік зменшення значення активності маркою цементу.

Вимоги до міцності цементу згідно ДСТУ  
Б В.2.7-46-96 «Цементи загально  
будівельного призначення»

Марка цементу	Міцність при стиску, Н/мм <sup>2</sup>		
	2 доби	7 діб	28 діб
<b>300</b>	-	25	30
<b>400</b>	-	20	40
<b>400P</b>	15	-	40
<b>500</b>	15	-	50
<b>500P</b>	25	-	50
<b>550</b>	20	-	55
<b>600</b>	25	-	60
<b>Примітка. P позначено вид цементу з високою міцністю в ранньому віці.</b>			



**kg/m<sup>3</sup>**

**Насипна (середня) щільність** портландцементу в сипкому стані – 1000...1100, а в ущільненому – 1400...1700 кг/м<sup>3</sup>.  
Істинна щільність – 3,05...3,15 г/см<sup>3</sup>.





## **Водопотреба портландцементу**

– це мінімальна кількість води,  
потрібна для приготування  
цементного тіста заданої густоти

(в'язкості). Водопотребу

називають ще нормальною

густотою і визначають за

допомогою приладу Віка.

Нормальна густота становить

24...27 % і залежить від

мінерального складу клінкеру,

природи і кількості добавки,

тонкості помелу.

**Строки тужавіння цементу** – це час, протягом якого цементне тісто нормальної густоти втрачає свою пластичність, але ще не має помітної міцності. Визначають умовний початок тужавіння (початок втрати пластичності) і кінець тужавіння (повна втрата пластичності). Строки тужавіння цементу визначають приладом Віка за глибиною занурення голки в тісто нормальної густоти. Для портландцементу початок тужавіння має наступити не раніше як за 45 хв., а кінець – не пізніше як через 10 год. Іноді для регулювання строків тужавіння портландцементів застосовують добавки – сповільнювачі і прискорювачі тужавіння.





# Спеціальні цементи

**Глиноземистий цемент** – швидкотверднуча гідравлічна в'язуча речовина, яка складається з низько основних алюмінатів кальцію. Сировиною для цього цементу є вапняки і боксити.

Тепловиділення глиноземистого цементу в 1,5 рази вище, ніж портландцементу, тому його можна застосовувати для зимового бетонування; не рекомендується для бетонування масивних конструкцій у літній період, а також конструкцій, що піддають тепловологісній і тепловій обробці. Колір цього цементу – від сірозеленого до чорного, середня щільність у сипкому стані – 1000...1300 кг/м<sup>3</sup>, водопотреба – 23...28 %. строки, тужавіння — початок не раніше як за 30 хв. І кінець не пізніше як за 12 год. після початку замішування. За строками тужавіння глиноземистий цемент дуже зручний для виготовлення виробів, тому що він є швидкотужавіючим.



## *Водонепроникний розширний цемент –*

швидкотужавіюча та швидкотверднуча гідравлічна в'язуча речовина, яку одержують помелом 70...76 % глиноземистого цементу, 20...22 % напівводного гіпсу і 10..11 % високоосновного алюмінату кальцію.

Початок тужавіння – не раніше як за 4 хв., кінець – не пізніше як за 10 хв. з початку замішування водою.

Розширюється цемент у межах 4...5 % внаслідок утворення гідросульфоалюмінату кальцію.

Використовують такий цемент для гідроізоляції тунелів, стовбурів шахт, у підземному та підводному бетонуванні, при створенні водонепроникних швів, але в усіх випадках умов експлуатації температура має бути вищою за 0°C, тому що такий цемент має знижену морозостійкість.





***Водонепроникний  
безсадочний цемент*** –  
швидкотужавіюча та  
швидкотверднуча речовина,  
яку одержують змішуванням  
глиноземистого цементу,  
напівводного гіпсу і гашеного  
ванна. Початок тужавіння – не  
раніше як за 1 хв., а кінець –  
не пізніше як за 5 хв.  
Використовують для  
гідроізоляції підземних  
споруд.

*Гіпсоглиноземистий розширний цемент* одержують помелом чи змішуванням після попереднього подрібнення високоглиноземистого шлаку чи клінкеру (70 %) і природного двоводного гіпсу (30 %). Початок тужавіння – не раніше як за 20 хв., кінець – не пізніше як за 4 год.

Розширення, яке відбувається тільки у воді, – 0,1...0,7 % через три доби і не більше ніж 1 % через 28 діб. Міцність зразків на стиск через три доби – не менше ніж 30 МПа. Застосовують цей цемент для виготовлення водонепроникних розчинів і бетонів, для гідроізоляції підвалів, шахт, труб, для замонолічування стиків.



The background features a cluster of hexagonal shapes on the left side. Some hexagons are solid black, while others contain images of a grey, granular mineral powder. A large, semi-transparent black hexagon is positioned in the upper left, partially overlapping a smaller white hexagon. A large, semi-transparent black hexagon is also present in the lower left, containing a white hexagon. The main title is centered in a black rectangular box on the right side of the slide.

**Транспортування та  
зберігання мінеральних  
в'язучих**



Вироблений на заводі цемент відвантажують для транспортування до місця застосування партіями, розмір яких залежить від потужності заводу. Для транспортування насипом використовують пневмотранспорт, вагоницементовози, цистерни, контейнери, авто цементовози; їх також упаковують і транспортують у паперових, мішках. На цемент видається паспорт за номером, де зазначено назву заводу, дату відвантаження, номер партії, кількість вагонів, назву цементу, нормальну густоту, активність.



Цемент зберігають окремо за марками і видами в закритих складах, силосних бункерах. Змішувати цемент різних видів і марок забороняється. Під час транспортування і зберігання цемент потрібно захищати від дії вологи. Якщо потрібно визначити якість цементу, відбирають пробу масою 20 кг і направляють в лабораторію для випробування.



Час зберігання обмежений тому, що внаслідок поглинання вологи із повітря відбувається зниження активності. Через три місяці зберігання активність знижується на 20 %, через 6 місяців – на 30 %, через рік – на 40 %.

Тонкомелені та швидкотверднучі цементи швидше втрачають свою активність. Відновлюють активність злежаних цементів додатковим помелом. Крім стандартних методів оцінки активності цементів іноді застосовують орієнтовні примітивні візуальні методи, наприклад стискають у долоні цемент, і якщо він після розтулення кулака не грудкується, а розсипається, то цемент суттєво не втратив активності; якщо ж окремі частки агрегують (грудкуються), то цемент втратив активність і слід оцінити можливість його використання стандартним методом.

