

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТАМПОНАЖНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ КАРНАЛІТОВОГО ШЛАМУ ТА МОЖЛИВОСТІ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ЦЕМЕНТУВАННЯ В СВЕРДЛОВИНАХ

Я.Б.Тарко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел/факс (03422) 42195,
e-mail: jart_b@ukr.net

Представлены основные физико-химические характеристики карналлитового шлама. На основании экспериментальных исследований зависимости сроков затвердевания цементного камня, пределов прочности на сжатие и изгиб от водотвердого отношения и температуры, а также изменения этих показателей при нахождении полученного цемента в технической воде, показано, что карналлитовый шлам можно использовать, как тампонажный материал в ряде операций с цементирования у скважинах. Приведен пример успешного применения новой технологии установки временных изоляционных мостов у скважине.

The basic physical and chemical properties of carnallite slime are given. On the basis of the experimental research of terms of cement rock hardening dependences and the firmness limit for fold and squeezing on the hard water ratio and temperature, as well as the change of these parameters while placing the obtained cement in service water, it is shown that carnallite slime could be used as the cementation material in some operations of cementing in the wells. The example of successful use of new technology of temporary isolation bridges setting in the wells has been given.

Роботи з цементування є важливим етапом в будівництві свердловин, а значна кількість таких операцій проводиться і в процесі їх експлуатації. У діючих нафтогазовидобувних та водонагнітальних свердловинах тампонажні роботи виконуються для відновлення якості цементного кільця в заколонному просторі, встановлення ізолюючих мостів для перекриття обводнених горизонтів та пластів, запомповування цементних розчинів в обводненні чи сильнопоглинаючі інтервали, відокремлення цементним мостом частини експлуатаційної колони для визначення її герметичності шляхом опресування чи зниження рівня рідини та вирішення низки інших задач.

Як базовий матеріал для більшості тампонажних цементів використовують портландцемент, основу якого складають оксиди кальцію та кремнію. Аналіз різних видів тампонажних робіт та їх особливостей показує, що значну їх кількість, особливо ті, які відносяться до вторинного цементування (ремонтно-виправні і водоізоляційні роботи, встановлення розділювальних мостів) можна проводити з використанням інших в'язучих матеріалів, які є дешевшими і мають достатні міцнісні та адгезійні властивості.

Нами проведено дослідження щодо обґрунтування можливості використання для цементування у свердловинах в якості тампонажного матеріалу відходу магнієвого виробництва, зокрема Калуського магнієвого заводу – карналітового шламу (КШ).

Карналіт – мінерал підкласу водних хлоридів є подвійною сіллю хлориду калію та хлориду магнію $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$. Він характеризується твердістю 2,5, густиною 1600 кг/м^3 , дуже гігроскопічний, розчинний у воді. Великі скуп-

чення карналіту знаходяться в соляних покладах Калуського і Стебницького родовищ України, Солікамського родовища Росії та ін. Карналіт є сировиною для отримання магнію та калійних добрив.

Технологія отримання магнію шляхом електролізу полягає в збагаченні та обезводненні карналіту, після чого безводний карналіт використовують для приготування електроліту. Також отримують хлорид магнію за допомогою хлорування оксиду магнію. Розплавлений хлорид магнію електролітично розкладають при температурі близько $700-720^\circ\text{C}$, при цьому магній завдяки своїй меншій густині порівняно з густиною електроліту переміщається у верхню частину електролізера, а неметалічні домішки переходять в шлам. Крім магнію, в даному процесі отримують також хлор. Така технологія виробництва магнію з карналіту в даний час використовується на всіх магнієвих заводах Росії, України, Казахстану, Китаю та Ізраїлю, причому на багатьох з них випускається широка гамма-сплавів магнію з алюмінієм, марганцем, цинком, цирконієм та рідкоземельними металами.

Карналітовий шлам являє собою затверділий розплав суміші різних компонентів густиною в середньому 1700 кг/м^3 , а в подрібненому вигляді є сірим порошокподібним продуктом. Склад дослідної партії карналітового шламу Калуського магнієвого заводу визначений рентгеноскопічним методом на дифрактомірі УРТС-50ИМ і трилонометричним методом, який оснований на утворенні безколірного комплексу іонами кальцію і магнію з трилоном Б. За результатами останнього в даному продукті переважає оксид магнію, масовий вміст якого становить 45,7%, кількість хлоридів калію, магнію і

Таблиця 1 — Терміни тужавіння тампонажного розчину на основі КШ залежно від температури та водотвердого відношення

В/Т	Час тужавіння, год. при температурах, °С					
	50°С		70°С		90°С	
	початок	кінець	початок	кінець	початок	кінець
0,20	Не замішується					
0,26*	2,07	2,43	0,57	1,20	0,55	1,10
0,34	4,10	5,00	1,21	1,56	1,01	1,22
0,43**	7,06	8,10	2,43	3,25	2,54	3,23

Примітки: * – В/Т 0,26 – мінімальне, при якому замішується тампонажний розчин;
** – В/Т 0,43 – забезпечує розтічність 18-19 см.

кальцію відповідно 20, 18,2 і 0,62% [1]. Відзначимо, що найбільш поширені портландцементи містять 60-75% оксиду кальцію і 17-25% оксиду кремнію.

Різний хімічний склад визначає відмінності у фізико-хімічних та реологічних властивостях даних видів тампонажних матеріалів. Оксид магнію порівняно з оксидом кальцію характеризується більшою інертністю при взаємодії з водою, що пояснюється утворенням плівки гідроксиду магнію, який є малорозчинний у воді і перешкоджає її проникненню в глиб в'язучого матеріалу. Тому при замішуванні з водою реакції гідратації оксидів магнію відбуваються не відразу, а через деякий час. Слід зауважити, що міцнісні характеристики цементного каменю, отриманого після взаємодії оксиду магнію з водою є невисокими, однак при замішуванні його на розчинах солей, міцність на вигин та стиск значно зростає.

Враховуючи вказаний вище чинник, значною перевагою карналітового шламу є те, що він містить в собі одночасно оксид магнію і в достатній кількості хлориди калію та магнію. Це зумовлює те, що при замішуванні з водою подрібнений карналітовий шлам перетворюється на в'язучий матеріал, який складається із суміші магnezіального цементу і важкорозчинних гідроксидів магнію, кальцію та ін.

Тампонажний розчин на основі карналітового шламу за своєю густиною – 1800-1850 кг/см³ за водотвердих відношень 0,4-0,45, можна віднести до нормальних розчинів. Отримані результати досліджень фільтраційних та седиментаційних властивостей тампонажного розчину також показали, що за цими параметрами даний матеріал задовольняє вимогам застосування у свердловинах [1].

Під час проведення робіт з цементування у свердловинах однією із важливих характеристик тампонажного розчину є час, протягом якого він зберігає рухливість, і час, коли він перетворюється на камінь, тобто терміни тужавіння і твердіння.

Численні дослідження показують, що час тужавіння цементних розчинів залежить перш за все від температури і водотвердого відношення [2-4]. Проведено лабораторні дослідження з визначення термінів тужавіння тампонажного розчину на основі карналітового шламу за допомогою приладу Віка. Щоб уник-

нути випаровування рідини замішування при температурах понад 70°С, взірці тампонажного матеріалу під час тверднення витримували у герметичній формі, яку поміщали у воду з відповідною температурою. Результати дослідів приведено в таблиці 1.

Як видно із поданих даних, терміни тужавіння тампонажного розчину на основі карналітового шламу задовольняють умовам проведення тампонажних робіт у свердловинах.

Важливими фізико-механічними характеристиками тампонажних матеріалів є міцнісні властивості цементного каменю. Міцність тампонажного каменю характеризують граничним опором на стиснення та вигин (ДСТУ БВ.2.7-86-99). Для визначення цих параметрів виготовляли зразки даного матеріалу у вигляді прямокутних призм розміром 40x40x100 мм у стандартних формах. Після заповнення форм тампонажним розчином, їх розташовували у ванній з гідравлічним заслоном, заповненою прісною водою, яку в свою чергу поміщали в термостат з заданою температурою. Після сформування цементного каменю через відповідний час зразки виймали, охолоджували до кімнатної температури, витирали насухо і виміряли їх розміри. Дослідження на вигин проводили на розривній машині МІІ-100, а дослідження на стиск – на гідравлічному пресі ПСУ-50. Випробуванням піддавалися взірці тампонажного каменю, отримані при різних водотвердих відношеннях і температурах, через 7 діб після закінчення їх затвердіння.

Результати дослідів приведено в таблиці 2 і на рис. 1 і 2.

Подальші експериментальні дослідження з визначення змін властивостей тампонажного матеріалу на основі КШ в умовах зберігання у водному середовищі впродовж 120 діб показали, що його міцнісні характеристики з часом знижуються. На рис. 3 зображено графіки зміни міцності тампонажного каменю карналітового шламу на вигин та стиснення залежно від часу його знаходження у технічній воді при температурі 20°С. Як видно, основне зниження міцнісних характеристик цементного каменю на основі карналітового шламу відбувається в перші 10 діб, після чого міцність на стиснення стабілізується на рівні 5,0-6,0 МПа, а на вигин – на рівні 3,5-4,5 МПа.

Таблиця 2 — Зміна межі міцності на вигин та стиск тампонажного каменю на основі КШ залежно від температури та водотвердого відношення

В/Т	Межа міцності на вигин/стиск, МПа при температурах, °С		
	50°С	70°С	90°С
0,26	2,4 / 5,1	4,5 / 13,0	3,5 / 9,8
0,34	1,7 / 3,9	4,25 / 8,6	2,6 / 7,6
0,43	1,0 / 3,4	3,31 / 6,5	0,21 / 4,3

Міцність тампонажних матеріалів на основі портландцементів на стиснення при температурі 50-90°С через 24 години після затвердіння становить від 10 до 16 МПа, а на вигин – від 4,5 до 5,9 МПа [2]. Зіставлення цих даних з міцнісними властивостями тампонажного каменю на основі КШ (рис. 3) показує, що міцність карналітового шламу в початковий період перевищує аналогічні характеристики портландцементів. І хоча з часом вони знижуються, все ж залишаються на початковому рівні.

Ашраф'ян М.О., наприклад, вказує, що при цементуванні обсадних колон в якості критерію для обґрунтування необхідної міцності цементного каменю є вимога виключення переміщення труб у свердловині під дією власної ваги, що забезпечується за міцності каменю на стиск 3,5 МПа, а при незначному падінні пластового тиску, цей показник може бути знижений до 1,5 МПа [5]. За даними [6] межа міцності на вигин для цементного каменю для „холодних” свердловин становить 2,7 МПа, а для „гарячих” – 6,2 МПа. Слід зауважити, що нормативи на міцність цементного каменю, призначеного для проведення робіт в умовах конкретних свердловин відсутні, і тому у таких випадках послідовуються відповідними стандартами, котрі регламентують необхідне водоцементне відношення. Враховуючи цей показник, проводять експериментальне визначення міцнісних характеристик цементного каменю і порівнюють їх з нормами міцності для портландцементів, які вказані в стандартах [4].

Нами також досліджувалось тепловиділення при твердінні цементу. У процесі приготування цементного тіста його температура підвищується, тобто гідратація магnezіального цементу є екзотермічним процесом. Підвищення температури відбувається у початковий момент, потім вона поступово знижується. Температура більш інтенсивно підвищувалась зі зменшенням водотвердого відношення. Так, за в/т 0,35 температура становила 78°С, а за в/т 0,5 – 65°С. Дослідження засвідчили, що це тепловиділення практично не впливає на міцнісні та адгезійні властивості тампонажного матеріалу.

Результати проведених лабораторних досліджень свідчать, що тампонажний матеріал на основі карналітового шламу можна застосовувати для цементування у свердловинах, оскільки він володіє всіма необхідними якостями для проведення таких робіт. Перевагами його є:

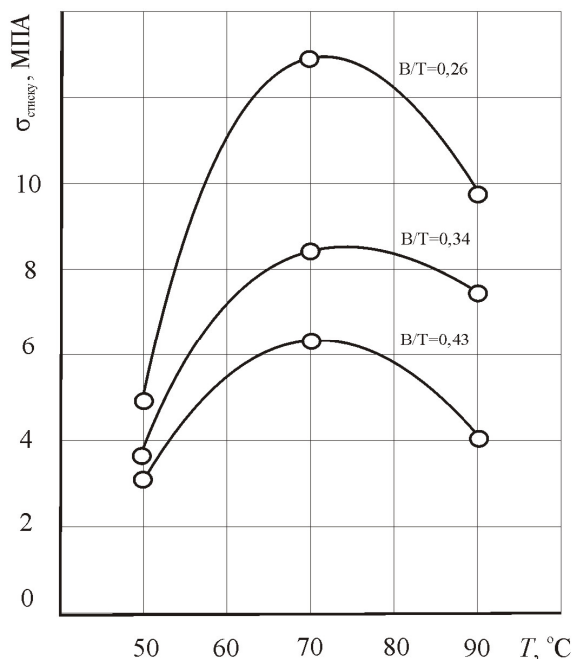


Рисунок 1 — Міцність тампонажного каменю на основі карналітового шламу на стиск $\sigma_{\text{стиску}}$ залежно від температури T за різних водотвердих відношень $В/Т$

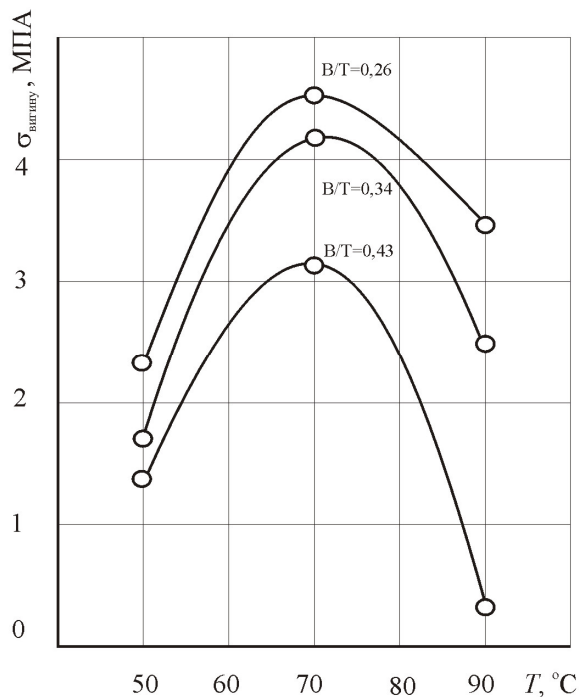


Рисунок 2 — Міцність тампонажного каменю на основі карналітового шламу на вигин $\sigma_{\text{вигину}}$ залежно від температури T за різних водотвердих відношень $В/Т$

- 1) добрі міцнісні і адгезійні властивості утвореного тампонажного каменю;
- 2) низька вартість матеріалу;
- 3) наявність великої кількості матеріалу у вигляді відходів;
- 4) збереження навколишнього середовища від забруднення завдяки утилізації шламу.

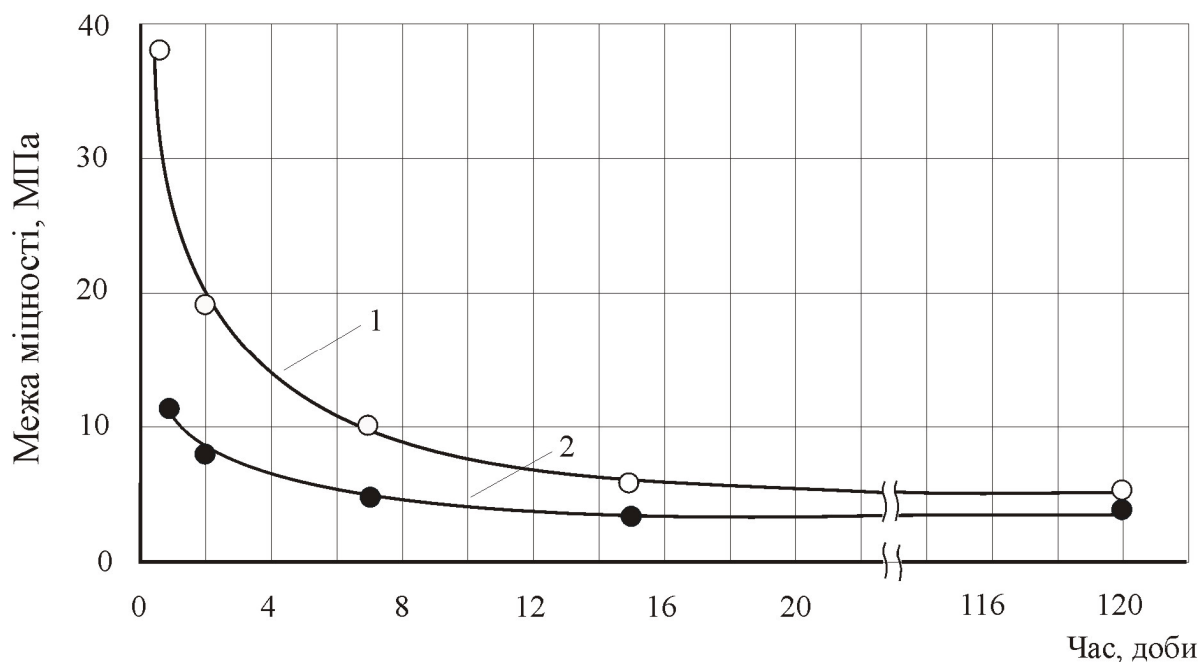


Рисунок 3 — Зміна міцності цементного каменю на основі карналітового шламу в часі на стиск (1) та вигин (2) протягом знаходження в технічній воді

Промислові випробування тампонажного матеріалу на основі карналітового шламу проведено у водонагнітальній свердловині 502-Битків НГВУ „Надвірнанафтогаз” ВАТ „Укрнафта”. Для проведення робіт з обстеження її технічного стану виникла потреба ізолювати вибій свердловини та інтервал перфорації від верхньої частини експлуатаційної колони. З цією метою було прийнято рішення встановити „вісячий” цементний міст з „головою” на глибині 1520 м. Роботи виконували з використанням помолу карналітового шламу Калушського магнезійного заводу. Приготували водний розчин карналітового шламу, для чого взяли його в кількості 1,5 тон, при водотвердому відношенні 0,44, що забезпечило густину 1800 кг/м³. Тампонажний розчин запомпували цементувальним агрегатом ЦА-320 і після його протискування технічною водою з НКТ провели „зрізування”, припідняли залівні труби та закрили свердловину для ОТЦ протягом 35 годин. У ході відбивання штучного вибою допусканням труб „голову” моста виявили на глибині 1538 м, а проведене опресування експлуатаційної колони та зниження рівня рідини в ній підтвердило герметичність цементного моста та цілісність експлуатаційної колони.

Отримані результати промислового експерименту в свердловині 502 Битківського родовища підтвердили попередні висновки, що тампонажний матеріал на основі карналітового шламу можна успішно використовувати в низці операцій з цементування у свердловинах, в першу чергу для встановлення тимчасових і постійних ізоляційних мостів, тампонування тріщин в пластах і ліквідації зон поглинання та ін., що дасть змогу значно здешевити роботи. Ще одним шляхом використання карналітового

шламу є його добавки в портландцементи. Відомо, що доменні шлаки, а також інші мінеральні речовини (паливна зола, пемза, туфи, перліти та т.п.) використовуються для зменшення густини тампонажного розчину та регулювання його реологічних та фільтраційних характеристик.

За широкого використання карналітового шламу можна значно покращити екологічну безпеку в місцях виробництва магнію та калійних добрив за рахунок утилізації відходів хімічного виробництва.

Література

- 1 Тарко Я.Б. Дослідження властивостей карналітового шламу і тампонажного розчину на його основі // Нафтогазова енергетика. – 2007. – № 4(5). – С. 86-89.
- 2 Булатов А.И., Данюшевский В.С. Тампонажные материалы. – М.: Недра, 1987. – 280 с.
- 3 Данюшевский В.С., Алиев Р.М., Толстых И.Ф. Справочное руководство по тампонажным материалам. – М.: Недра, 1987. – 374 с.
- 4 Коцкулич Я.С., Кочкодан Я.М. Буріння нафтових і газових свердловин: Підручник. – Коломия: ВПТ „Вік”, 1999. – 503 с.
- 5 Ашрафьян М.О. Технология разобшения пластов в осложненных условиях. – М.: Недра, 1989. – 228 с.
- 6 Світлицький В.М., Ягдовський С.І., Галустьян Г.Р. Поточний та капітальний ремонт свердловин. – К.: Логос, 2001. – 344 с.