УДК 622.245.42

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2020.1.48-51>

В. М. ОРЛОВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), svaroh13@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8749-5354>

V. ORLOVSKYI, PhD, associate professor (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine), svaroh13@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8749-5354>

ОБВАЖНЕНІ ТАМПОНАЖНІ МАТЕРІАЛИ

HEAVY CEMENT MATERIALS

Зактуалізовано проблеми створення тампонажних матеріалів і розчинів підвищеної густини.

Проаналізовано наукові джерела в галузі розроблення й дослідження модифікованих тампонажних матеріалів з підвищеною густиною. Розглянуто застосування різних типів обважнювальних домішок для виготовлення тампонажних цементів. Указано на переваги й вади обважнювальних матеріалів, які застосовують під час модифікації тампонажних цементів. Наведено технологічні схеми найпоширеніших способів створення обважнених тампонажних матеріалів.

Досліджено асортимент обважнених тампонажних матеріалів, які виготовляє промисловість України.

Зауважено, що підвищення якості розмежування гірських порід і нафтогазоносних горизонтів на геологорозвідувальних площах і промислових родовищах під час цементування високонапірних пластів і зон з аномально високими пластовими тисками можливе завдяки розробленню й застосуванню обважнених термостійких тампонажних матеріалів з високими технологічними властивостями на основі золових сумішей, а також сумішей стандартного тампонажного портландцементу ПЦП-100 і кислоти золи винесення теплових електростанцій та обважнювача бариту.

Розроблено й досліджено обважені термостійкі тампонажні матеріали з високими експлуатаційними властивостями із застосуванням побічних техногенних продуктів промисловості.

Дібрано оптимальні рецептури нових обважнених тампонажних матеріалів.

Результати роботи мають практичне значення для цементування нафтових і газових свердловин у складних гірничо-геологічних умовах на геологорозвідувальних площах та промислових родовищах вуглеводнів.

Ключові слова: обважнений тампонажний матеріал, термостійкість, густина, водовідділення, міцність каменю.

Emphasis is placed on the urgency of the problem of creating cementitious materials and solutions of high density.

The analysis of scientific sources in the field of development and research of modified cement materials with high density is carried out. The application of different types of weighting impurities to well cements is considered. The advantages and disadvantages of the weighting impurities that are used in the modification of well cements are shown. The technological schemes of the most widespread ways of creation of the weighted cement materials are resulted.

The assortment of weighted cement materials manufactured by the Ukrainian industry is analyzed.

It is noted that improving the quality of the delineation of rocks and oil and gas horizons in exploration areas and industrial fields during the cementing of high-pressure layers and zones with abnormally high reservoir pressures is possible by the development possible and application of weighted heat-resistant cements with high technological properties on the basis of ash mixtures, as well as mixtures of standard well Portland cement PTSTI-100 and acidic ash removal of thermal power plants and barite weighing agent.

Weighted and heat-resistant grouting materials with high performance properties with the use of industrial anthropogenic products have been developed and investigated.

The selection of optimal recipes of new weighted cement materials was carried out.

The results of the work have practical application in cementing oil and gas wells in complex mining and geological conditions in exploration areas and industrial hydrocarbon deposits.

Keywords: heavy cement material, heat resistance, density, water separation, stone strength.

Вступ. В останні роки збільшилася кількість родовищ, які розбурюють у складних гірничо-геологічних умовах. Водночас вимоги до тампонажних матеріалів, які застосовують для цементування глибоких нафтових і газових свердловин, стають жорсткішими. Особливо це стосується цементів, призначених для кріплення свердловин у відкладах з аномально високими пластовими тисками (АВПТ) на глибинах 4000–6000 м. Крім того, на глибинах 4000 м і більших пластові температури набагато перевищують 100 °С. Тому актуальною є проблема створення тампонажних матеріалів і розчинів підвищеної густини: обважнених (густина тампонажних розчинів $\leq 1950 \div \geq 2300$ кг/м³) і важких (густина ≤ 2300 кг/м³) з високими експлуатаційними властивостями.

Обважені й важкі тампонажні матеріали належать до модифікованих цементів. З аналізу наукових джерел відомо, що є чотири найпоширеніші способи обважнення тампонажних матеріалів [1, 2]:

1) введення обважнювачів унаслідок змішування їх зі зв'язувальним матеріалом;

2) застосування рудних цементів, густина яких набагато більша, ніж звичайних портландцементів;

3) спільний помел клінкеру й обважнювальних домішок;

4) збільшення вмісту оксиду заліза в портландцементі.

Найширший діапазон регулювання густини можна одержати за допомогою першого з названих способів.

Залежно від основи мінерала обважнювачі поділяють на баритові (барит BaSO_4 , густиною 4480 кг/м³), залізні (гематит Fe_2O_3 , густиною 5300 кг/м³; магнетит $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, густиною 4900–5200 кг/м³), магнетитовий пісок (хімічний склад у масових відсотках: SiO_2 – 31,43; Fe_2O_3 – 49,00; CaO – 11,25; MgO – 7,13; MnO – 0,98; втрати під час прожарювання – 0,21; зернистість 0,3–0,4 мм; густина 3900–3920 кг/м³), ільменіт (титановий залізняк $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$, густиною 4720 кг/м³), карбонатні (сидерит FeCO_3 з густиною 3800 кг/м³), олив'яні (галеніт PbS , густиною 7500 кг/м³), олив'яний шлак (хімічний склад у масових відсотках: SiO_2 – 34,0; Al_2O_3 – 1,5; FeO – 40,5; CaO – 21,0; MgO – 1,0; густина 3800–3900 кг/м³), феросплави (феросиліцій густиною 6520 кг/м³, дзеркальний чавун, силікошпигель – спеціальні сплави чавуну, подрібнені до розмірів частинок 0,15–0,20 мм, до складу яких входять залізо, вуглець, кремній, марганець, хром та інші легувальні матеріали), кварцовий пісок (розміри зерен 0,1–0,6 мм, густина 2600–2670 кг/м³).

Основні дослідження і публікації. Обважені тампонажні матеріали характеризуються зниженим водо-цементним від-

ношенням, унаслідок чого вони зазвичай мають низьку розтічність. Тому в таких розчинах додатково застосовують реагенти-сповільнювачі й пластифікатори: ССБ, КССБ, СВК, ВКК, гіпан, хромпик, оксил тощо. Крім того, композиції з використанням обважнювальних домішок мають нестабільні й седиментаційно нестійкі тампонажні розчини. Це ускладнює процес їхнього приготування й суттєво впливає на якість цементування свердловин [1, 3].

Досліджено властивості обважнених тампонажних матеріалів на основі портландцементу з домішками різних обважнювачів (гематит, магнетит, феросиліцій, дзеркальний чавун, ферофосфор) у температурних умовах 90 °С [4]. У разі домішування гематиту інтервали густин тампонажних розчинів перебувають у межах 1980–2200 кг/м³, у разі домішування ферофосфору – 2110–2890 кг/м³. Механічна міцність зразків цементного каменю через дві доби тужавіння становить 1,4–4,3 МПа.

У науковій розробці [3] як обважнювач застосовано продукт випалювання твердого залишку содового виробництва й піритних недогарків 2СаО·Fe₂O₃. У суміші з піском одержали тампонажні розчини густиною до 2360 кг/м³ з високою міцністю і термостійкістю утвореного каменю.

Автори праці [5] пропонують для підвищення густини використовувати технічний барит, який має високу дисперсність і гідрофільність. У буровій галузі використовують переважно баритові концентрати виробництва збагачувальних фабрик кольорової металургії. У них міститься 80–95 % бариту, а також SiO₂, Fe₂O₃ і незначна кількість сполук кальцію та магнію. Суміші з баритом призначені для цементування свердловин з АВПТ (градієнт тиску до 0,21 МПа/м). За вибірних температур 20–100 °С рекомендовані суміші – цемент-барит (співвідношення компонентів 2:1, 1:1), за температур 100–200 °С – металургійний шлак-барит (2:1, 1:1). Густина розчинів змінюється в межах 2000–2180 кг/м³. Міцність цементно-баритових речовин через дві доби тужавіння, залежно від температури, становить 2,32–8,2 МПа, газопроникність – 1,0–2,5 мД.

У шлако-баритових рецептур ці показники мають такий вигляд: 1,6–4,5 МПа, 1,0–3,2 мД відповідно. Терміни прокачування тампонажних розчинів регулюють реагентом-сповільнювачем НТФК.

Зі шлаків олив'яних заводів (наприклад Чимкентського заводу) можна одержати без домішок обважнювача тампонажні розчини густиною 2160–2230 кг/м³ [6]. Гідравлічна активність у таких шлаків нижча, ніж у гранульованих доменних шлаків, тому в разі їхнього застосування в умовах температур, нижчих за 200 °С, для пришвидшення тужавлення до складу зв'язувальної речовини треба вводити скальциновану соду або портландцемент. Температурний інтервал застосування цих шлаків становить 80–180 °С. Для підвищення міцності таких матеріалів до 6–12 МПа автори пропонують вводити в розчин бікарбонат натрію.

У 1980 роках у Всесоюзному науково-дослідному інституті з кріплення свердловин і бурових розчинів Міннафтопрому СРСР розроблено обважнений безклінкерний корозійно стійкий тампонажний цемент ЦТУК-120 [7]. Його одержують змішуванням бариту зі спільно подрібненим доменним шлаком, кварцовим піском, парафіном. Густина ЦТУК-120 становить від 2050 до 2300 кг/м³, температура застосування – 80–150 °С. Міцність через одну добу твердіння за температури 120 °С сягає 2,5–4,5 МПа.

Для ізоляції соленосних відкладів у свердловинах розроблено тампонажний розчин з високою густиною на основі УШЦ-2-200, бариту, фенолформальдегідного поліконденсату ВРП-31 [8]. Тампонажний розчин на основі цього матеріалу

рекомендовано використовувати за температур 160–250 °С. Фенолформальдегідний конденсат відіграє роль пластифікатора, що дає змогу довести густину до 2300–2500 кг/м³.

У науковій розробці [9] запропоновано спосіб одержання обважненого тампонажного матеріалу, що передбачає введення волокнуватої домішки в розтоплений шлак витоплення олива з наступним охолодженням і подрібненням суміші. Речовина має високі фізико-механічні показники, термо- і корозійну стійкість.

Описані вище обважнені тампонажні речовини поряд з перевагами мають і суттєві вади.

1. Зазвичай типи застосовуваних цементів придатні лише для вузького інтервалу температур.

2. Високотемпературні обважнені цементи вміщують шлак, який треба попередньо розмелювати, що дуже енерговитратно.

3. Уміст обважнювачів з високою густиною спричинює розширення тампонажного розчину, а відтак осідання утвореного каменю. Як наслідок – поганий контакт зі стінками свердловини й велика ймовірність неякісної ізоляції затрубного простору.

Зважаючи на ці вади, можна сформулювати основні вимоги до обважнених тампонажних матеріалів (ОВТМ).

1. Седиментаційна стійкість, здатність затверділої системи не осідати.

2. Наявність достатньої кількості інгредієнтів, які використовують для приготування ОВТМ. Компоненти ОВТМ мають бути готові до застосування без додаткового приготування (розмелювання, сушіння тощо).

3. Можливість регулювання густини в широких межах.

Мета. Підвищення якості розмежування гірських порід і нафтогазоносних горизонтів на геологорозвідувальних площах та промислових родовищах під час цементування високонапірних пластів і зон з АВПТ через розроблення й застосування обважнених термостійких неосідних тампонажних матеріалів з високими технологічними властивостями на основі золотих сумішей (висококальцієвої золи Прибалтійських сланців і кислої золи винесення теплових електростанцій (ТЕС)), а також стандартного тампонажного портландцементу ПЦТІ-100 і кислої золи винесення ТЕС та обважнювача бариту.

Постановка завдання. Нині в Україні Костянтинівський ВАТ “Завод обважнювачів” виготовляє обважнені тампонажні цементи на основі тампонажного портландцементу й металургійного шлаку з використанням як обважнювальних домішок кварцового піску й залізної руди. Серед них цементи: УШЦ-1-120, УШЦ-2-120, УШЦ-1-200, УШЦ-2-200.

Обважнені шлакові тампонажні цементи УШЦ-1-120, УШЦ-2-120, УШЦ-1-200, УШЦ-2-200 одержують унаслідок спільного помелу не менш як 25 % шламу доменного гранульованого за ГОСТ 3476, не більше ніж 75 % обважнювальних домішок – руди залізної за ТУ-14-9-359-89 або інших обважнювачів густиною не менш як 4000 кг/м³, не більше ніж 20 % портландцементу тампонажного для помірних температур марок ПЦТ-I-100 чи ПЦТ-II-100 за ДСТУ БВ.2.7-88-99 або будівельного портландцементу згідно з ДСТУ БВ.2.7-44-96 марки 400 і вище. Такі цементи призначені для цементування нафтових і газових свердловин з АВПТ в інтервалі температур 80–250 °С [1].

Проте обважнені розчини на основі цементів, які виготовляє Костянтинівський ВАТ “Завод обважнювачів”, седиментаційно нестабільні, мають високий показник водовідділення, низьку розтічність і не охоплюють усього діапазону густин, потрібного для цементування свердловин з АВПТ, а камінь має низьку міцність на згин. Це призводить до істотних ускладнень і зниження якості цементування [1]. Крім того, під час твердіння таких цементів утворюється камінь, що осідає.

У практиці цементування свердловин іноді застосовують спеціально приготовлені в умовах бурових майданчиків обважнені тампонажні розчини на основі тампонажних портландцементів чи шлакопортландцементів з використанням обважнювачів різних типів. Застосовують тампонажні суміші цементно-баритові, шлако-баритові, УШЦ–2–120 з баритом, портландцемент із залізною рудою, портландцемент з гематитом, шлакорудні та інші розчини [1]. Суттєвою вадою таких тампонажних матеріалів є осідання цементного каменю під час твердіння.

З огляду на вищесказане, дослідження мають на меті розробити обважнені термостійкі тампонажні матеріали з високими технологічними властивостями для застосування під час цементування високонапірних пластів у свердловинах, а також у зонах з АВПТ.

Виклад основного матеріалу й результати. Колектив дослідників на базі Полтавського відділення УкрДГРІ розробив рецептури обважнених термостійких неосідних тампонажних матеріалів з високими технологічними властивостями. За основу зв'язувального матеріалу брали золів суміші (висококальцієвої золи від спалювання прибалтійських сланців на ТЕС, яка вміщує активний гідроксид кальцію, і кислій золи винесення від спалювання кам'яного вугілля на ТЕС, яка містить багато кремнезему). Також як зв'язувальний матеріал використано суміш тампонажного портландцементу ПЦТІ-100 з кислотою золою винесення ТЕС.

Висококальцієва зола прибалтійських (естонських) сланців являє собою порошок світло-жовтого кольору густиною 2800–2950 кг/м³. Є два типи золи: циклонна й електрофільтрова. Питома поверхня циклонної становить 80–110 м²/кг, електрофільтрової приблизно вчетверо більша.

Хімічний склад циклонної золи: CaO – 40–45 % (з них вільної CaO – 12–20 %); SiO₂ – 26–28 %; Al₂O₃ – 6–8 %; Fe₂O₃ – 4,5–5,0 %; MgO – 4–5 %.

Хімічний склад електрофільтрової золи: CaO – 30–33 % (з них вільної CaO – 6,5–7,0 %); SiO₂ – 30–32 %; Al₂O₃ – 7–8 %; Fe₂O₃ – 4,0–4,5 %; MgO – 4–4,5 %. Зазвичай постачають суміш циклонної й електрофільтрової золи, тому можливе деяке коливання її властивостей.

Кислу золу винесення теплових електростанцій застосовують як активну мінеральну (пуцоланову) домішку.

Зола Курахівської ТЕС – це порошок темно-сірого кольору густиною 1980–2000 кг/м³, з питомою поверхнею 350–420 м²/кг. Її насипна маса становить 1100–1150 кг/м³. Хімічний склад золи: SiO₂ – 52–54 %; Al₂O₃ – 15–24 %; Fe₂O₃ – 17–22 %; CaO – 2,2–6,0 %.

Зола Ладизинської ТЕС являє собою порошок зеленувато-сірого кольору, густиною 2400–2500 кг/м³, питомою поверхнею 210–220 м²/кг. Її насипна маса становить 1500–1600 кг/м³. Хімічний склад золи: SiO₂ – 57 %; Al₂O₃ – 23 %; Fe₂O₃ – 11 %; CaO – 2,0 %; MgO – 2,0 %.

З порівняння властивостей цих двох кислих зол виходить, що для створення обважнених складів більше підходить зола Ладизинської ТЕС, яка має вищу густина. Це дає змогу в деяких випадках (коли потрібна густина тампонажного розчину до 2000 кг/м³) навіть відмовитися від обважнювача, використавши суміш висококальцієвої та кислій (Ладизинської) золи з малим водосумішневим відношенням і застосуванням пластифікатора.

Як обважнювач брали барит (BaSO₄), який за своєю дисперсністю та гідрофільністю перевершує гематит, магнезит, геленіт. Барит являє собою звичайно світло-сірий порошок (інколи через наявність домішок може мати рожевий, червонуватий, жовтий або бурий колір). Густина коливається в межах 4200–4700 кг/м³. Уміщує до 10–15 % кремнезему й

оксиду заліза. Насипна маса змінюється від 1900 кг/м³ в пухкому стані до 3000 кг/м³ під час струшування.

За результатами попередніх експериментів у разі змішування висококальцієвої й кислій золи винесення, а також бариту можна досягти бажаного результату.

Тампонажні розчини в лабораторних умовах готували стандартним методом із замішуванням на водопровідній воді.

Водосумішнєве відношення підбирали з огляду на розтічність на конусі розтічності. Седиментаційну стійкість і водовідділення визначали за методиками, описаними в праці [2]. Прокачуваність тампонажних розчинів досліджували на консистометрі КЦ-3.

Вимірювання об'ємних деформацій тампонажного матеріалу під час тужавіння проводили за допомогою приставки до консистометра КЦ-3 [10].

Зразки тампонажного каменю зберігали в автоклавному пристрої АУ-1-71-ІЕ (конструкції Полтавського відділення УкрДГРІ), що складається з автоклавів, електричної та гідравлічної обв'язки, вимірювальних і реєструвальних приладів для контролю температури й тиску в автоклавах. Пристрій призначений для температури до 250 °С і тиску до 100 МПа. Контролювання параметрів відбувається в автоматичному режимі.

Зразки виготовляли у формі циліндрів з діаметром та заввишки 0,03 м і балочок розміром 0,04×0,04×0,10 м. Під час тужавіння в нормальних умовах (температура 20 °С, тиск 0,1 МПа) зразки зберігали у водяних банях.

Механічну міцність на згин і коефіцієнт стиснення визначали за типовими методиками [11].

Технологічні властивості одержаних обважнених тампонажних матеріалів наведено в табл. 1 і 2.

За своїми експлуатаційними властивостями (у разі їхнього комплексного розгляду) розроблені обважнені тампонажні матеріали переважають усі відомі обважнені тампонажні цементи. Вони якісно вирізняються за термостійкістю, високою міцністю й низькою проникністю, широким діапазоном густин, а також тим, що не осідають (не розширюються в процесі тужавіння в зольних рецептурах). Для забезпечення якісної ізоляції затрубного простору в інтервалах залягання хемогенних відкладів ефективним є застосування розроблених рецептур, замішаних на насичених розчинах КСІ. Промислове випробування обважнених тампонажних матеріалів пройшли під час цементування експлуатаційних колон в об'єднанні “Полтавнафтогазгеологія” і забезпечили високу якість кріплення в зонах АВПТ.

Висновки. Розроблено обважнені термостійкі неосідні тампонажні матеріали з високими експлуатаційними властивостями густиною 1950–2270 кг/м³ на основі цементно-золових і золових сумішей та обважнювача.

З'ясовано, що тампонажні розчини з обважнених тампонажних матеріалів відповідають чинним ДСТУ до модифікованих тампонажних цементів.

Термічний інтервал застосування обважнених тампонажних матеріалів – 50 °С÷160 °С.

Наукова цінність дослідження полягає в доборі оптимальних рецептур нових обважнених тампонажних сумішей.

Розглянута наукова розробка дає змогу забезпечити галузь обважненими термостійкими тампонажними матеріалами з високими експлуатаційними властивостями, що має важливе практичне значення. Підвищена густина нових тампонажних розчинів, у разі забезпечення високої якості інших технологічних властивостей розчину й утвореного каменю, є важливим чинником під час розмежування нафтогазоносних горизонтів на геологорозвідувальних площах і промислових родовищах у процесі цементування високонапірних пластів і свердловин з аномально високими пластовими тисками.

Таблиця 1. Технологічні властивості тампонажних розчинів на основі обважнених термостійких тампонажних матеріалів

Склад тампонажної суміші, мас. част., %					Рідина замішування	Пластифікатор С-3, від маси сухого матеріалу, %	В/С	Розтічність, м	Густина, кг/м³	Водовідділення, мл
ПШТІ-100	Високо-кальцева зола (естонська)	Кисла зола (ладжінська)	Кисла зола (курахівська)	Барит						
–	20	–	20	60	вода	2	0,28	0,19	2110	12,5
–	30	–	10	60	вода	1	0,28	0,20	2150	15,0
–	25	–	25	50	вода	2	0,28	0,18	2040	7,5
–	25	25	–	50	вода	1	0,25	0,20	2190	12,5
–	20	20	–	60	вода	1	0,23	0,20	2270	15,0
–	30	30	–	40	вода	2	0,22	0,19	2140	7,5
25	–	–	25	50	вода	1	0,30	0,20	2040	15,0
50	–	50	–	–	насич. р. КСІ	2	0,28	0,20	1970	0
–	25	25	–	50	насич. р. КСІ	1	0,25	0,18	2230	0
–	25	–	25	50	насич. р. КСІ	1	0,33	0,19	1950	2,5
25	–	–	25	50	насич. р. КСІ	1	0,30	0,19	2050	2,5

Таблиця 2. Технологічні властивості обважнених термостійких тампонажних матеріалів

Склад тампонажної суміші, мас. част., %						В/С	Міцність каменю через дві доби в разі згинання/стиснення, МПа				Газопроникність через дві доби, мкм²·10 ⁻³	
ПЦПТ-100	Висококаль- цева зола (естонська)	Кисла зола (ладжинська)	Кисла зола (курахівська)	Барит	Умови тужавіння цементу							
					t = 120 °C P = 40,0 МПа		t = 160 °C P = 60,0 МПа		t = 120 °C P = 40,0 МПа	t = 160 °C P = 60,0 МПа		
					дві доби		28 діб	дві доби			28 діб	
–	20	–	20	60	0,28	1,0/2,3	2,5/4,5	1,6/3,0	3,6/7,5	2,10	1,36	
–	25	–	25	50	0,28	1,8/3,1	3,3/6,2	1,7/3,3	5,7/12,5	1,17	1,14	
–	25	25	–	50	0,25	1,0/2,1	2,7/4,3	3,3/6,3	5,0/9,6	1,98	1,36	
–	20	20	–	60	0,23	0,8/1,7	2,0/4,0	2,1/4,4	4,5/8,7	–	–	
25	–	–	25	50	0,30	6,8/16,0	9,0/21,0	–	–	1,35	–	
50	–	50	–	–	0,28*	5,4/10,0	9,0/18,3	–	–	0,75	–	
–	25	25	–	50	0,25*	1,5/3,5	3,8/8,9	3,4/7,4	5,1/11,0	2,40	2,12	
–	25	–	25	50	0,33*	1,7/4,0	4,3/9,0	2,3/4,8	3,8/7,5	2,50	1,81	

Примітка: * рідина замішування – насичений розчин КСІ

ЛІТЕРАТУРА

- Горський В. Ф. Тампонажні матеріали і розчини/В. Ф. Горський. – Чернівці, 2006. – 524 с.
- Данюшевський В. С. Справочное руководство по тампонажным материалам: [справочник]/В. С. Данюшевский, Р. М. Алиев, И. Ф. Толстых. – Москва: Недра, 1987. – 376 с.
- А. с. 1596072 СССР, МКИ Е 21 В/138. Тампонажный состав/З. З. Шарафутдинов, Ф. А. Акзамов, В. В. Васильев и др. (СССР). – Био и ТЗ (Бюллетень изобретений, открытый и товарных знаков). – 1990. – № 36.
- Булатов А. И. Тампонажные материалы и технология цементирования скважин/А. И. Булатов. – Москва: Недра, 1982. – 256 с.
- Булатов А. И. Тампонажные материалы/А. И. Булатов, В. С. Данюшевский. – Москва: Недра, 1987. – 280 с.
- Булатов А. И. Утяжеленные тампонажные растворы на основе шлака/А. И. Булатов, Ш. М. Рахимбаев, Д. Ф. Новохатский, Т. Т. Ганиев/Серия "Бурение": НТС. – Москва: ВНИИОЭНГ, 1974. – Вып. 4.
- Трусов С. Б. Современное состояние и перспективы в области тампонажных цементов/С. Б. Трусов//Формирование и работа цементного камня в скважине: тезисы докладов IV конференции. – Краснодар, 1987. – С. 23–25.
- Парлиев С. К. О полиминеральной структуре камня тампонажного раствора высокой плотности/С. К. Парлиев, А. В. Тартышный, Ш. К. Абдуллаев, Д. К. Мамадженов//Формирование и работа цементного камня в скважине: тезисы докладов IV конференции. – Краснодар, 1987. – С. 25–27.
- А. с. № 1411313 СССР, МКИ Е 21 В/138. Способ получения утяжеленного тампонажного вяжущего / С. М. Баш (СССР). – Био и ТЗ. – 1988. – № 15.
- А. с. СССР № 724691 МКИ Е 21 В 33/138. Устройство для определения линейных изменений твердеющей системы/Ш. М. Рахимбаев, Ш. Т. Файзиев, Ю. Т. Кадыров, Н. Х. Каримов, В. И. Петерс (СССР). – № 2132542/20-03; заявл. 11.05.79; опубл. 18.03.80, Бюл. № 12.
- ДСТУ Б В.2.7-86-99. Цементи тампонажні. Методи випробування. – К., 1999. – 24 с.

REFERENCES

- Horskyi V. F. Cement materials and mortars/V. F. Horskyi. – Chernivtsi, 2006. – 524 p. (In Ukrainian).
- Danyushevskij V. S. Grouting Materials Reference: [reference book]/V. S. Danyushevskij, R. M. Aliev, I. F. Tolstyh. – Moskva: Nedra, 1987. – 376 p. (In Russian).
- A. s. USSR 1596072, MKI E 21 B/138. Cement composition/Z. Z. Sharafutdinov, F. A. Akzamov, V. V. Vasilev et al (USSR). – Bio and TK. – 1990. – No 36. (In Russian).
- Bulatov A. I. Cement materials and technology of cementing wells/A. I. Bulatov. – Moskva: Nedra, 1982. – 256 p. (In Russian).
- Bulatov A. I. Cement materials/A. I. Bulatov, V. S. Danyushevskij. – Moskva: Nedra, 1987. – 280 p. (In Russian).
- Bulatov A. I. Weighted grouting solutions based on slag/A. I. Bulatov, Sh. M. Rahimbaev, D. F. Novohatskij, T. T. Ganiev/Seriya "Burenie": NTS. – Moskva: VNIIOJeNG, 1974. – Iss. 4. (In Russian).
- Trusov S. B. Modern state and prospects in the field of cement for wells/S. B. Trusov//Formirovanie i rabota cementnogo kamnya v skvazhine: tezisy dokladov IV konferencii. – Krasnodar, 1987. – P. 23–25. (In Russian).
- Parliev S. K. On the polymineral structure of the stone of a high density /S. K. Parliev, A. V. Tartyshnyj, Sh. K. Abdullaev, D. K. Mamadzhenov//Formirovanie i rabota cementnogo kamnya v skvazhine: tezisy dokladov IV konferencii. – Krasnodar, 1987. – P. 25–27. (In Russian).
- A. s. No 1411313 USSR, MKI E 21 B/138. A method for obtaining a heavier sheath knitting/S. M. Bash (USSR). – Bio and TP. – 1988. – № 15. (In Russian).
- A. s. USSR No 724691 MKI E 21 V 33/138. A device for determining linear changes of the hardening system/Sh. M. Rahimbaev, Sh. T. Faiziev, Yu. T. Kadyrov, N. H. Karimov, V. I. Peters (USSR). – No 2132542/20-03; stated. May 11, 1997; published March 18, 1980, Bull. No 12. (In Russian).
- DSTU B V.2.7-86-99. Cements for wells. Test methods. – Kyiv, 1999. – 24 p. (In Ukrainian).

Р у к о п и с о т р и м а н о 21.07.2019.