

УДК 665.7.038.64; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2023-4.05>

<https://orcid.org/0000-0001-9045-0838>

<https://orcid.org/0009-0002-9565-9651>

<https://orcid.org/0000-0003-1859-5551>

<https://orcid.org/0000-0003-3323-8245>

<https://orcid.org/0000-0002-1914-398X>

ТАМПОНАЖНЫЙ РАСТВОР ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ СКВАЖИНЫ



Г.Г. БИМБЕТОВА¹,
кандидат технических наук,
профессор кафедры
«Нефтегазовое дело»,
gulmnaz@mail.ru



А.Р. КЕМБАЕВ¹,
докторант кафедры
«Нефтегазовое дело»,
aidos_kem@mail.ru



А.А. КАБДУШЕВ²,
PhD, заведующий
кафедрой «Нефтегазовое
и горное дело»,
arman-kz@mail.ru

Ж.К. НАДИРОВА¹, кандидат технических наук, доцент кафедры «Нефтегазовое дело»,
zhanna.nadirova@inbox.ru

Н.Ш. ОТАРБАЕВ¹, PhD, старший преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело»
otarbaevn@mail.ru

¹ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АУЭЗОВА,
Республика Казахстан, 160012, г. Шымкент, проспект Тауке хана, 5

²ТАРАЗСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.Х.ДУЛАТИ,
Республика Казахстан, 080012, г. Тараз, улица Ы.Сулейменова, 5

В статье рассмотрены вопросы использования отработанных отбельных глин в рецептуре тампонажных растворов, закачиваемых в пространство между обсадной колонной и стенкой скважины.

Предложен тампонажный раствор, включающий портландцемент; отбельную глину производства моторных масел, понизитель фильтрации (КМЦ), пластификатор – омыленный хлопковый гудрон, воду или водный раствор ускорителя сроков схватывания-хлорида натрия, пеногаситель.

Определен состав отбельной глины после адсорбционной очистки моторного масла, при этом установлено, что в глине наряду с щелочными и щелочноземельными элементами содержатся также углерод и сера. Полученные данные ИК-спектров отбельной глины указывают на наличие асфальтосмолистых и серосодержащих органических соединений.

Проведены исследования, которые показали, что при хранении образца цементного камня в воде, а также на воздухе, снижение прочности на сжатие его практически не наблюдается.

Показано, что отработанная отбельная глина производства моторных масел в смеси тампонажного раствора увеличивает адгезию раствора с поверхностью металла обсадной трубы, что обеспечивает достаточную твердость и уменьшает отслаивание цемента от металла. Перечисленные достоинства предложенной тампонажной смеси, а также возможность утилизации отбельной глины производства моторного масла, позволяют рекомендовать ее к применению для крепления обсадной колонны при бурении скважин на жидкие и твердые полезные ископаемые.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скважина; тампонажный раствор; колонна; портландцемент; отбельная глина; бурение; крепление; прочность; водоотдача.

ҰҢҒЫМАНЫҢ ҚОРШАУ БАҒАНАСЫН БЕКІТУГЕ АРНАЛҒАН БІТЕУШІ ЕРІТІНДІ

Г.Ж. БИМБЕТОВА¹, техника ғылымдарының кандидаты, «Мұнайгаз ісі» кафедрасының профессоры, gulmnaz@mail.ru

А.Р. КЕМБАЕВ¹, «Мұнайгаз ісі» кафедрасының докторанты, aidos_kem@mail.ru

А.А. КАБДУШЕВ², PhD, «Мұнайгаз және таукен ісі» кафедрасының меңгерушісі, artan-kz@mail.ru

Ж.К. НАДИРОВА¹, техника ғылымдарының кандидаты, «Мұнайгаз ісі» кафедрасының доценті, zhanna.nadirova@inbox.ru

Н.Ш. ОТАРБАЕВ¹, PhD, «Мұнайгаз ісі» кафедрасының аға оқытушысы, otarbaevn@mail.ru

¹М.ӘУЕЗОВ АТЫНДАҒЫ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН УНИВЕРСИТЕТІ,
Қазақстан Республикасы, 160012, Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5

²М.Х.ДУЛАТИ АТЫНДАҒЫ ТАРАЗ ӨҢІРЛІК УНИВЕРСИТЕТІ,
Қазақстан Республикасы, 080012, Тараз қ., Ы.Сүлейменов көшесі, 5

Мақалада пайдаланылған ағартқыш саздарды қоршау бағаны мен ұңғыма қабырғасы арасындағы кеңістікке айдалатын бітеуші ерітінділердің рецептураларында қолдану мәселелері қарастырылады. Құрамында портландцемент, мотор майлары өндірісінің ағартқыш сазы, сүзуді төмендеткіш (КМЦ), пластификатор – сабындалған мақта гудроны, су немесе жабысу уақытын үдеткіштің сулы ерітіндісі - натрий хлориді, көбіктендіргіш бар бітеуші ерітінді ұсынылады. Мотор майын адсорбциялық тазартудан кейін қалған ағартқыш саздың құрамы анықталды, яғни саз құрамында сілтілі және сілтілі жер элементтерімен қатар көміртегі мен күкірт бар екендігі анықталды. Алынған ағартқыш саздың ИҚ-спектрлерінің мәліметтері асфальт-шайырлы және құрамында күкірт бар органикалық қосылыстардың бар екендігін көрсетті. Цемент тасының сынамасын суда, сондай-ақ ауада сақтаған уақытта оның қысу беріктігінің төмендеуі іс жүзінде байқалмайтынын көрсеткен зерттеулер жүргізілді. Тампонаждық ерітіндінің қоспасында мотор майлары өндірісінің қалдық ағартқыш сазы ерітіндінің шегендеу құбырының металл бетімен адгезиясын арттырады, бұл қажетті қаттылықты қамтамасыз етеді және цементтің металдан қабыршақтануын азайтады. Ұсынылған бітеуші қоспаның аталған артықшылықтары, сонымен бірге бітеуші ерітіндіге қосылатын мотор майы өндірісінің ағартқыш сазын кәдеге жарату мүмкіндігі, оны сұйық және қатты пайдалы қазбалардың ұңғымаларын бұрғылау кезінде қоршау бағандарын бекіту үшін қолдануға кеңес береді.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: ұңғыма; бітеуші ерітінді; баған; портландцемент; ағартқыш саз; бұрғылау; бекіту; беріктік; су бергіштік.

GROUTING SOLUTION FOR FIXING THE CASING OF THE WELL

G.ZH. BIMBETOVA¹, candidate of technical sciences, professor of «Oil and gas business» department, gulmnaz@mail.ru

A.R. KEMBAEV¹, doctoral student of «Oil and gas business» department, aaidos_kem@mail.ru

A.A. KABDUSHEV², PhD, head of the department of «Oil and gas and mining business», arman-kz@mail.ru

ZH.K. NADIROVA¹, candidate of technical sciences, associate professor of «Oil and Gas business» department, zhanna.nadirova@inbox.ru

N.SH. OTARBAEV¹, PhD, senior lecturer of «Oil and Gas business» department, otarbaevn@mail.ru

¹M.AUEZOV SOUTH KAZAKHSTAN STATE UNIVERSITY,
5, Tauke Khan Avenue, Shymkent, Republic of Kazakhstan, 160012

²TARAZ REGIONAL UNIVERSITY NAMED AFTER M.H.DULATI,
5, street.Suleimenova, Taraz, Republic of Kazakhstan, 080012

The article discusses the use of spent bleach clays in the formulation of grouting solutions injected into the space between the casing and the wall of the well.

A grouting solution is proposed, including Portland cement; selected clay for the production of motor oils, a filtration step-downer (CMC), a plasticizer - saponified cotton tar, water or an aqueous solution of a setting time accelerator- sodium chloride, a defoamer.

IR spectroscopy studies of grouting solution samples with the addition of bleach clay from the production of motor oils were carried out, the morphological composition of bleach clay after adsorption purification of motor oil was determined. The data obtained indicate the presence of asphalt-resin and sulfur-containing organic compounds in the spent bleach clay.

It is shown that the spent bleach clay of motor oil production in a mixture of grouting solution increases the adhesion of the solution to the metal surface of the casing pipe, which provides sufficient hardness and reduces the peeling of cement from the metal. The listed advantages of the proposed grouting mixture, as well as the possibility of recycling the selected clay from the production of motor oil, allow us to recommend it for use for mounting the casing string when drilling wells for liquid and solid minerals.

KEY WORDS: *borehole; grouting mortar; column; portland cement; bleach clay; drilling; fastening; strength; water output.*

Введение. Разработка технологий получения новых тампонажных составов для герметизации затрубного пространства с использованием местных сырьевых источников является актуальной задачей для компаний, занимающихся бурением скважин на жидкие, газообразные и твердые полезные ископаемые, таких как, например, в Кызылординской области (нефтегазовые скважины) и в Туркестанской области (урановые скважины) [1-4]. Большинство эксплуатируемых скважин на нефть и газ в указанных месторождениях находятся на завершающей стадии эксплуатации. Обводненность добываемой скважинной продукции на этих месторождениях составляет около 90%.

Особенностями геологических условий при бурении скважины являются такие как, рыхлые песчаные грунты, какими являются грунты в указанных выше районах, а также значительное содержание минеральных солей, что создает благоприятные условия для протекания коррозии на эксплуатируемом оборудовании. Поэтому после бурения и обсаживания следует этап, направленный на укрепление труб обсадной

колонны. Кроме того, трубы обсадной колонны должны быть надежно защищены от агрессивного воздействия грунтовых вод, почвенной коррозии и прочих явлений.

Применяемые на практике известные утяжеленные добавки к портландцементу не всегда отвечают требованиям качественного крепления скважин. Эти добавки в определенных условиях проницаемы, седиментационно неустойчивы, поэтому не во всех случаях достигается требуемая плотность раствора из-за увеличения водопотребностей этих растворов. Это может вызывать затрубные газопроявления и межпластовые перетоки жидкости, приводящие к смешению пластовых флюидов, потере пластовой энергии и загрязнению окружающей среды и недр.

Утяжеленные добавки к растворам при обсаживании колонн (барит и железистые) имеются в достаточной степени в Казахстане. Однако данные добавки не всегда обеспечивают качество сцепляемости (адгезию) компонентов тампонажного раствора с металлом обсадной колонны, что является причиной трещин в цементном растворе и межпластовых перетоков пластовых флюидов.

Для успешного качества работ по креплению глубоких скважин необходимо совершенствовать утяжеленные тампонажные растворы с целью улучшения термo- и коррозионной стойкости, адгезии, реологических свойств, технологичности приготовления и применения утяжеленных тампонажных растворов [4-6].

Результатом успешно проведенного первичного цементирования является качественное заполнение заколонного или затрубного пространства цементом, надежное сцепление цемента с колонной и породой, крепление обсадной колонны и разобщение пластов. Надежная изоляция интервалов способствует предотвращению потери добычи, контролю межпластовых перетоков и/или их выходу на поверхность, снижает добычу воды и улучшает изоляцию при проведении работ по интенсификации добычи.

Для крепления обсадных колонн при бурении в условиях нормальных и высоких пластовых давлений авторы работы [7] использовали комплексную добавку для шлакобетонной смеси, которая включает сульфитно-дрожжевую бражку, остаток вакуумной отгонки жирных кислот – госсиполовую смолу, а в качестве неорганического регулятора схватывания – тонкоизмельченную дегидратированную высокоалюминатную глину при следующем соотношении компонентов, масс. %: сульфитно-дрожжевая бражка (СДБ) 0,3 – 0,6; госсиполовая смола 0,5 – 0,7; тонкоизмельченная дегидратированная высокоалюминатная глина 0,9 – 2,0. Однако использование госсиполовой смолы в не омыленном состоянии, не обеспечивало нужную растворимость в тампонажной смеси и достаточную сцепляемость с металлической поверхностью обсадной колонны.

Авторы работы [8] предложили гранулированную композицию для герметизации скважин, состоящую из магнитоактивного полимера, который состоит из полимерной матрицы, в качестве которой используют натуральный и/или синтетический каучук, в качестве магнитного наполнителя с размером частиц в интервале 1 – 100 мкм используют магнитные порошки, в качестве цементной добавки портландцемент при следующем содержании компонентов, мас.ч.: магнитный наполнитель 1 – 75, портландцемент 1 – 75, полимерная матрица – 100 для получения гранул со следующими характеристиками - плотность магнитного полимера 2-3,5 г/см³ (в предложенном

решении – 1,4 – 2,5 г/см³, что перекрывает предложенный интервал), упругость 0,5 – 30 МПа, намагниченность остаточная 1 – 30 Гс.см³/г с рабочей температурой от -50 до +200°С. Данный состав тампонажной смеси представлен как кольматирующий состав призабойной зоны пласта (стенок ствола скважины), то есть предложенный состав не создает прочную кристаллическую структуру, как, например, цементный камень при цементировании обсадной колонны скважины.

Более перспективным является метод приготовления облегченного тампонажного раствора, по которому тампонажный раствор готовится путем смешения тампонажного портландцемента с алюмосиликатными микросферами в соотношении 80-90 – 10-20 с последующим введением в полученную сухую смесь жидкости затворения, содержащую: оксиэтилцеллюлозу или гидроксидэтилцеллюлозу, лигносульфонаты или реагент на основе меламина, ускоритель сроков схватывания и воду при следующем соотношении их к массе указанной сухой смеси, мас.ч.: ускоритель сроков схватывания 0,2-3,0; оксиэтилцеллюлоза или гидроксидэтилцеллюлоза 0,3-0,5; лигносульфонаты или реагент на основе меламина – 0,1-0,4; вода – 44-50. Затем после введения жидкости затворения смесь перемешивалась в течение 0,5 часов.

Материалы и методы исследования. В данном способе техническая задача состояла в снижении нагрузки на пласты, обеспечении подъема тампонажного раствора до устья за счет снижения удельного веса тампонажного раствора (до 1450-1650 кг/м³), низкой фильтратоотдачи до 20-30 см³ за 30 мин на фильтр-прессе "Baroid" при $\Delta P=0,7$ МПа и предотвращения усадки цементного камня при добавке в цементный раствор в качестве облегчающей добавки алюмосиликатных микросфер. При использовании этого способа обеспечиваются важные технологические параметры тампонажного раствора: седиментационная устойчивость, достаточная прокачиваемость, низкая фильтратоотдача, регулируемые сроки схватывания и время загустевания. Результат - формирование цементного камня высокой прочности с улучшенными адгезионными свойствами и низкой проницаемостью.

Надо сказать, что при приготовлении жидкости затворения возникают сложности при растворении компонентов, а именно: для полного растворения полимера требуется значительное время – до 3-4 часов (в холодное время года время растворения увеличивается до 5 и более часов, кроме того, требуется обязательный подогрев воды до определенной температуры); При растворении реагента на основе меламина происходит комкование, что создает трудности при определении концентрации этого реагента и контроля за процессом цементирования [9].

В связи с увеличением автомобильного парка, особенно в крупных городах нашей страны, возрастает необходимость в производстве высококачественного моторного масла. [10]. Одним из предприятий, где запущено производство моторного масла из базового путем адсорбционной очистки является ТОО «Компания «Hill» (г. Шымкент). Наряду с производством качественного, с высоким индексом вязкости масла, отвечающего предъявляемым требованиям, в том числе и по содержанию смол и парафинов, существует проблема утилизации отработанных отбельных глин, которые накапливаются в результате адсорбционной очистки базового масла. Попытки переработки отработанной глины с целью регенерации и повторного использования не имели положительного результата. Этот процесс весьма затратный, кроме всего

так называемая, регенерированная глина, не обладает свойствами первоначальной, активированной отбельной глины и малопригодна для повторного использования.

Наши исследования показали, что наиболее рациональный путь утилизации отбельных глин производства моторных масел, это использование их в тампонажных растворах для крепления обсадных колонн при бурении скважин на твердые, жидкие и газообразные полезные ископаемые. Отработанная глина смешивается при определенном соотношении с тампонажной смесью для крепления обсадной колонны при бурении скважины и закачивается в затрубное пространство. Считаем, что этот путь является более перспективным для утилизации отработанных отбельных глин производства нефтяных масел производства ТОО «Компания «Hill». В экологическом плане исключаются вредные выбросы в окружающую среду, так как отработанная глина содержит целый спектр веществ, в том числе асфальтены, смолы и сернистые органические соединения.

Результаты и обсуждение. Целью данного исследования является создание рецептуры приготовления тампонажной смеси с улучшенными фильтрационными свойствами, а также повышенной адгезией смеси к металлической поверхности обсадной колонны в скважине.

По предлагаемой технологии готовится сухая смесь из тампонажного портландцемента и необходимых компонентов и вводится в полученную жидкость затворения. В качестве связующего агента и облегчающей добавки используют смесь из следующих компонентов: отбельные глины производства моторных масел, которые выполняют роль понизителя плотности и увеличения адгезии тампонажного раствора к металлу обсадной трубы. В качестве жидкости затворения добавляют воду или 6-8%-ный водный раствор ускорителя сроков схватывания – хлорида натрия в количестве, обеспечивающем водоцементное соотношение. Далее дополнительно вводят понизитель фильтрации – карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) и пеногаситель – Полицем ДФ. Тампонажный цементный раствор готовят на основе следующих компонентов: тампонажный портландцемент сульфатостойкий; отработанная отбельная глина производства моторных масел; понизитель фильтрации (КМЦ); пластификатор – (омыленный хлопковый гудрон); воду или водный раствор ускорителя сроков схватывания – хлорида натрия; пеногаситель. Соотношение компонентов тампонажной смеси приведено ниже. Полученную сухую смесь тщательно перемешивают в емкости (миксере) из нержавеющей стали и готовят к использованию. При этом достигается сокращение технологического времени процесса приготовления и цементирования, снижение количества компонентов в тампонажной смеси, улучшение реологических характеристик тампонажного раствора, снижение проницаемости цементного камня, повышение адгезии тампонажного раствора к металлической поверхности обсадной колонны.

Данный состав обеспечивает значительное снижение водоотдачи тампонажного раствора за счет добавления КМЦ, улучшения пластифицирующих свойств за счет введения в смесь омыленного хлопкового гудрона в мягких условиях, а также улучшения адгезионных свойств и снижения плотности за счет введения отбельной глины производства моторных масел.

Используемые в рецептуре тампонажной смеси компоненты являются доступными и могут применяться при строительстве скважин на жидкие и твердые полезные ископаемые.

Гудрон дистилляции жирных кислот – однородная вязкая масса темно-коричневого или черного цвета. Содержит в своем составе от 52 до 64 % сырых жирных кислот, продукты конденсации и полимеризации госсипола и его превращений. Образуется при вакуумной дистилляции жирных кислот из соапстоков [11].

Карбоксиметилцеллюлоза (натриевая соль) используется как полимер для пенообразователей, для улучшения стойкости пены. Глинистые суспензии на основе карбоксиметилцеллюлозы используются при бурении в газовой, нефтедобывающей промышленности, геологических исследованиях, где она выступает как модификатор вязкости и удерживающий воду агент. Используется в качестве добавки для снижения вязкости и фильтрации буровых растворов [12].

Тампонажный портландцемент – сульфатостойкий для умеренных температур материал, применяемый для цементирования любых нефтяных и газовых скважин. Используется в сложных горно-реологических условиях [13].

Реагент Полицем ДФ – кремнийорганическая композиция на подложке из двуокиси кремния, является пеногасителем тампонажных составов. Оптимальные концентрации реагента в зависимости от термобарических условий составляют 0,1–0,2%. В настоящее время реагент Полицем ДФ положительно зарекомендовал себя при цементировании обсадных колонн на некоторых месторождениях Республики Казахстан [14].

Для приготовления тампонажного раствора в миксер из нержавеющей стали емкостью 1000 см³ загружали компоненты при следующем соотношении, % масс. ч.: тампонажный портландцемент – 70-75; отбеленную глину производства моторных масел 8-10 (ТОО «Компания «Hill».); понизитель фильтрации (КМЦ) – 0,2-0,5; пластификатор – 4-6 (омыленный хлопковый гудрон); воду или водный раствор ускорителя сроков схватывания – хлорида натрия – 6; пеногаситель (Полицем ДФ) 0,1-0,2. Полученную смесь тщательно перемешивали и добавляли расчетное количество воды.

Вместо известных пластификаторов (лигносульфонаты) используется хлопковый гудрон, который омыляется 10%-ным раствором гидроксида натрия. Гудрон обрабатывается щелочным раствором гидроксида натрия при температуре 110°C и времени процесса, равном 2 часам. Это обеспечивает равномерное распределение пластифицирующего агента по всему объему раствора и защиту от коррозии в сильно минерализованной среде.

Отработанная отбеленная глина производства моторных масел в смеси тампонажного портландцемента увеличивает адгезию раствора с поверхностью металла обсадной трубы, что обеспечивает достаточную твердость и уменьшает отслаивание цемента от металла.

Морфологический состав отбеленной глины, после адсорбционной очистки моторного масла показан на рисунке 1. Анализ морфологии отбеленной глины показывает содержание элементов, %: углерод – 14,44; кислород – 45,71; натрий – 0,26; магний – 1,93; алюминий – 1,48; кремний – 8,38; сера – 1,12; калий 0,64; кальций – 25,33; железо – 1,25.

Присутствие углерода, серы в образце отбеленной глины указывает на наличие сероорганических соединений в отработанной глине, которые придают ей спеце-

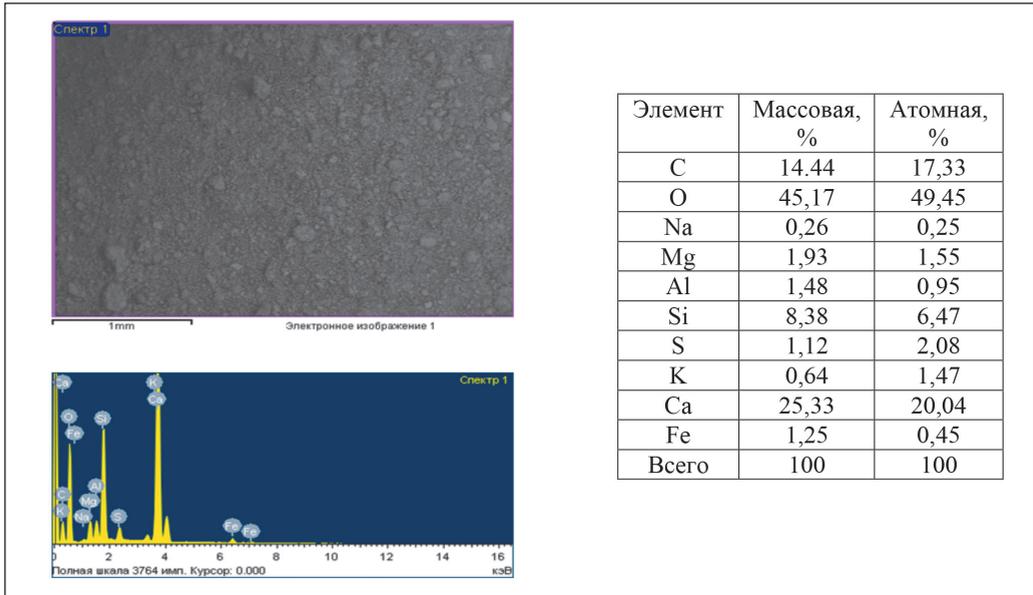


Рисунок 1 – Морфология отбеленной глины после осветления моторного масла

фический запах. Количество щелочноземельных элементов (магний и кальций) составляют, соответственно, 1,9% и до 25,33%. Известно, что в число обменных катионов входят не только ионы Mg^{2+} и Ca^{2+} , но и ионы Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , которые участвуют в обменных процессах при адсорбции [15,16].

Сектральные данные были получены с помощью ИК – спектроскопии на приборе ИК-Фурье-спектрометре Shimadzu IR Prestige-21 в интервале волновых чисел $4000-500\text{ см}^{-1}$, с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) Miracle фирмы Pike Technologies.

ИК – спектры тампонажного раствора марки М-400 представлены на рисунке 2.

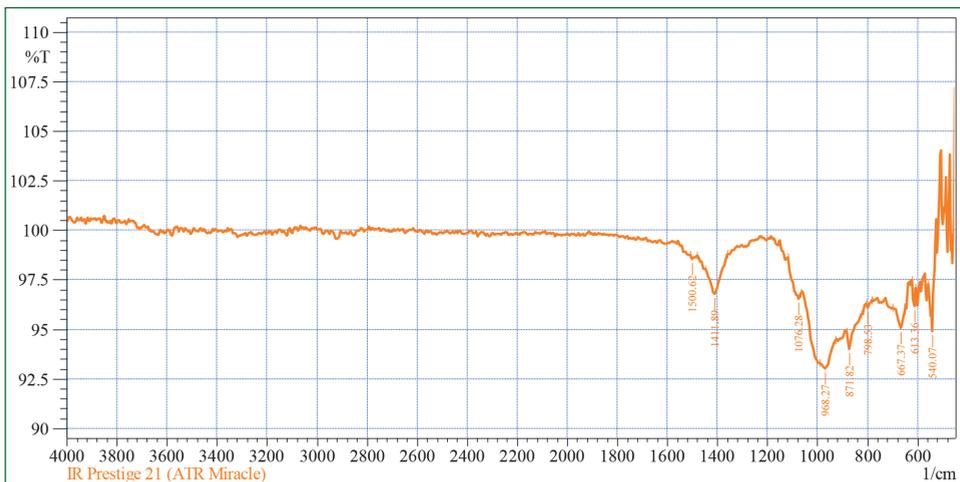


Рисунок 2 – ИК-спектры тампонажного раствора марки М-400

Колебания групп при полосе 110 - 871 см^{-1} можно отнести к ионам CO_3^{2-} солей кальция, широкая полоса до 1400 см^{-1} , начиная от 968 см^{-1} до 1200 см^{-1} по-видимому, относится к группе Si – O. На образце тампонажного раствора других проявлений интенсивности полос после 1600 см^{-1} не обнаруживается [17].

ИК-спектры отбеленной глины после осветления моторного масла, представленные на *рисунке 3*, отличаются от спектра тампонажного раствора марки М-400 рядом полос различной интенсивности, что говорит о наличии в данном образце органических соединений, присутствующих в базовом моторном масле, подвергаемому адсорбционной очистке.

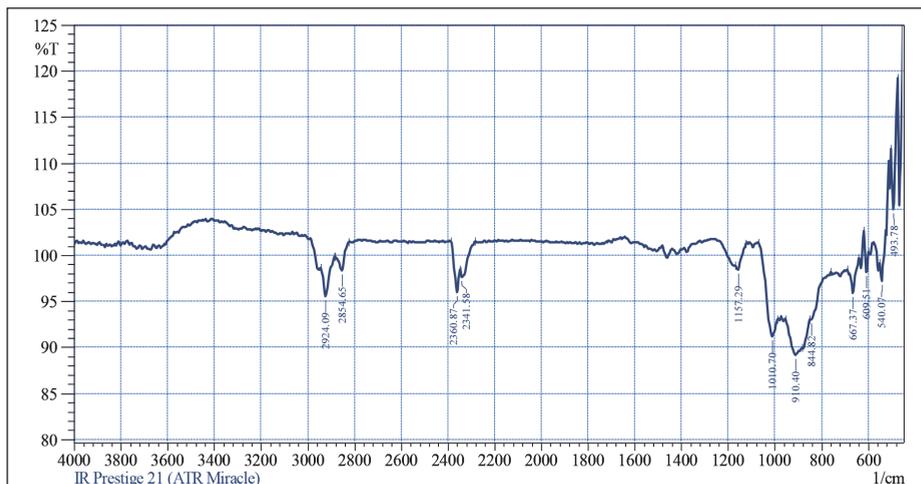


Рисунок 3 – ИК-спектры отбеленной глины после осветления моторного масла

Полосы поглощения в области 2900-2800 см^{-1} с пиками при интенсивности 2924- см^{-1} и 2854 см^{-1} можно отнести к валентным колебаниям групп $-\text{CH}_3$. Деформационные колебания в интервале полос поглощения интенсивностью 600-700 см^{-1} , а также 1100-1150 см^{-1} с некоторой вероятностью можно отнести соответственно к группам $-\text{CH}_2\text{OH}$ и $-\text{OH}$ первичных спиртов, а также фенолов. Валентные колебания гидроксильной группы также наблюдаются при полосах интенсивностью 2924 и 2854 см^{-1} . Сероорганические соединения проявляются при полосах 1076-871 см^{-1} [18].

Заключение и выводы. Таким образом, анализ данных, полученных на основе ИК-спектроскопии показывает, что в отработанной отбеленной глине содержится довольно широкий спектр органических соединений, в том числе соединения серы, а также различные асфальтены и смолы. И, необходимо отметить, что задача утилизации этих отработанных глин является довольно сложной и затратной, требующая специальных технологий.

В *таблице 1* представлены тампонажные смеси растворов различного состава.

Из данных, приведенных в *таблице 1*, видно, что примеры 3 и 4 характеризуют оптимальные, а примеры 5 и 6 – запредельные условия.

Результаты испытаний эффективности предлагаемых составов тампонажного раствора представлены в *таблице 2*.

Таблица 1 – Составы тампонажного раствора (ТР), %.

Номер опыта	Портландцемент сульфатостойкий	Понизитель водоотдачи	Пеногаситель	Отношение вода/цемент	Отработанная глина производства моторных масел
1	100	0,30	0,040	0,6	5,0
2	100	0,35	0,045	0,6	6,0
3	100	0,40	0,050	0,6	7,0
4	100	0,50	0,050	0,6	8,0
5	100	0,60	0,060	0,6	9,0
6	100	0,65	0,055	0,6	10,0
7	100	0,60	0,060	0,6	10,0

Таблица 2 – Показатели эффективности тампонажного раствора в соответствии с его составом

Номер опыта	Плотность, кг/м ³	Растекаемость, мм	Условная водоотдача за 30 мин, см ³	Адгезия, кН	Прочность на сжатие, мПа при P= 25 мПа через 48 ч., 30°C	Время загустевания, мин, при 25 мПа, 30°C	Прочность цементного камня, через 48 ч. при 22°C, мПа	
							изгиб	сжатие
1	1503	250	126,40	42,0	14,96	70-165	2,76	6,40
2	1503	250	120,08	41,5	20,47	70-190	3,26	8,60
3	1520	245	113,76	42,5	17,77	70-200	3,16	9,80
4	1530	240	94,80	44,0	11,91	70-200	2,95	7,87
5	1513	240	94,80	44,0	24,0	100-328	2,80	8,25
6	1500	245	113,12	46,5	21,9	70-210	2,75	7,42
7	1495	245	120,08	45,0	18,27	70-210	3,09	8,18

Следует подчеркнуть, что на практике при цементировании скважин допускается значение водоотдачи, примерно, 50-200 см³ в течение 30 минут [19].

Прочность цемента определяется как прочность схватившегося цементного раствора на растяжение и сжатие. Прочность на сжатие – это, наиболее широко используемый параметр для количественной оценки прочности цемента [19].

Исследования проводились в условиях пластовой воды, которая, как известно, содержит сульфаты натрия и магния, которые в этих условиях будут реагировать с карбонат ионами с образованием сульфатов кальция. Пластовая вода была получена путем отделения ее от сырой нефти путем отстоя. В конечном итоге образуется сульфоалюминат, который вызывает расширение и нарушение целостности цементного камня. Это, главным образом, происходит вследствие того, что частицы сульфоалюмината по размерам больше частиц тампонажного раствора, которые они замещают, что и ведёт к разрушению цементного камня (растрескиванию) [19].

Проведенные в лабораторных условиях испытания показали, что при выдерживании цементного камня в пластовой воде, а также на воздухе в течение 70 суток, снижения прочности на изгиб практически не наблюдалось (рисунки 4).

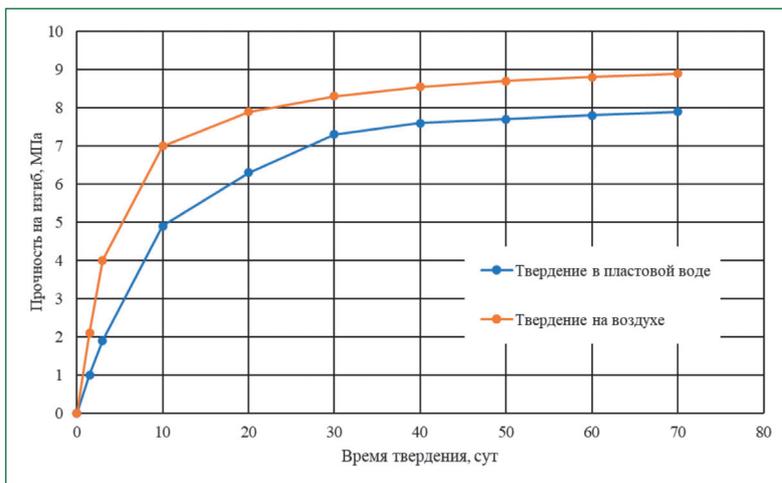


Рисунок 4 – Водостойкость цементного камня, полученного на основе тампонажного раствора

Таким образом, на основании проведенных исследований был предложен тампонажный раствор, включающий тампонажный портландцемент; отбельную глину производства моторных масел (ТОО «Компания «Hill».); понизитель фильтрации (КМЦ); пластификатор (омыленный хлопковый гудрон); пеногаситель (Полицем ДФ), воду или водный раствор ускорителя сроков схватывания - хлорида натрия.

Разработанная тампонажная смесь отличается повышенной адгезией к металлической поверхности обсадной колонны, низкой коррозионной агрессией к металлу колонны, устойчивой прочностью на сжатие и удовлетворительной водоотдачей. Отработанная глина производства моторных масел на основе бентонита является облегчающей добавкой, а органическая часть – асфальтены, смолы и парафины способствуют адгезии и придают пластифицирующие свойства тампонажной смеси. Перечисленные достоинства предложенной тампонажной смеси, а также возможность утилизации отбельной глины производства моторного масла, позволяют рекомендовать ее к применению для крепления обсадной колонны при бурении скважин на жидкие и твердые полезные ископаемые. 🌐

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Moldabaeva G.Zh., Baibotaeva S.E., Nadirov K.S., Zeygman Yu. V., Sadyrbaeva A.S. Reagent preparation for oil treatment and its use in the process of dehydration // Jr. of Industrial Pollution Control. – 2017. – № 33(1). – P.1075-1084.
- 2 Бойко Г.И., Любченко Н.П., Маймаков Т.П., Шайхутдинов Е.М., Оразбекулы Е., Сабдалиева М.К., Игнатович А.В. Химические реагенты для подготовки нефтей к транспорту. Научно-технологическое развитие нефтегазового комплекса: доклады восьмых международных научных Надировских чтений. – Алматы, 2010. - С. 150-155. [Boiko G.I., Lyubchenko N.P., Maimakov T.P., Shaihytdinov E.M., Orazbekuly E., Sabdalieva M.K., Ignatovich A.V. Himicheskie reagenty dlia podgotovki neftei k transportu. Nauchno-technologicheskoe razvitiye neftegazovogo kompleksa: doklady vosmykh mejdunarodnykh nauchnykh Nadirovskikh chtenii. – Almaty, 2010. - S. 150-155].

- 3 Надиров Н.К. Высоковязкие нефти и природные битумы. В 5 т. Т.2. Добыча. Подготовка. Транспортировка. - Алматы: «Гылым», 2001.-344 с. [Nadirov N.K. High viscosity oils and natural bitumens. In 5 volumes. Vol.2. Extraction. Preparation. Transportation. -Almaty: "Gylym", 2001.-344 p.]. [Nadirov N.K. Vysokoviazkie nefiti i prirodnye bitýmy. V 5 t. T.2. Dobycha. Podgotovka. Transportirovka. -Almaty: «Gylym», 2001.-344 s. [Nadirov N.K. High viscosity oils and natural bitumens. In 5 volumes. Vol.2. Extraction. Preparation. Transportation. -Almaty: "Gylym", 2001.-344 p.].]
- 4 Бредихин Н.М. Совершенствование составов, технология получения и применения утяжеленных тампонажных растворов на базе местного сырья. Дисс.... канд. техн. наук. 2001, 25.00.15. Технология бурения и освоения скважин. -136 с. [Bredihin N.M. Sovershenstvovanie sostavov, tehnologiiia polýcheniia i primeneniia útiyajelennyh tamponajnyh rastvorov na baze mestnogo syria. Diss.... kand. tehn. naýk. 2001, 25.00.15. Tehnologiiia býreniia i osvoeniia skvajin. -136 s.]
- 5 Агзамов Ф. А. Долговечность тампонажного камня в коррозионно-активных средах. – СПб: МедИздат, 2005. -317 с. - ISBN 5-94089-040-7. [Agzamov, F. A. Dolgovechnost tamponajnogo kamnia v korrozionno-aktivnyh sredah / F. A. Agzamov, B. S. Izmyhambetov. SPb: MedIzdat, 2005. -317 s. - ISBN 5-94089-040-7.]
- 6 Черныш В.Ф. Ч-497 Технология цементирования обсадных колонн обратной циркуляцией: монография. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. – 164 с. [Chernysh, V. F. Ch-497 Tehnologiiia tsementirovaniia obsadnyh kolonn obratnoi tsirkýlatsiei: monografiia / V. F. Chernysh. – Krasnoiar-sk: Sib. feder. ún-t, 2016. – 164 s.]
- 7 А.С.1758037 СССР. Комплексная добавка для шлакобетонной смеси. Байбулеков А.Б., Турмаханов Н.Т., Надиров К.С., Темиркулов Т.Т., Нурманов Д.Н. Оpubл. 30.08.92. Бюлл. №32. [A.S.1758037 SSSR. Kompleksnaya dobavka dlya shlakobetonnoj smesi. Bajbulekov A.B., Turmahanov N.T., Nadirov K.S., Temirkulov T.T., Nurmanov D.N. Opubl. 30.08.92. Byull. №32.]
- 8 Патент 2705113 RU. Гранулированный магнитный полимер и тампонажная смесь для цементирования обсадных колонн на основе магнитного полимера / Селезнев Д.С., Степанов Г.В., Шуть К.Ф. Оpubл. 05.11.2019. [Patent 2705113 RU. Granulirovannyj magnitnyj polimer i tamponazhnaya smes' dlya cementirovaniya obsadnyh kolonn na osnove magnitnogo polimera / Seleznev D.S., Stepanov G.V., SHut' K.F. Opubl. 05.11.2019.]
- 9 Патент №2215124 РФ. Способ приготовления облегченного тампонажного раствора / Татауров В.Г., Чугаева О.А., Кузнецова О.Г., Фефелов Ю.В., Акулов Б.А., Зуева Н.А., Сажина Е.М. Оpubл. 27.10.2003. [Patent №2215124 RF. Sposob prigotovleniya oblegchennogo tamponazhnogo rastvora / Tataurov V.G., CHugaeva O.A., Kuznecova O.G., Fefelov YU.V., Akulov B.A., Zueva N.A., Sazhina E.M. Opubl. 27.10.2003.]
- 10 Ковалева А. Е. Разработка технологии комплексной очистки отработанных моторных масел Диссертация PhD, 6D072100 – Химическая технология органических веществ. Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауэзова, Шымкент, 2019. - 136 с. [Kovaleva A. E. Razrabotka tehnologii kompleksnoi ochistki otrabotannyh motornyh masel Dissertatsiia RhD, 6D072100 – Himicheskaiia tehnologiiia organicheskikh veestv. Iýjno-Kazahstanski gosityarstvennyi úniversitet imeni M. Aýezova, Shymkent, 2019. – 136 s.]
- 11 Надиров К.С., Сакибаева С.А., Бимбетова Г.Ж. Поверхностно-активные вещества на основе госсиполовой смолы и их использование. - Шымкент: Алем, Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, 2013. – 230 с. [Nadirov K.S., Sakibaeva S.A., Bimbetova G.J. Poverhnostno-aktivnye veestva na osnove gossipolovoi smoly i ih ispolzovanie. - Shymkent: Alem, Iýjno-Kazahstanski gosityarstvennyi úniversitet im. M.Aýezova, 2013. - 230 s.]

- 12 Грей Дж.Р., Дарли Г.С. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей). – М.: Недра, 1985. – С. 472. [Grej Dzh.R., Darli G.S. Sostav i svojstva burovyyh agentov (promyvochnyyh zhidkostey). – M.: Nedra, 1985. – S. 472.]
- 13 ПЦТ I-СС-100 ГОСТ 1581-2029. [PTsT I-SS-100 GOST 1581-2029.]
- 14 ТУ 2228-010-40912231-2003, Axilat DF770DD. [TÝ 2228-010-40912231-2003, Axilat DF770DD.]
- 15 Содикова Ш.А., Махкамова Д.Н., Усмонова З.Т. Bentonитовая глина, ее физико-химическая характеристика и применение в народном хозяйстве // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2019. – № 6 (63). URL: <https://universum.com/ru/tech/archive/item/7515> (дата обращения: 04.08.2023). [Sodikova Sh.A., Mahkamova D.N., Ýsmonova Z.T. Bentonitovaya glina, eë fiziko-himicheskaya harakteristika i primeneniye v narodnom hoziaistve // Universum: tehlicheskie nauki: elektron. nauchn. jýrn. – 2019. – № 6 (63). URL: <https://universum.com/ru/tech/archive/item/7515> (data obraeniia: 04.08.2023).]
- 16 Горюшкин В.В. Технологические свойства бентонитов палеоцена воронежской антеклизы и возможности их изменения // Вестник Воронежского университета. Геология. – 2005. – № 1. – С. 166-177. [Goriýshkin V.V. Tehnologicheskie svoistva bentonitov paleotsena voronejskoi anteklizy i vozmojnosti ih izmeneniia // Vestnik Voronejskogo ýniversiteta. Geologiya. – 2005. – № 1. – S. 166-177.]
- 17 Балыкбаева Г.Т., Тамшыбаев С., Кыргызбаева А. М. ИК – спектры модифицированной бентонитовой глины // Вестник науки и образования. – 2016. – №5 (17). [Электронный ресурс]. URL: <http://scientificjournal.ru/a/106-kh/205-ik-spektry-modifitsirovannoj-bentonitovoj-gliny.html>. [Balykbaeva G. T., Tamshybaev S., Kyrgyzbaeva A. M. IK – spektry modifitsirovannoi bentonitovoi gliny // Vestnik nauki i obrazovaniia – 2016. – №5 (17).. [Elektronnyj resýrs]. URL: <http://scientificjournal.ru/a/106-kh/205-ik-spektry-modifitsirovannoj-bentonitovoj-gliny.html>].
- 18 Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. МГУ им. М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра органической химии. – Москва, 2012. - 55с. [Tarasevich B.N. IK spektry osnovnyh klassov organicheskikh soedinenii. Spravochnye materialy. MGÝ imeni M.V.Lomonosova, himicheskij fakýltet, kafedra organicheskoi himii. Moskva, 2012. - 55s.]
- 19 Дмитриев А.Ю. Основы технологии бурения скважин: учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2008. – 216 с. [Dmitriev A.ý. Osnovy tehnologii býreniia skvajin: ýchebnoe posobie. – Tomsk: TPÝ, 2008. - 216s.]