

GEOLOGIYA-MINERALOGIYA FANLARI / GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES

УДК 622.244

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ
УТЯЖЕЛЕННЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ**

Кобилев Нодирбек Собирович¹- докторант (DSc), доктор философии по техническим наукам (PhD), e-mail: king08@mail.ru

Хамидов Босит Набиевич¹ - доктор технической наук, профессор,
e-mail: khimiyanefti@mail.ru

Шукуров Абдор Шаропович² –начальник заочного отдела, e-mail: abrorshukurov@bk.ru,

Кодиров Сарвар Азаматович³- преподаватель, e-mail: godirov-sarvar@inbox.ru

Хидиров Мусо Кахрамон угли⁴- ассистент, e-mail: xidirovmuso96@gmail.com

¹Институт общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан.

²Университет экономики и педагогики, г. Карши, Узбекистан.

³Каршинская профессиональная школа г. Карши, Узбекистан.

⁴Каршинский инженерно-экономический институт г. Карши, Узбекистан.

***Аннотация.** В статье изучены современное состояние и основные физико-химические свойства утяжеляющих материалов и буровых растворов на их основе для бурения нефтегазовых скважин. Разработаны новые составы утяжеленных буровых растворов с применением нового химического реагента МБР-1 и утяжеляющих материалов.*

***Ключевые слова:** буровой раствор, химический реагент, утяжелитель, барит, состав, скважина, нефть и газ.*

***Abstract.** In the article the modern state and main physic-chemical properties of chemicals and drilling fluids based on them for drilling oil and gas wells have been studied. New receipt of weighted drilling fluids by using new chemical reagent MBR-1 and various weightings have been developed.*

***Keywords:** drilling fluid, chemical reagent, weighting, barite, receipt, well, oil and gas.*

Введение. При утяжелении буровых растворов в процессе бурения нефтегазовых скважин с высокими пластовыми давлениями используются утяжеляющие материалы.

Утяжеленные буровые растворы, применяемые для бурения нефтегазовых скважин, представляют собой многокомпонентные полидисперсные системы, в которых дисперсная фаза представлена глиной (или другой выбуренной породой) и утяжелителем, а дисперсионная среда - водой (с различной степенью минерализации) и водными растворами химических реагентов или жидкостями нефтяного происхождения. Многокомпонентный состав утяжеленного бурового раствора включает воду с различной степенью минерализации как дисперсную среду, в которой распределяются частицы глины, непосредственно сам утяжелитель и растворы различных реагентов, определяющих его свойства и характеристики. Для регулирования реологических и фильтрационных свойств буровых растворов применяются разнообразные химические реагенты в основном зарубежного и отечественного производства, таких как Na-КМЦ, ГиПАН, К-4, ПАА, КССБ, ФХЛС, ASDAPAC, УЩР, графит, хромпик, РВ-СМ, NaOH, Na₂CO₃ и др. Сам по себе утяжелитель бурового раствора – это химически инертный компонент, как правило, представляющий собой взвесь малоабразивных частиц тяжелых минералов [1,2].

Цель применения утяжелителей заключается в сохранении целостности стенок ствола скважины, если работы проводятся в слабосцементированных породах, предотвращения попадания в ствол воды, нефти или газа, а также для снижения нагрузки, действующей

на талевую систему буровой установки. Для достижения необходимого эффекта от использования утяжелителей бурового раствора необходимо рассчитывать его плотность таким образом, чтобы создаваемое в результате давление раствора на стенки скважины на пять-десять процентов превышало пластовое [1,2].

Применение утяжелителя для буровых растворов подразумевает необходимость использования гидросмесителей или мешалок, где в буровой раствор вводится порошок для утяжеления, после чего буровой насос подает раствор в скважину. В качестве материала для утяжеления может выступать доломит, барит, гематит, магнетит или другие компоненты. Выбор конкретного утяжелителя производится исходя из условий проведения работ и требуемого эффекта.

Для очистки утяжеленного бурового раствора в виброситах используются сетки с ячейками размером 5x2 или 5x1 миллиметр, больший размер ячейки не позволит эффективно выделить шлам, а меньший будет захватывать не только частицы шлама, но и утяжелитель. Важным фактором при использовании утяжеленного бурового раствора является его дегазация, в противном случае увеличивается риск его переутяжеления [3,4].

Методы и материалы. В Узбекистане методы контроля параметров буровых растворов регламентированы ГОСТ 33213—2014 (ISO 10414-1:2008) «Контроль параметров буровых растворов в промышленных условиях», в США Американским нефтяным институтом (API) разработаны и постоянно уточняются стандартные методики таких исследований. Они включены в нормы и правила API R.P. 10B и 39 [4,6]. Стандартные методики API в настоящее время получили широкое признание практически во всех странах, поэтому при дальнейшем изложении методов контроля состава и свойств буровых растворов будут учитываться особенности стандартных методик API, включая единицы измерений. Стандартные методики API начинают получать признание и в России [5,6].

Проведены исследования основных физико-химических и физико-механических характеристик сырья. Согласно требованиям ТУ 39-035-74 «Утяжелитель железистый. Технические условия», определяли показатели истинной плотности, содержания влаги, водорастворимых солей, толщины помола, pH водного раствора сырьевых материалов по соответствующим методикам ГОСТ 30240-95, ГОСТ 5382-91, ГОСТ 310.2-76.

Баритовые утяжелители. Барит BaSO_4 (сульфат бария) - минерал, содержащий 65,7% BaO и 34,3% SO_3 , а также примеси: Sr, Ca, Pb, Ra, Fe_2O_3 . Бывает белого, серого, красного и желтого цвета. Плотность его 4,3 - 4,7 г/см³; твердость по шкале Мооса 2,5-3,5.

Железистые утяжелители. Гематит - минерал, содержащий 70% Fe_2O_3 . Цвет от железно-черного до стального - серого; землистые разности имеют ярко-красный цвет. Плотность его 5,0-5,3 г/см³, твердость по шкале Мооса 5-6. Выпускается он в виде порошка плотностью 4,15-4,20 г/см³. Магнетит или магнитный железняк-минерал железных руд. Его химический состав: 31% FeO, 69% Fe_2O_3 . Цвет железно-черный, хрупкий, плотность его 4,9-5,2 г/см³, твердость по шкале Мооса 5,5-6,5, обладает сильными магнитными свойствами. Для утяжеления растворов магнетит применяется в молотом виде плотностью 4,20-4,35 г/см³. Имеет повышенные абразивные свойства.

Карбонатные утяжелители. Доломит - минерал состава Ca, $\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$. Плотность его 2,8-2,9 г/см³, твердость по шкале Мооса 3,5-4,0. Применяется ограничено для утяжеления буровых растворов плотностью до 1,5-1,7 г/см³. Известняк - осадочные породы, состоящие главным образом из кальцита, кремнезема, плотность его 2,70 г/см³. Сидерит (карбонат железа) – минерал содержит от 44 до 93% FeO и от 3 до 55% CaO, а также примеси окислов Ca, Mg, Si, плотность его 3,5-3,8 г/см³.

Галенитовые утяжелители. Галенит - PbS , или свинцовый блеск, содержит 86,6% Pb и 13,4% S. В качестве примесей в галените встречаются медь, серебро, цинк, иногда селен, висмут, железо и др. плотность его 7,4-7,6 г/см³. Твердость по шкале Мооса 2-3. Галенит применяется как утяжелитель для получения сверхтяжелых буровых растворов.

В зависимости от плотности утяжелители подразделяются на три группы, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1

Классификация утяжелителей для получения утяжеленных буровых растворов

Классы	Утяжелители	Плотность, г/см ³	Плотность получаемых буровых растворов, г/см ³
1 группа	(малоколлоидальные) глины, мергель, мел, известняк и др.	До 3,0	1,45
2 группа	Баритовые и железистые утяжелители	3-4,5	До 2,25
3 группа	Соединение свинца и железа	4,5-7,0	2,25 и более

Потребность буровых предприятий АО «Узбекнефтегаз» в баритовом концентрате составляет 30 тыс. т в год. До настоящего времени эта потребность покрывалась за счет импорта, в основном из Казахстана, в объеме до 30 тыс. т в год по цене 165 долл. за тонну на сумму около 5 млн.долл. После издания Постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан №296 от 12 ноября 2009 года «О расширении сырьевой базы барита и увеличении производства баритового концентрата», началось производство баритового концентрата в Узбекистане.

Наиболее значительные запасы барита разведаны на Учкулукском месторождении, однако качество руд по среднему содержанию барита низкое и составляет по участкам от 6-8 % (Центральный, Южный) до 12,26-22,49% (Дальний), что требует при извлечении барита из них и получения баритового концентрата применения дорогостоящего флота - ионного обогащения. Кроме того, основные запасы барита на месторождении разведаны в комплексных барит-свинцовоцинковых рудах, из которых получение барита возможно только при попутной добыче баритсодержащих свинцово-цинковых руд. Освоение запасов барита Учкулукского месторождения возможно только в случае совместной их разработки с запасами свинцово-цинковых руд.

Разведанные в при Ташкентском горнорудном районе Сарыбулакское и Кушрабадское месторождения относятся к месторождениям собственно баритовых руд. Суммарные промышленные запасы баритовых руд месторождений Сарыбулак и Кушрабад составляют 83 тыс.т. Руды этих месторождений отличаются сравнительно высокими качествами, из них возможно получение баритового концентрата без предварительного флотационного обогащения. Суммарные прогнозные ресурсы баритовых руд оцениваются в 190 тыс.т.

Учитывая имеющиеся ресурсы на перспективных рудопрооявлениях Орайлык, Кичик-Арсаган, Каракия, Агата, Гульдурама и важность обеспечения минерально-сырьевой базой барита, проектируется освоение этих месторождений.

В настоящее время на перспективных рудопрооявлениях Орайлык, Агата, Каракия, Гульдурама и Кичик-Арсаган геолого-разведочные работы заканчиваются, и запасы барита утверждены ГК РУз. В настоящее время на рудопрооявлениях барита Арабулак и Тангльдысайского разлома проводятся геологоразведочные работы на поисковой и оценочной стадии.

Проведение геологоразведочных работ поисковой стадии предусматриваются на рудопрооявлениях Каракия, Гульдурама, на которых имеющиеся данные пока не позволяют определить глубину развития баритовой минерализации и ожидаемые запасы.

В целях исполнения требований Постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан № 296 от 12 ноября 2009 года «О расширении сырьевой базы барита и увеличении производства баритового концентрата» и обеспечения потребности в баритовых концентратах буровых предприятий АО «Узбекнефтегаз» создано ООО «Нефтегазминерал» с достаточными производственно-техническими ресурсами.

Железистый утяжелитель (окалина), это переработанный концентрат от отходов черных металлов, содержащий преимущественно оксиды железа (Fe₂O₃). Железистый

утяжелитель (окалина) как корректирующая добавка, вводится в сырьевую смесь для обеспечения повышения плотности раствора, необходимого для достижения требуемого уровня (4,5-5 г/см³).

Результаты и их обсуждение. Для получения сверх утяжеленных буровых растворов нами проведены экспериментальные исследования по изучению физико-химических свойств буровых растворов на основе МБР-1 (многофункциональный буровой реагент) с использованием барита. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2

Технологические параметры утяжеленных буровых растворов на основе МБР-1 и барита

Состав утяжеленного бурового раствора					Технологические параметры				
МБР-1, %	Нефть, %	Вода	Барит масс, ч	NaC 1, %	γ , г/см ³	T ₅₀₀ , сек	V, см ³ /30 мин	K, мм	pH
5	5	остальное	100	-	1,65	60	0-1	0,3	10-11
5	5	остальное	150	-	1,82	102	1-2	0,5	10-11
5	5	остальное	200	-	2,02	260	2-3	0,8	10-11
5	5	остальное	200	15	2,08	138	4-5	0,8	8-9
Нагрев при 100 ⁰ С на 2 часа					2,08	65	5-6	0,8	8-9

Из таблицы 2 видно, что полученные утяжелённые буровые растворы на основе МБР-1 с баритом, приготовленного на пресной и соляной воде дают возможность получать буровые растворы плотностью от 1,65 до 2,08 г/см³ и водоотдачей в пределах 1-6 см³/30 мин.

Далее приводятся зависимости физико-химических свойств на основе химического реагента МБР-1 от содержания гематита и барита.

Полученные экспериментальные данные показывают, что утяжелители окалина, гематит и барит может быть использованы для получения сверх утяжеленных буровых растворов, такие технологические данные утяжеленных буровых растворов позволяют применять их в процессе бурения и вскрытии в сложных геологических условиях нефтегазовых скважин с аномально высоким пластовым давлением.

Учитывая, что гематит и барит имеют высокие плотности, для получения сверх утяжеленных буровых растворов нами проведены экспериментальные исследования по изучению физико-химических свойств буровых растворов на основе модельного химического реагента, в качестве основы – МБР-1, с использованием гематита и барита. Результаты экспериментальных исследований и зависимости физико-химических свойств буровых растворов от содержания барита приведены на рисунке 1.

Из рис. 1 видно, что при утяжелении бурового раствора гематитом до 70-72% плотность раствора увеличивается до 2,4-2,50 г/см³, а СНС находится в пределах 55-60 мгс/см². Значения водоотдачи почти не меняются и составляют 5-6 см³/30 мин и водородный показатель 11. При добавлении баритовых утяжелителей в количестве 60-65% плотность раствора 2,1-2,2 г/см³, при этом условная вязкость бурового раствора составляет 100-110 сек по вискозиметру СПВ-5 и СНС раствора составляет 62-64 мгс/см² за 10 мин. Водоотдача раствора 5-6 см³/30 мин и водородный показатель 10-11.

Структурообразующие свойства утяжелителей зависят от степени их дисперсности. Повышенная степень дисперсности утяжелителей связана с увеличением в их составе коллоидных частиц, что приводит к росту их гидрофильной способности. Как известно, наличие в рудах глинистых минералов характеризуется присутствием гидроокисей кремнезема (SiO₂) и алюминия (Al₂O₃).

Необходимо отметить, что тип и количество твердой фазы, присутствующей в растворе, определяют параметры бурового раствора: плотность, вязкость, прочность геля, качество фильтрационной корки, водоотдачу и другие химические и механические свойства.

Выбуренная порода в растворе и ее объемы оказывают влияние на стоимость скважины через скорость проходки, гидравлику, объемы разбавления для поддержания плотности, повышенный коэффициент трения бурильного инструмента, дифференциальные прихваты, потерю циркуляции, сальники на КНБК, повышенный износ бурового оборудования и инструмента и т.д.

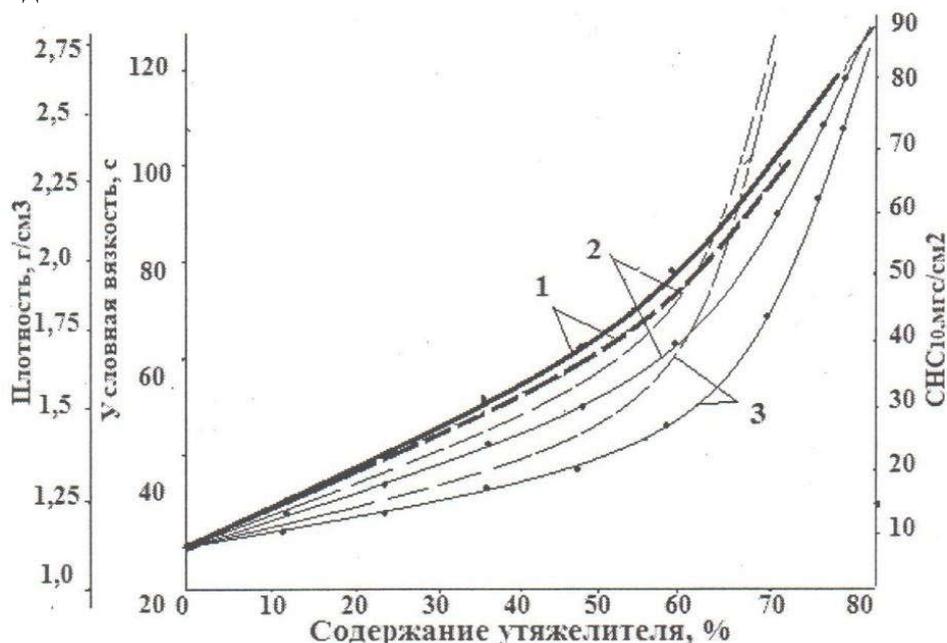


Рис 1. Зависимость плотности (1), вязкости (2) и $CHCl_3$ (3) буровых растворов на основе химического реагента МБР-1 от содержания гематита и барита:
 — гематит; ----- барит.

При разработке новых химических реагентов типа МБР нами использовались местные сырьевые ресурсы, отходы масложировых производств и отходы цветной металлургии. Химический реагент МБР-1 обладает высокой смазывающей способностью за счет содержания в своем составе около 35-40 % полимеризованных жирных кислот, пигмента, глицерина и других компонентов которые служат для эмульгирования нефти с водой. В качестве стабилизатора мы использовали Na-КМЦ. Для получения соленасыщенных утяжеленных буровых растворов добавляется от 15 до 25% технической соли хлорид натрия от общего объема раствора. Исследования показывают, что самым стабильным утяжелителем является глина, но ее утяжеляющая способность незначительна: 1,3-1,4 г/см³. С целью дальнейшего получения более утяжеленных буровых растворов были выбраны утяжелители по максимальной утяжеляющей способности - гематит до 2,3 г/см³, окалина до 2,25 г/см³, барит до 2,15 г/см³.

Выводы. Таким образом, приходим к выводу, что можно получать утяжеленные буровые растворы с применением утяжеляющих (баритовые, железистые, галенитовые, карбонатные) материалов на основе местного сырья и химического реагента МБР-1 с использованием минерализованных пластовых вод. Результаты исследования показывают, что при получении буровых растворов эти материалы проявляют утяжеляющие, смазывающие и стабилизирующие свойства и позволяют получать буровые растворы с высокой плотностью, применяющихся при бурении нефтегазовых скважин с аномально высоким пластовым давлением.

Литература

1. Кобиров Н.С. Разработка композиционных химических реагентов для утяжеленных буровых растворов, применяемых при бурении нефтегазовых скважин. Диссертация на соискание доктора философии по техническим наукам. Ташкент - 2017.
2. Булатов А.И., Макаренко П.П., Проселков Ю.М. Буровые промывочные и тампонажные растворы: Учеб.пособие для вузов. – М.: ОАО «Издательство «Недра», 1999. –424 с.
3. Кобиров Н.С., Суяров М.Т. Современное состояние утяжеляющих органоминеральных ингредиентов для получения утяжеленных буровых растворов, применяющихся при бурении нефтегазовых скважин. РНТК., 225-229 ст., Карши, 2020.
4. Reyn Saenn., HCH Darley. George R. Gray. 2017. Composition and properties of drilling and completion fluids. Seventh edition. Elsevier. Amsterdam.
5. Булатов А.И., Макаренко П.П., Проселков Ю.М. Буровые промывочные и тампонажные растворы: Учеб. пособие для вузов. – М.: «Недра», 1999. –424 с.
6. ANSI/API 13b-1. 2017. Fifth edition Recommended Practice for Field Testing Water-based Drilling Fluids. USA.