



УДК 622.24.063

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ



### PROSPECTS FOR THE USE OF DRILLING FLUIDS BASED ON BIOPOLYMER SYSTEMS

**Поварова Лариса Валерьевна**

кандидат химических наук, доцент,  
доцент кафедры химии,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
larispv08@gmail.com

**Мунтян Валерия Сергеевна**

студентка института Нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
leramunya77@mail.ru

**Скиба Анна Сергеевна**

студентка института  
Нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
anya.ivanova.25@mail.ru

**Аннотация.** Проведен анализ результатов применения в процессе бурения в широком спектре условий растворов безглинистых биополимеров, в том числе с малым содержанием твёрдой фазы. Учитывая результаты промысловых исследований, безглинистые или с малым содержанием твёрдой фазы биополимерные системы могут быть рекомендованный в качестве перспективных добавок в буровые растворы.

**Ключевые слова:** безглинистые буровые растворы; утяжелённые буровые растворы; биополимеры; безглинистые полимерные растворы; ВНСС – высокая вязкость раствора при низких скоростях сдвига.

**Povarova Larisa Valeryevna**

Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of chemistry department,  
Kuban state technological university  
larispv08@gmail.com

**Muntian Valeria Sergeevna**

Student of Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban state technological university  
leramunya77@mail.ru

**Skiba Anna Sergeevna**

Student of Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban state technological university  
anya.ivanova.25@mail.ru

**Annotation.** The analysis of the results of the use of clay-free biopolymer solutions in a wide range of conditions. Taking into account the results of field studies, we can say that biological fluids can be recommended as drilling fluids.

**Keywords:** clay-free drilling fluids; weighted drilling fluids; biopolymers; clay-free polymer fluids; VNSS – high viscosity of the fluid at low shear rates.

**А**нализ показателей бурения скважин на северных территориях показал, что одним из наиболее важных вопросов совершенствования технологии промывки скважин является разработка и рациональное применение совершенных систем буровых растворов, предотвращающих осложнения, возникающие при бурении скважин.

Рассмотрим преимущества использования биополимерных систем при бурении скважин.

В качестве основного компонента безглинистых буровых растворов чаще всего используются биополимеры, относящиеся к модифицированным гетерополисахаридам, образующимся в результате воздействия бактерий рода *Xanthomonas Campestris* (ХС) на глюкозы. Биополимеры типа ХС выпускаются под различными фирменными наименованиями: кельцан, полимер-ХС, актигум-КС, ксантан, ТНО-Т и др. в различных странах.

С точки зрения химического строения, биополимеры представляют собой углеводородную цепь, содержащую фрагменты D-глюкозы, D-маннозы, D-глюкуроновой кислоты с боковой цепью. В макромолекулах биополимера содержатся карбоксильные, карбонильные, гидроксильные группы, поэтому они обладают способностью образовывать комплексные соединения. Эта особенность используется для придания тиксотропных свойств водным растворам биополимеров и снижения их фильтрации.

Тиксотропные свойства обуславливают способность водных растворов уменьшать вязкость от механического воздействия и увеличивать вязкость в состоянии покоя.

Биополимеры выгодно отличаются от других полимеров, применяемых в бурении. Они характеризуются высокой загущающей способностью, а их растворы обладают выраженными псевдопластичными свойствами, при малой концентрации полимера и устойчивостью к солям. Реологические свойства растворов полимеров сохраняются в присутствии солей и органических кислот.



Применение безглинистых полимерных растворов, а также полимер-глинистых растворов с малым содержанием твёрдой фазы стало возможным благодаря использованию биополимеров.

В производственных буровых организациях проведено широкое промышленное испытание шлам-лигнина в качестве материала для получения буровых и тампонажных растворов. Результаты их использования при бурении скважин, в том числе имеющих в разрезе соленосные и неустойчивые глинистые отложения, склонные к набуханию, осыпям и обвалам, показали высокие результаты. Данный полимерный материал разработан на основе многотоннажных отходов ЦБК и может быть использован как:

- основной компонент буровых растворов, заменяющий солевые и глинопорошки;
- универсальный реагент для регулирования технологических свойств растворов на пресной, морской воде, а также при полном насыщении хлористым натрием;
- композиционная добавка для получения тампонажных растворов и изолирующих смесей для изоляции зон поглощения; для получения аэрированных растворов и пен; активный коагулирующий компонент.

Буровые растворы с использованием шлам-лигнина успешно испытаны в различных горно-геологических условиях бурения: Восточная Сибирь, Якутия, Оренбургская область и др.

Шлам-лигнин применяется в виде 5–15 % щелочного раствора, а также в порошкообразном состоянии. Однако в последнее время БЦБК прекратил выпуск шлам-лигнина. В связи с этим был разработан новый биополимерный утяжелённый раствор с использованием биополимера ТНО-Т.

ТНО-Т – это высококачественный биополимер (ксантановая смола) высокой степени очистки. Он представляет собой природный высоковетвистый полисахарид с исключительно высокой молекулярной массой. Основной компонент системы (ТНО-Т) обеспечивает требуемые реологические свойства раствора, улучшает удерживающие и выносящие свойства. Использование этих биополимеров позволяет получить промывочную жидкость с минимальной пластической вязкостью и хрупким прочным гелем. Одновременно биополимер обеспечивает высокие показатели динамической вязкости и высокой вязкости раствора при низких скоростях сдвига (ВНСС), снижая при этом зону вторжения раствора и фильтрата в пласт и существенно улучшая удерживающие и выносящие способности раствора. Он намного эффективнее реагентов группы карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и полианионной целлюлозы (ПАЦ), полностью биоразложим, растворим в кислотах при температуре, растворах гипохлоритов, энзимов.

ТНО-Т (биополимер) отличается высокой гибкостью в выборе плотности раствора и возможностью приготовления растворов плотностью вплоть до 1,60 г/см<sup>3</sup>, без использования утяжелителей типа барита. Плотность растворов на основе пресной воды составляет от 1,03 до 1,06 г/см<sup>3</sup>, минерализованных растворов – до 1,60 г/см<sup>3</sup>.

Раствор может быть утяжелён в любой момент увеличением концентрации соли, при этом требуется лишь незначительная добавка полимера для регулирования реологических и фильтрационных свойств.

Утяжелённые растворы для бурения – представляют собой химически инертные малообразивные тяжёлые композиции, используемые для увеличения плотности буровых растворов.

Исследования показали, что безглинистая, не содержащая активной твёрдой фазы полимерная система идеально удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к промывочным жидкостям – она обладает уникальными удерживающими и выносящими способностями, прекрасными смазывающими свойствами, максимально защищает ПЗП, полностью биоразложима и экологически безопасна.

Особенностями биополимерной системы, отличающими её от других безглинистых полимерных систем являются:

- высокая стабильность реологических и фильтрационных свойств;
- удерживающие и выносящие способности, обеспечивающие высокое качество очистки скважины от выбуренного шлама;
- низкие потери давления, позволяющие оптимизировать гидравлическую мощность, передаваемую на забойный двигатель и долото, особенно при бурении стволов малого диаметра;
- высокие смазывающие способности, снижающие вероятность возникновения дифференциальных прихватов и затяжек инструмента, а также увеличивающие долговечность долот и забойных двигателей;
- прекрасные фильтрационные характеристики благодаря тонкой плотной фильтрационной корке;
- возможность полного разрушения и удаления остатков раствора с забоя скважины с использованием кислоты, энзимов или окислителей.
- экологическую безопасность.

Биополимерная система отличается высокой гибкостью в выборе плотности раствора, как на пресной, так и на минерализованной основах.

Диапазон плотностей растворов составляет:

- 1,03–1,06 г/см<sup>3</sup> – растворы на основе пресной воды;
- 1,05–1,20 г/см<sup>3</sup> – на основе хлорида калия или натрия;
- 1,20–1,40 г/см<sup>3</sup> – на основе хлорида кальция.



Плотность раствора может быть увеличена или уменьшена. При этом потребуются незначительная доработка полимерами для регулирования реологических и фильтрационных свойств.

В качестве добавок к буровым растворами широко применяются модифицированный крахмал и карбонат кальция.

Модифицированный крахмал служит для снижения водоотдачи. В отличие от других реагентов, понижающих водоотдачу (КМЦ, обычный крахмал, ПАЦ) он не оказывает негативного влияния на ВНСС. Синергетически взаимодействует с кольматантом для снижения водоотдачи и проницаемости фильтрационной корки. Полностью разложим, растворим в кислотах и в растворах гипохлоритов.

Карбонат кальция (молотый известняк, мрамор) используется как кольматант, для формирования тонкой плотной фильтрационной корки. Предназначен для предотвращения проникновения фильтрата раствора и мелкодисперсного шлама в поровое пространство коллектора. Кольматация скважин необходима для предотвращения разрушения зоны, непосредственно прилегающей к скважине.

Рассмотрим рецептуры буровых растворов, которые содержат биополимеры добавки.

Безглинистый ингибированный биополимерный буровой раствор для бурения подсолевых отложений. Рекомендуемый тип бурового раствора: под направление и кондуктор. По проекту буровой раствор приготовлен на основе шлам-лигнина.

Рекомендуемая рецептура бурового раствора.

Состав: глина – 10–12 %; водный раствор кальцинированной соды – 2–3 %.

Рекомендуемый тип бурового раствора: под промежуточные колонны.

Рекомендуемая рецептура бурового раствора.

По проекту буровой раствор приготовлен на основе биополимера «ТНО-Т».

Состав: биополимер «ТНО-Т» – 0,2–0,3 %; крахмал «МК-Грин» – 0,5–1,0 %; КМЦ 0,5–1,0 %; NaCl 25–26 %.

Показатели рекомендуемого бурового раствора:

- плотность – 1,05–1,16 г/см<sup>3</sup>;
- условная вязкость – 35–60 с;
- фильтрация – 5–10 см за 30 минут;
- статическое напряжение сдвига СНС-2 – 5-10/6-11 дПа через 1 и 10 минут;
- корка – до 1 мм;
- суточный отстой – 0 %;
- коэффициент липкости (допустимый для вертикальных скважин 0,250–0,350) – 0,120–0,140;
- пластическая вязкость по ВСН-3 – 40–60 мПа · с;
- динамическое напряжение сдвига – 100–130 дПа.

Состав бурового раствора под эксплуатационную колонну:

Биополимеры (ТНО-Т) – 0,2–0,3 %; КМЦ 1–2 %; мел – 80 %.

Далее для вскрытия продуктивных пластов необходимо снизить плотность раствора до необходимой величины.

На основании анализа научных публикаций и результатов промысловых исследований выявлены факторы, приводящие к снижению эффективности работ при бурении глинистых пород.

Установлено, что глинистые породы венд-кембрия относятся к ненабухающим аргиллитам, поэтому осложнения в случае их бурения с использованием водных растворов (даже ингибирующих), происходят за счёт их механического разрушения и осмотических перетоков.

Анализ данных по применению в процессе бурения в широком спектре условий растворов безглинистых биополимеров, в том числе с малым содержанием твёрдой фазы (или биополимерных по механизму действия, ингибирующим свойствам, реологическим характеристикам и экономичности), с учётом промыслового опыта позволят рекомендовать безглинистые или с малым содержанием твёрдой фазы биополимерные системы в качестве перспективных добавок в буровые растворы.

Установлено, что применение биополимерных систем стабилизирует реологические и фильтрационные свойства, удерживающие и выносящие способности, обеспечивающие высокое качество очистки скважин от выбуренного шлама.

Биополимерная система экологически безопасна.

Приведены рецептуры буровых растворов на основе высокоэффективных химических реагентов, применение которых позволит обеспечивать устойчивость глинистых пород при бурении скважин.

Показано, что применение биополимерных систем позволит сократить затраты на возникающие осложнения при бурении.

## Литература

1. Булатов А.И. Буровые и тампонажные растворы для строительства нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 452 с.
2. Булатов А.И., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.



3. Булатов А.И., Савенок О.В., Рахматуллин Д.В. Drilling Fluids Engineering Manual в 4-х томах. – Уфа : ООО «Первая типография», 2019. – Т. 1–4.
4. Третьяк А.Я., Савенок О.В., Рыбальченко Ю.М. Буровые промывочные жидкости : учебное пособие. – Новочеркасск : Лик, 2014. – 374 с.
5. Загвоздин И.В., Каменских С.В. Исследование влияния параметров буровых растворов на вероятность возникновения дифференциальных прихватов // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 3. – С. 97–103.
6. Мартель А.С., Моренов В.А., Леушева Е.Л. Исследование составов буровых растворов для бурения глинистых пород и предупреждения сальникообразования // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 3. – С. 170–176.
7. Поварова Л.В. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 112–122.
8. Поварова Л.В., Кусов Г.В. Нормативно-техническое регулирование экологической безопасности в нефтегазовой отрасли // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 195–216.
9. Поварова Л.В. Рациональное использование производственных сточных вод // Актуальные вопросы охраны окружающей среды: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции (17–19 сентября 2018 года, Белгород). Секция 2. Очистка природных и сточных вод. – Белгород : Издательство Белгородского государственного технологического университета, 2018. – С. 160–167.
10. Савенок О.В., Поварова Л.В., Аванесов А.С. Исследование результатов эксплуатации горизонтальных скважин, эффективности бурения боковых стволов и работ по их углублению на Вынгапуровском месторождении // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – С. 139–145.
11. Савенок О.В., Поварова Л.В., Даниелян Г.Г. Технологическая эффективность геолого-технических мероприятий, применяемых на вынгапуровском месторождении // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – С. 152–156.
12. Савенок О.В., Поварова Л.В., Скиба А.С. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 164–167.
13. Савенок О.В., Поварова Л.В., Мунтян В.С. Анализ способов борьбы со снижением продуктивности скважин на месторождениях Западной Сибири // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 168–173.
14. Булатов А.И., Савенок О.В. Буровые и тампонажные растворы для строительства нефтяных и газовых скважин. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620659. Заявка № 2014620266. Дата поступления 12 марта 2014 г. Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 08 мая 2014 г.

## References

1. Bulatov A.I. Drilling and plugging solutions for construction of oil and gas wells. – Krasnodar : Enlightenment-South LLC, 2011. – 452 p.
2. Bulatov A.I., Voloshchenko E.Y., Kusov G.V., Savenok O.V. Ecology in Oil and Gas Well Construction : a textbook for university students. – Krasnodar : Enlightenment-South LLC, 2011. – 603 p.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V., Rachmatullin D.V. Drilling Fluids Engineering Manual in 4 volumes. – Ufa : «First Printing House» LLC, 2019. – Vol. 1–4.
4. Tretiak A.Ya., Savenok O.V., Rybalchenko Yu.M. Drilling Fluids: a training manual. – Novocherkassk : Leek, 2014. – 374 p.
5. Zagvozdin I.V., Kamenskikh S.V. Investigation of the influence of the drilling fluid parameters on the probability of the differential clamps appearance // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 3. – P. 97–103.
6. Martel A.S., Morenov V.A., Leusheva E.L. Investigation of the drilling mud compositions for the clayey rock drilling and saline formation prevention // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 3. – P. 170–176.
7. Povarova L.V. Ecological risks connected with oil fields exploitation // Science. Technique. Technologies (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2018. – № 2. – P. 112–122.
8. Povarova L.V., Kusov G.V. Normative and technical regulation of an ecological safety in oil and gas industry // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2018. – № 4. – P. 195–216.
9. Povarova L.V. Rational use of industrial waste waters // Actual questions of environment protection: collection of reports of All-Russian scientific and technical conference (17–19 September 2018, Belgorod). Section 2. Purification of natural and waste waters. – Belgorod : Belgorod State University of Technology Publishing House, 2018. – P. 160–167.
10. Savenok O.V., Povarova L.V., Avanesov A.S. Investigation of the horizontal wells operation results, the lateral drilling efficiency and the works on their deepening at Vyngapurovskoe field // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 2. – P. 139–145.
11. Savenok O.V., Povarova L.V., Danielyan G.G. Technological efficiency of the geological and technical measures applied at the Vyngapurovskoye field // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 2. – P. 152–156.
12. Savenok O.V., Povarova L.V., Skiba A.S. Operation peculiarities of the producing wells in Western Siberia // Bulatovskie readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 164–167.
13. Savenok O.V., Povarova L.V., Munt'yan V.S. Analysis of the ways of struggle against decrease in productivity of wells at the fields of Western Siberia // Bulatovskie readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 168–173.
14. Bulatov A.I., Savenok O.V. Drilling and plugging solutions for the oil and gas wells construction. Certificate of state registration of database № 2014620659. Application № 2014620266. Date of entry 12 March 2014. Date of state registration in the Register of Databases 08 May 2014.