

УДК ДК 622.24.063

DOI: 10.31660/0445-0108-2024-6-115-126

К вопросу о перспективах применения сапропелевых растворов при бурении и ремонте нефтяных и газовых скважин

Д. С. Леонтьев*, А. Ф. Семенов

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

**leontevds@tyuiu.ru*

Аннотация. Западная Сибирь содержит, помимо значительных запасов нефти и газа, огромные ресурсы сапропеля и торфа, которые составляют примерно 40 % от мировых. В международной практике имеется положительный опыт применения буровых и тампонажных растворов с добавкой сапропеля при строительстве скважин.

Цель работы — исследовать влияние сапропелей на свойства буровых и тампонажных растворов.

Для достижения цели нами, с использованием экспериментального метода, были проведены лабораторные исследования по изучению влияния сапропелей на свойства буровых и тампонажных растворов. В результате чего выяснено, что сапропель можно использовать в буровых растворах в качестве утяжелителя, загустителя, ингибитора коррозии, бактерицида, стабилизатора глин, смазывающей добавки. Рассчитаны плотность разработанных сапропелевых буровых растворов, пластическая вязкость, водоотдача. Оценены перспективы применения сапропелей в производстве.

По мнению авторов, в Западной Сибири исследования сапропелей в области бурения и ремонта скважин изучены крайне слабо, чем и обуславливается необходимость их дальнейшего развития. На основании рассмотренных научных трудов предшественников и лабораторных исследований нами разработан эффективный способ строительства скважин в условиях аномально-низкого пластового давления, который должен способствовать оптимизации технологии бурения в Западной Сибири. В этом и заключается практическая значимость работы.

Ключевые слова: сапропель, буровые растворы, тампонажные растворы, бурение скважин, строительство скважин в условиях АНПД

Для цитирования: Леонтьев, Д. С. К вопросу о перспективах применения сапропелевых растворов при бурении и ремонте нефтяных и газовых скважин / Д. С. Леонтьев, А. Ф. Семенов. – DOI 10.31660/0445-0108-2024-6-115-126 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2024. – № 6. – С.115–126.

On the prospects of using sapropel solutions in drilling and repairing oil and gas wells

Dmitry S. Leontiev*, Anastasia F. Semenenko

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

**leontevds@tyuiu.ru*

Abstract. Western Siberia, in addition to its significant oil and gas reserves, also has huge resources of sapropel and peat, which are estimated at 40 % of the world's total. In world practice,

there is a positive experience with using drilling and plugging fluids that incorporate sapropel additives in well construction.

The aim of this article is to investigate the impact of sapropel on the properties of drilling and plugging fluids.

To achieve this goal, we conducted laboratory studies using experimental methods to examine the effects of sapropel on the properties of drilling and plugging fluids. Our results indicate that sapropel can serve various roles in drilling fluids. These roles are weighting agent, thickener, corrosion inhibitor, biocide, clay stabilizer, and lubricating additive. We calculated the density of the developed sapropel drilling fluids, plastic viscosity, and fluid loss. Also, we assessed the prospects for using sapropel in production.

The authors believe that the research of sapropels in drilling and well repair in Western Siberia has been studied extremely poorly. This is the reason for the need for further exploration in this area. Based on the the scientific works reviewed and laboratory research, we have developed an effective method for constructing wells under abnormally low reservoir pressure. This method should help to optimize drilling technology in Western Siberia. This is the importance of the practical significance of our article.

Keywords: sapropel, drilling fluids, plugging fluids, well drilling, well construction under conditions of abnormally low pressure

For citation: Leontiev, D. S., Semenenko, A. F. (2024). On the prospects of using sapropel solutions in drilling and repairing oil and gas wells. *Oil and Gas Studies*, (6), pp. 115-126. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2024-6-115-126

Введение

Согласно Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года топливно-энергетический комплекс России включает нефтегазовую, угольную и торфяную отрасли, а также теплоснабжение и электроэнергетику [1].

В настоящее время в региональных топливно-энергетических балансах такие виды топлива как торф, отходы сельского хозяйства и лесной промышленности занимают незначительное место [1].

Западная Сибирь содержит, помимо крупных запасов нефти и газа, колоссальные ресурсы сапропеля и торфа, которые оценены как 40 % от мировых [2].

На рассматриваемой территории идут процессы болотообразования, и по статистике [2, 3] ежегодное накопление торфа составляет около 10 млн тонн в год. Сапропели здесь представлены двумя типами: образующиеся как самостоятельные озерные и как располагающиеся под залежами торфа. Ресурсы сапропелей только юга Западной Сибири составляют около 650 млн тонн [2, 3].

Внешне сапропели похожи на желеобразную массу, консистенция которой приближается к «сметанной» преимущественно в верхних слоях и становится более плотной в нижних. Сапропели почти не имеют запаха [4], однако существуют некоторые разновидности с запахом сероводорода. Цвет сапропелей зависит от состава их минеральных примесей и органического вещества. Так, бурый, коричневый цвет обусловлен наличием гуминовых веществ; зеленый, темно-оливковый — кремнекислот и хлорофилла;

розовый — каротина; темно-серый — карбонатов; голубой — закислого фосфорнокислого железа или марганца [4].

В 2016 году в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тюменский индустриальный университет» (ТИУ) была опубликована обзорная статья [5], в которой рассматривался белорусский опыт применения сапропелей в качестве структурообразующих добавок в буровых растворах, использование сапропелевых растворов в качестве эмульсий, буферных жидкостей, а также в качестве добавки в тампонажные растворы.

В 80-х годах XX века И. И. Лиштваном был сделан вывод о том, что добавление даже небольшого объема сапропелей в глинистые растворы благоприятно сказывается на их структурно-реологических и технологических свойствах. Впоследствии Белорусская геолого-разведочная экспедиция Управления геологии БССР впервые провела испытания естественных дисперсий сапропелей в качестве буровых растворов [5, 6].

Под руководством В. К. Галабурды в Белорусском научно-исследовательском геологоразведочном институте (в настоящее время — Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт») были разработаны рецептуры цементно-торфяных и цементно-сапропелевых растворов. Добавление в состав цементных растворов сапропелей и торфа дает возможность получить облегченные тампонажные растворы, пригодные для цементирования в условиях аномально-низких пластовых давлений. Добавление сапропелей и торфа различной плотности позволяет регулировать плотность тампонажных растворов в довольно широких пределах. Им было отмечено, что тампонажные цементы при водозатворении в первый момент дают коагуляционно-кристаллизационные структуры небольшой прочности. В дальнейшем в результате срастания и твердения цементных частиц прочность кристаллизационной структуры нарастает, тем самым образуется прочный цементный камень [6, 7].

Также ученым разработан защищенный авторским свидетельством № 876960 [8] тампонажный раствор, который относится к облегченным тампонажным растворам для крепления нефтяных и газовых скважин в условиях пластовых давлений близких к гидростатическому. Цель изобретения — снижение сроков схватывания и увеличения прочности сформированного цементного камня.

Предложенный В. К. Галабурдой тампонажный раствор содержит следующие ингредиенты, вес. ч.: портландцемент — 51,6–46,4; сапропель — 24,2–26,8; вода — остальное. Сапропель применяется в качестве облегчающей добавки.

Отметим, что в 1984 году в Белоруссии была защищена кандидатская диссертация на тему «Структурообразование в водных дисперсиях сапропелей и составы буровых растворов на их основе» (автор

И. В. Косаревич) [9], в которой было исследовано влияние дисперсности и концентрации твердой фазы на структурно-реологические свойства дисперсий сапропелей различных генетических типов.

Лабораторные исследования реологических свойств буровых растворов на основе торфа, сапропелей и торфосапропелей позволили разработать рекомендации по применению гуматов в качестве дисперсной фазы для буровых растворов.

В 1986 году в журнале «Нефтяное хозяйство» была опубликована научная статья [10], в которой изложены результаты исследования кольматирующей способности сапропелевых дисперсных систем и процессов восстановления проницаемости закольматированных сапропелевым веществом пористых образцов путем физико-химического воздействия, а также приведены результаты анализа промысловых данных по испытанию продуктивных пластов, вскрытых с использованием сапропелевого раствора. Для исследований авторами были выбраны суспензии различных типов сапропелей. Для сравнения ими изучались глинистые суспензии на основе иджеванского бентонита.

По результатам экспериментов был сделан следующий вывод: анализ характера воздействия сапропелевых буровых растворов на пористые образцы различной начальной проницаемости показывает, что проницаемость их резко уменьшается, иногда до полного прекращения фильтрации через породу. В то же время четко прослеживается обратная зависимость степени кольматации от начальной проницаемости образцов. По своему кольматирующему действию на проницаемые породы сапропелевые растворы либо не уступают бентонитовым суспензиям, либо их воздействие несколько ниже.

Антифильтрационные свойства сапропелевых растворов связаны с кольматирующей способностью их органического вещества. Это прежде всего доказывается тем, что сапропелевые суспензии аналогично глинистым растворам, обработанным углещелочным реагентом, образуют на границе с пористой средой малопроницаемые осадки. При этом частицы натриевых солей гуминовых кислот сапропелей выполняют роль активных клеев, связывают и уплотняют минеральные и органические частицы сапропелей, нерастворимые в щелочах, и образуют таким образом плотную малопроницаемую корку. Немаловажное значение имеет присутствие в растворе глинистых частиц, особенно бентонитовых. В результате обменной адсорбции происходит их поглощение осадком глины с образованием органоминеральных комплексов, что также снижает проницаемость фильтрационной корки вследствие кольматации пор органоминеральными частицами. Как показали лабораторные исследования, сапропелевые суспензии образуют на фильтре малопроницаемые корки, фильтрация воды через которые не превышает $1,1 \cdot 10^{-3}$ см³/с. При фильтрации суспензий сапропелей через пористую среду вблизи фильтрующей поверхности формируется малопроницаемая фильтрационная корка, препятствующая проник-

новению твердой фазы раствора на значительные расстояния. Размер данного экрана определяется пористостью материала, размером, однородностью и концентрацией частиц бурового раствора и не зависит от перепада давления, температуры, времени контакта раствора с материалом. Глубину проникновения в пористую среду твердой фазы исследуемых сапропелевых растворов авторы статьи оценивали для каждой серии опытов визуально. При этом для высокопроницаемых образцов ($k_0 > \text{мкм}^2$) она не превышала 2–2,5 мм, а для менее проницаемых — равнялась 0 [10].

Экспериментальные исследования, представленные в статье [10], показали, что уменьшение проницаемости пористой среды под действием сапропелевых растворов связано главным образом с образованием на фильтрующей поверхности тонкой малопроницаемой корки.

Дальнейшие исследования авторы проводили с целью разработки эффективных методов восстановления проницаемости пористых образцов, закольматированных сапропелевыми растворами путем физико-химического воздействия.

Для восстановления проницаемости пористых образцов, закольматированных исследуемыми растворами, их обрабатывали 12 %-ной соляной кислотой в течение тридцати минут с последующей промывкой водой. Коэффициент восстановления проницаемости закольматированных сапропелевым раствором образцов после кислотной обработки возрастает до 80 % в зависимости от типа сапропелевой суспензии и начальной проницаемости. Наиболее высокий коэффициент восстановления проницаемости соответствует образцам, закольматированным известковистым сапропелем вследствие растворения HCl его карбонатной составляющей. Так же ведут себя и сапропелевые растворы с кислоторастворимыми наполнителями. Коэффициент восстановления проницаемости после кислотной обработки образцов, закольматированных такими растворами, достигает 85-ти %.

В результате проведенных исследований авторы пришли к выводу, что сапропелевые буровые растворы отвечают одному из важнейших требований, предъявляемых к растворам для вскрытия продуктивных пластов. С одной стороны, они временно надежно кольматируют проницаемые породы, изолируя их от вредного влияния фильтрата и твердых частиц, с другой — после обработки соляной кислотой в условиях репрессивных и депрессионных воздействий легко восстанавливают естественную проницаемость пласта-коллектора, что полностью соответствует условиям создания управляемой кольматации.

В 2015 году в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ) были проведены исследования применения сапропеля в качестве добавки к буровым растворам [11]. Результаты работ доказали перспективность применения сапропелей в качестве дисперсной фазы буровых промывочных жидкостей.

Объект и методы исследования

В 2024 году стенах ТИУ были проведены лабораторные исследования по разработке сапропелевых буровых растворов. Элементный состав исследуемых сапропелей представлен в таблице 1.

Таблица 1

Элементный состав сапропелей

Спектр	Элемент											
	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Fe
Макс.	5,54	48,47	0,76	0,60	5,25	15,40	15,35	1,98	48,67	3,01	0,92	6,43
Мин.	0,00	18,86	0,37	0,42	0,63	2,18	8,01	0,27	22,09	1,92	0,32	0,51

Экспериментальная часть/постановка эксперимента

Объектом исследования выступили свойства сапропелей и их гуматов (рисунок). Всего было исследовано шесть рецептов:

- 1) 20 % сапропель + 1,5 % каустическая сода + вода остальное;
- 2) 30 % сапропель + 1,5 % каустическая сода + вода остальное;
- 3) 40 % сапропель + 1,5 % каустическая сода + вода остальное;
- 4) 20 % гумат + 1,5 % каустическая сода + вода остальное;
- 5) 30 % гумат + 1,5 % каустическая сода + вода остальное;
- 6) 40 % гумат + 1,5 % каустическая сода + вода остальное.



а)



б)



в)

Рисунок. Сапропелевые растворы: а) сапропелевые растворы; б) измерение водоотдачи; в) фильтрационные корки

Результаты исследований. Плотности разработанных сапропелевых буровых растворов — 1020–1040 кг/м³, пластическая вязкость — 1–7 сП, ДНС — 1–5 дПа, СНС — 1–2 дПа, водоотдача — 12–25 мл/30 мин, УВ — 23–25 с.

Стоит отметить, что данные параметры, безусловно, регулируются путем ввода дополнительных химических реагентов, например для снижения водоотдачи, повышения пластической вязкости.

К примеру, в ТПУ при проведении экспериментов для снижения показателя водоотдачи применяли метод термической обработки суспензий. Водоотдача снизилась в 2,5 раза [11].

Исследованные сапропелевые растворы, обработанные каустической содой, стабильны в течение 24 часов, осадок не образуется.

Были проведены и лабораторные исследования по разработке цементных растворов с добавлением сапропелей.

Были исследованы четыре рецептуры цементных растворов:

1. Базовый цементный раствор в соотношении В : Ц = 0,5.
2. Цементный раствор: 95 %Ц + 5 % сухой гумат сапропеля (порошок).
3. Цементный раствор: 95 %Ц + 5 % гумат сапропеля.
4. Цементный раствор: 95 %Ц + 5 % сапропель.

Результаты

При проведении исследований наблюдались следующие эффекты:

1. Добавление сапропеля в цементный раствор в любом виде (сапропель, гумат или сухой гумат) облегчают тампонажные растворы, пригодные для цементирования в условиях аномально-низких пластовых давлений. Так, если плотность базового цементного раствора (вода + цемент) составляет 1,82 г/см³, при добавлении сухого гумата в дозировке 5 % от сухой смеси плотность раствора снижается на 0,09 г/см³, при добавлении сапропеля — на 0,14 г/см³, при добавлении гумата — на 0,12 г/см³. Хотя, безусловно, показатели влияния на плотности цементных смесей сапропелей других месторождений могут отразить другие результаты.

2. Отмечено, что тампонажные цементы при водозатворении в первый момент дают коагуляционно-кристаллизационные структуры небольшой прочности. В дальнейшем в результате срастания и твердения цементных частиц прочность кристаллизационной структуры нарастает, и тем самым образуется прочный цементный камень. Согласно исследованиям, прочность базового раствора на изгиб теряется, в то время как на сжатие она вырастает практически в три раза.

Исследования образца с добавкой сухого гумата показали лучшие результаты. Через двое суток твердения на тестере произошла аварийная остановка в связи с тем, что сформированный тампонажный камень не сформировал надежную прочность. Через семь дней прочность его на изгиб равна порядка 3,6 МПа и близка к прочности камня базового через двое

суток твердения. Прочность на сжатие через двое суток твердения равна 4,2 МПа, через семь суток — 19 МПа, то есть выросла почти в 4,7 раза.

Тампонажные составы с добавлением гумата и сапропеля как через двое, так и через семь суток дали низкие показатели. Прочность не превышает 1 МПа. Прочности на сжатие в какой-то степени стали меньше, но не существенно. Это говорит о том, что со временем она начинает снижаться.

3. Растекаемость тампонажных растворов повышается, это показывает, что прокачивание таких растворов через насосы в процессе крепления скважин или проведения водоизоляционных работ облегчается в разы. Почти по всем добавкам (5 % от сухой смеси) растекаемость — полная.

4. Интересны результаты по пластической вязкости растворов. Пластическая вязкость базового состава составляет 68,9 сП. Наибольшей пластической вязкостью обладает раствор с 5 % добавкой сухого гумата — 130 сПз, он имеет некие вязкоупругие свойства. При добавлении гумата и сапропеля пластическая вязкость снижается на 23 и 12,7 сПз соответственно.

5. По результатам изучения литературных источников установлено, что цементные растворы с добавлением сапропеля обладают высокой коррозионной стойкостью к действию пластовых вод, тем самым увеличивая долговечность скважин. Таким образом, эти растворы можно рекомендовать для ликвидации заколонных перетоков пластовых вод в добывающих скважинах.

Применение сапропеля вместо бентонитовых глин в буровых растворах может быть эффективным решением для увеличения производительности и снижения затрат на производство. Сапропель является природным материалом, который образуется из органических отходов растительного происхождения, таких как листья, ветки и другие растительные отходы. Он обладает высокой вязкостью и способностью удерживать воду, что делает его идеальным для использования в буровых растворах.

Изучив научные работы предшественников и проведя лабораторные исследования, предлагаем технологию строительства скважин в условиях аномально-низкого пластового давления (АНПД), реализуемую следующим образом.

В процессе строительства скважины компоновкой низа буровой колонны буровым раствором на сапропелевой основе вскрывается продуктивный нефтенасыщенный пласт с аномально-низким пластовым давлением. При этом в процессе циркуляции раствора на стенке горной породы пласта образуется фильтрационная корка.

Далее извлекается инструмент, спускается эксплуатационная колонна, которая оснащена растворимыми алюминиевыми легкоплавкими вставками с учетом перекрытия всей толщины продуктивного пласта и муфтой ступенчатого цементирования и заколонным пакером манжетного цементирования, который устанавливают в интервале кровли продуктивного пласта с аномально низким пластовым давлением.

После цементирования скважины и затвердевания цемента в скважину осуществляется спуск компоновки с фрезой, проводится разбуривание пакера манжетного цементирования. Циркуляцию при этом осуществляют на 3 %-ном растворе CaCl_2 .

Затем осуществляют закачивание в скважину 20 %-ной соляной кислоты HCl , которая позволит разрушить легкоплавкие вставки в обсадной колонне. Закачивать кислоту необходимо с небольшой репрессией с целью дополнительного разрушения сапропелевого кольматирующего экрана.

После обработки соляной кислотой в условиях репрессийных и депрессионных воздействий легко восстанавливают естественную проницаемость пласта-коллектора, что полностью соответствует условиям создания управляемой кольматации.

После этого скважина осваивается любым известным способом и выводится на режим.

По мнению авторов, исследования сапропелей в области бурения и ремонта скважин в Западной Сибири изучены крайне слабо.

По результатам изучения научных трудов предшественников был сделан вывод о том, что сапропель можно использовать в буровых растворах в качестве:

- утяжелителя (может быть добавлен в раствор для увеличения его плотности и улучшения устойчивости стенок скважины);
- загустителя (может сгущать раствор, что помогает удерживать частицы грязи и предотвращать их оседание на дно скважины);
- ингибитора коррозии (содержит природные антиоксиданты, которые могут защитить буровое оборудование от коррозии);
- улучшителя реологических свойств (может улучшить вязкоупругие свойства раствора, что делает его более стабильным и контролируемым);
- бактерицида (обладает антибактериальными свойствами, что может помочь предотвратить развитие бактерий в растворе);
- стабилизатора глин (может стабилизировать глины в растворе, предотвращая их разрушение и оседание).

Однако все это зависит от состава самих сапропелей, что важно учитывать при разработке и исследовании буровых промывочных жидкостей. Согласно классификации А. П. Пидопличко, выделяется семь типов сапропелей: глинистые, известковистые, кремнеземистые, смешанные, тонкодетритовые, грубодетритовые, торфосапропели.

Поэтому направление в области исследований сапропелей Западной Сибири и применение их для бурения и ремонта скважин на месторождениях необходимо развивать и дальше.

Выводы

1. Сапропелевые буровые растворы отвечают одному из важнейших требований, предъявляемых к растворам для вскрытия продуктивных пластов. С одной стороны, они временно надежно кольматируют проницаемые породы, изолируя их от вредного влияния фильтрата и твердых частиц, с другой — после обработки соляной кислотой в условиях репрессивных и депрессионных воздействий легко восстанавливают естественную проницаемость пласта-коллектора, что полностью соответствует условиям создания управляемой кольматации.

2. Добавление сапропелей и торфа в цементные растворы позволяет получить облегченные растворы с пониженной плотностью, пригодные для условий АНПД. Установлено, что тампонажные цементы с добавкой сапропеля при водозатворении в первый момент дают коагуляционно-кристаллизационную структуры небольшой прочности. Однако в дальнейшем прочность кристаллизационной структуры формирующихся тампонажных растворов растет, образуя прочный цементный камень.

3. Перспективны применения сапропелей в качестве структурообразующих добавок в буровые растворы, применение сапропелевых растворов в качестве эмульсий, буферных жидкостей, а добавки сапропеля — в тампонажные растворы.

4. Сапропель можно использовать в буровых растворах в качестве: утяжелителя, загустителя, ингибитора коррозии, бактерицида, стабилизатора глин, смазывающей добавки.

5. Авторами статьи предлагается технология строительства скважин в условиях АНПД. Результат заключается в разработке эффективного способа заканчивания добывающей скважины, вскрывшей продуктивный пласт с аномально-низким пластовым давлением.

Список источников

1. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 N 1523-р: – Текст : электронный // Гарант. ру : информационно-правовой портал : [сайт]. – 2024. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/?ysclid=m2ljlg1roa386226104>.

2. Никитина, Е. И. Торфяные ресурсы юга Западной Сибири: минерагенический потенциал, направления использования / Е. И. Никитина, М. В. Попова. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 30. – С. 85–91.

3. Никитина, Е. И. Сапропели юга Западной Сибири: состав, ресурсы, направления использования / Е. И. Никитина // Modern Science. – 2019. – № 4–2. – С. 44–47.

4. Геохимия сапропелей голоценовых разрезов из малых озер юга Западной Сибири и Восточного Прибайкалья : монография / А. Е. Мальцев, Г. А. Леонова, В. А. Бобров, С. К. Кривоногов. – Новосибирск : Академическое издательство «Гео», 2019. – 444 с. – DOI 10.21782/B978-5-6041446-9-5. – Текст : непосредственный.

5. Леонтьев, Д. С. Перспективы применения сапропелевых растворов при бурении и ремонте нефтяных и газовых скважин / Д. С. Леонтьев, А. В. Кустышев, Н. С. Цедрик. – DOI 10.31660/0445-0108-2016-3-84-89. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2016. – № 3(117). – С. 84–89.

6. Косаревич, И. В. Сапропелевые буровые растворы: монография / И. В. Косаревич, Н. Н. Битюков, В. Ш. Шмавоняц ; под ред. И. И. Лиштвана. – Минск : Наука и техника, 1987. – 191 с. – Текст : непосредственный.

7. Особенности технологии строительства нефтяных скважин в Белоруссии : сборник научных трудов / Белорусский научно-исследовательский геологоразведательный институт ; Крицук А. А. (отв. ред.). – Минск : БелНИГРИ, 1980. – 183 с. – Текст : непосредственный.

8. Авторское свидетельство № 876960 СССР, МПК E21B33/138. Тампонажный раствор для нефтяных и газовых скважин : № 2821767722-03 : заявл. 20.09.79 : опубл. 30.10.81 / В. К. Галабурда, И. И. Лиштван, Г. С. Евтушенко (СССР). – Бюл. № 40. – С. 7.

9. Косаревич, И. В. Структурообразование в водных дисперсиях сапропелей и составы буровых растворов на их основе : специальность 05.15.05 «Технология и комплексная механизация торфяного производства» : диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ирина Васильевна Косаревич; АН БССР. – Минск, 1984. – 305 с. – Текст : непосредственный.

10. Влияние сапропелевых буровых растворов на фильтрационные свойства продуктивных пластов / И. И. Лиштван, А. А. Гонцов, В. И. Ложеницына [и др.]. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 1986. – № 2. – С. 22–26.

11. Сагитов, Р. Р. Исследование сапропели в качестве дисперсионной фазы буровых растворов (озеро Кирек) / Р. Р. Сагитов, К. М. Минаев. – Текст : непосредственный // Проблемы геологии и освоения недр : труды XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летию юбилею Победы советского народа над фашистской Германией. – Томск, 06–10 апреля 2015 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Институт природных ресурсов; Студенческий чептер международного общества инженеров-нефтяников. – Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2015. – С. 363–366.

References

1. Ob utverzhenii Energeticheskoy strategii Rossijskoj Federacii na period do 2035 goda. (2020). (In Russian). Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/?ysclid=m2ljlgloa386226104>.

2. Nikitina, E. I. & Popova, M. V. (2014). Torfyany`e resursy` yuga Zapadnoy Sibiri: mineragenicheskiy potentsial, napravleniya ispol'zovaniya. The Siberian Transport University Bulletin, (30), pp.85-91. (In Russian).

3. Nikitina, E. I. (2019). Sapropeli yuga Zapadnoy Sibiri: sostav, resursy`, napravleniya ispol'zovaniya. Modern Science, (4-2), pp. 44-47. (In Russian)

4. Maltsev, A. E., Leonova, G. A., Bobrov, V. A., & Krivonogov, S. K. (2019). Geochemistry of holocene sapropels from small lakes of the southern Western Siberia and Eastern Baikal regions. Novosibirsk, Akademicheskoe izdatel'stvo "Geo" Publ., 444 p. (In Russian).

5. Leontev, D. S., Kustyshev, A. V., & Cedric, N. S. (2016). Rospects of sapropelic fluids use for oil and gaswells drilling and repair. *Oil and gas studies*, 3(117), pp. 84-89 (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2016-3-84-89
6. Kosarevich, I. V., Bitjukov, N. N., & Shmavonyanc V. Sh. (1987). *Sapropel'evye burovye rastvory*. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 191 p. (In Russian).
7. *Osobennosti tekhnologii stroitel'stva neftnyanykh skvazhin v Belorussii*. (1980). Minsk, BelNIGRI Publ., 183 p. (In Russian).
8. Galaburda, V. K., Lishtvan, I. I., & Evtushenko, G. S. Tamponazhnyj rastvor dlya neftnyanykh i gazovykh skvazhin. No. 2821767722-03, 1981. (In Russian).
9. Kosarevich, I. V. (1984). *Strukturoobrazovanie v vodnykh dispersiyah sapropel'evykh i sostavy burovnykh rastvorov na ih osnove*. Diss. ... kand. tekhn. nauk . Minsk, 305 p. (In Russian).
10. Lishtvan, I. I., Gontsov, A. A., Lozhenitsy`na, V. I., Zazulyak, O. M., Demyanenko, N. A., & Mineev, B. P. (1986). Vliyanie sapropel'evy`kh burovny`kh rastvorov na fil'-tratsionny`e svoystva produktivny`kh plastov. *Oil industry*, (2), pp. 22-26. (In Russian).
11. Sagitov, R. R., & Minaev, K. M. (2015). *Issledovanie sapropeli v kachestve dispersionnoj fazy burovnykh rastvorov (ozero Kirek)*. Problemy geologii i osvoeniya neдр : trudy XIX Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M. A. Usova studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennogo 70-letnemu yubileyu Pobedy sovetskogo naroda nad fashistskoj Germaniej. Tomsk, Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij politekhnicheskij universitet Publ., pp. 363–366. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Леонтьев Дмитрий Сергеевич, *Dmitry S. Leontiev*, Candidate of кандидат технических наук, доцент Engineering, Associate Professor at the кафедры бурения нефтяных и газовых Department of Oil and Gas Drilling, скважин, Тюменский индустриальный Industrial University of Tyumen, leonte- университет, г. Тюмень, leonte- vds@tyuiu.ru

Семененко Анастасия Федоровна, *Anastasia F. Semenenko*, Senior lecturer at the Department of Oil and Gas старший преподаватель кафедры бурения нефтяных и газовых скважин Тю- Drilling, Industrial University of Tyumen менский индустриальный университет, г. Тюмень

Статья поступила в редакцию 07.06.2024; одобрена после рецензирования 24.06.2024; принята к публикации 05.07.2024.

The article was submitted 07.06.2024; approved after reviewing 24.06.2024; accepted for publication 05.07.2024.