

МРНТИ 52.47.01

DOI: <https://doi.org/10.62724/202540607>

Печников Александр Сергеевич^{*1}

ректор,

Региональный институт бизнеса и управления,
Россия, Рязань, cfic34@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-0720-1310

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В работе представлены подходы к созданию и оптимизации рецептур буровых растворов, предназначенных для эксплуатации скважин, формируемых в сложных геолого-технических условиях, характерных для Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения. Актуальность исследования обусловлена необходимостью применения технологичных и экологически безопасных промывочных систем, способных эффективно обеспечивать вскрытие малопроницаемых терригенных пластов и минимизировать нарушение коллекторских характеристик продуктивных горизонтов.

На основе анализа литолого-стратиграфических особенностей разреза, пластовых давлений, температурного режима и структуры осложнений обоснован выбор буровых растворов различного типа, применяемых по интервалам бурения. Подробно рассматриваются свойства ингибированных, полимерных и соленасыщенных растворов, приготовленных с использованием отечественных реагентов (КМЦ-600, САЙПАН, ГИПАН, НТФ, ТПФН, КССБ).

Методом планирования эксперимента сформированы составы буровых растворов, для которых определены ключевые параметры: плотность, реология, фильтрация, показатели статического и пластического напряжения сдвига, кислотность среды и др. Установлено, что технологическая эффективность растворов зависит от устойчивости стенок скважины, минерального состава пород, а также термобарических условий разреза.

Полученные результаты подтверждают необходимость минимизации содержания твёрдой фазы, снижения гидростатического давления на пласт и ограничения гидродинамических импульсов при СПО. В качестве оптимальной системы рекомендуется применение безглинистого водного раствора на основе крахмала, щелочных силикатов и сульфата алюминия с CaCO_3 в качестве утяжелителя, оказывающего минимальное влияние на разуплотнённые коллекторы.

Работа демонстрирует важность комплексного и научно обоснованного подхода к выбору буровых растворов в условиях повышенных пластовых давлений.

Ключевые слова. буровой раствор, промывочная жидкость, реологические свойства, твёрдая фаза, фильтрация, геолого-технические условия, скважина.

Печников Александр Сергеевич^{*1}

ректор,

Облыстық бизнес және менеджмент институты,
Ресей, Рязань, cfic34@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-0720-1310

КҮРДЕЛІ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРДА БҰРҒЫЛАУ ЕРІТІНДІЛЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ БОЙЫНША ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ШЕШІМДЕР

Аңдатпа. Жұмыста Қарашығанақ мұнай-газконденсат кен орнына тән күрделі геологиялық-техникалық жағдайларда қалыптастырылатын ұңғымаларды пайдалану үшін арналған бұрғылау ерітінділерінің рецептураларын әзірлеу және оңтайландыру тәсілдері ұсынылған. Зерттеудің өзектілігі төмен өткізгіш терригендік қабаттарды тиімді ашуды қамтамасыз ететін және өнімді горизонттардың коллекторлық қасиеттерінің бұзылуын барынша азайтатын технологиялық әрі экологиялық қауіпсіз жуу жүйелерін қолдану қажеттілігімен айқындалады.

Қиманың литолого-стратиграфиялық ерекшеліктерін, қабаттық қысымдарды, температуралық режимді және асқынулар құрылымын талдау негізінде бұрғылау интервалдары бойынша қолданылатын әртүрлі типтегі бұрғылау ерітінділерін таңдау негізделген. Отандық реагенттерді (КМЦ-600, САЙПАН, ГИПАН, НТФ, ТПФН, КССБ) пайдалана отырып дайындалған ингибируленген, полимерлі және тұзбен қаныққан ерітінділердің қасиеттері жан-жақты қарастырылған.

Экспериментті жоспарлау әдісі арқылы бұрғылау ерітінділерінің құрамдары қалыптастырылып, олар үшін негізгі параметрлер анықталды: тығыздық, реология, сүзгілену, статикалық және пластикалық ығысу кернеуінің көрсеткіштері, ортаның қышқылдығы және т.б. Ерітінділердің технологиялық тиімділігі ұңғыма қабырғаларының тұрақтылығына, жыныстардың минералдық құрамына, сондай-ақ қиманың термобарикалық жағдайларына тәуелді екені анықталды.

Алынған нәтижелер қатты фазаның мөлшерін барынша азайту, қабатқа түсетін гидростатикалық қысымды төмендету және спуск-көтеру операциялары (СКО) кезінде гидродинамикалық импульстарды шектеу қажеттілігін дәлелдейді. Оңтайлы жүйе ретінде разуплотнённый коллекторларға ең аз әсер ететін, крахмал, сілтілі силикаттар және алюминий сульфаты негізіндегі, утяжелитель ретінде CaCO_3 қолданылатын балшықсыз сулы ерітіндіні пайдалану ұсынылады.

Жұмыс қабаттық қысымдары жоғары жағдайларда бұрғылау ерітінділерін таңдауда кешенді және ғылыми негізделген тәсілдің маңыздылығын көрсетеді.

Кілт сөздер. бұрғылау ерітіндісі, жуу сұйықтығы, реологиялық қасиеттер, қатты фаза, сүзгілену, геологиялық-техникалық жағдайлар, ұңғыма.

Pechnikov Alexander Sergeevich*¹

rector,

Regional Institute of Business and Management,

Russia, Ryazan, cfic34@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-0720-1310

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE FORMULATION OF DRILLING FLUIDS UNDER COMPLEX GEOLOGICAL AND TECHNICAL CONDITIONS

Abstract. The paper presents approaches to the development and optimization of drilling fluid formulations intended for the operation of wells constructed under complex geological and technical conditions characteristic of the Karachaganak oil and gas condensate field. The relevance of the study is determined by the need to apply technologically advanced and environmentally safe drilling fluids capable of effectively penetrating low-permeability

terrigenous formations and minimizing damage to the reservoir properties of productive horizons.

Based on an analysis of the lithological and stratigraphic features of the section, formation pressures, temperature regime, and the nature of drilling complications, the selection of various types of drilling fluids for different drilling intervals is substantiated. The properties of inhibited, polymer-based, and salt-saturated fluids prepared using domestic reagents (CMC-600, SAIPAN, HIPAN, NTF, TPFN, KSSB) are considered in detail.

Using the method of experimental design, drilling fluid compositions were developed and their key parameters were determined, including density, rheological properties, filtration characteristics, static and plastic shear stress, pH, and others. It was established that the technological efficiency of the fluids depends on wellbore stability, the mineral composition of the rocks, and the thermobaric conditions of the geological section.

The obtained results confirm the necessity of minimizing the solid phase content, reducing hydrostatic pressure on the formation, and limiting hydrodynamic impulses during tripping operations. As an optimal system, the use of a clay-free water-based drilling fluid formulated with starch, alkaline silicates, and aluminum sulfate, with CaCO₃ used as a weighting agent that has minimal impact on unconsolidated reservoirs, is recommended.

The study demonstrates the importance of a comprehensive and scientifically justified approach to the selection of drilling fluids under conditions of elevated formation pressures.

Keywords. drilling fluid, drilling mud, rheological properties, solid phase, filtration, geological and technical conditions, well.

Введение Процесс бурения нефтяных и газовых скважин представляет собой сложную технологическую операцию, при которой циркуляция бурового раствора играет определяющую роль. Если на ранних этапах развития буровой техники промывочная жидкость рассматривалась исключительно как средство транспортировки выбуренного шлама, то в современных условиях её значимость существенно возросла. Буровой раствор превратился в многофункциональную систему, воздействующую как на механизмы разрушения породы, так и на устойчивость ствола, безопасность работ и сохранение продуктивности пластов [1].

Рост глубин бурения, усложнение геологических условий, увеличение термобарического градиента, а также ужесточение экологических требований приводят к необходимости разработки буровых растворов [2], обладающих стабильностью, адаптивностью и способностью функционировать в условиях различных агрессивных воздействий. Именно поэтому подбор состава промывочной жидкости и управление её свойствами становятся ключевыми направлениями инженерно-технологических решений в нефтегазовой отрасли.

На месторождениях типа Карачаганак задача усложняется неоднородностью разреза, наличием зон соленасыщенных пород, участков с аномально высоким пластовым давлением (АВПД), значительной минерализацией пластовых вод и широким диапазоном температур. Эти факторы требуют применения растворов, способных сохранять реологическую стабильность, устойчивость структурно-механических свойств и минимально взаимодействовать с глинистыми и карбонатными породами [3,4].

Практика показывает, что некачественный буровой раствор или несоответствие его состава конкретным геолого-техническим условиям приводит к осложнениям, которые выражаются в [5]:

- нарушении устойчивости стенок скважины;
- возникновении каверн и сузений;

- увеличении вероятности прихватов;
- повышенной фильтрации и ухудшении характеристик коллекторов;
- возникновении газонефтеводопроявлений;
- осложнениях при цементировании;
- необходимости проведения дорогостоящих ремонтно-восстановительных работ.

С развитием буровой техники значение реологических характеристик раствора существенно возросло. Вязкость, статическое напряжение сдвига, предел текучести, фильтрационные свойства и содержание твёрдой фазы определяют гидравлику циркуляции, условия очистки забоя, динамику выноса шлама и воздействие на породу. Поэтому регулирование параметров раствора, своевременное корректирование рецептуры и стабилизация системы являются основными задачами инженерно-технологической службы.

Особое внимание уделяется взаимодействию раствора с горными породами. Пластичные глины склонны к набуханию под воздействием фильтрата, что приводит к разуплотнению стенок, падению устойчивости и увеличению скорости осыпей. Солевые породы вызывают коагуляцию бурового раствора, а минерализованные воды — агрессивное разрушение полимерных составляющих. Поэтому состав промывочной жидкости должен учитывать минеральную составляющую разреза и химические свойства пластовых флюидов.

Рост глубин бурения приводит к усилению влияния высоких температур и давлений на структурную стабильность растворов. В таких условиях даже минимальные изменения состава могут привести к переходу системы в неустойчивое состояние, росту фильтрации или разрушению полимерных реагентов. Соответственно, разработка растворов для глубоких скважин должна учитывать термостойкость реагентов, их способность сохранять структуру и химическую активность при повышенных температурах.

Таким образом, формирование эффективных буровых растворов на сложных объектах требует комплексного анализа геологических условий, химического состава пород, свойств возможных реагентов, а также вынужденного учёта эксплуатационных рисков. Данная работа направлена на исследование технологических подходов к выбору, оптимизации и применению буровых растворов в условиях сложного литолого-стратиграфического строения Карачаганакского месторождения, а также на оценку перспектив использования низкотвердофазных систем, способных минимизировать воздействие на продуктивные горизонты.

Материалы и методы исследований

Изменение свойств бурового раствора при бурении является результатом совокупности физико-химических процессов, формируемых взаимодействием системы как с горными породами, так и с внешними технологическими воздействиями. В условиях глубоких и сложных разрезов к таким процессам относятся: накопление твёрдой фазы, коагуляция различной природы, деградация полимеров, адсорбция реагентов и влияние температурных факторов. Понимание механизма этих процессов и возможность их контроля составляют основу методологии исследования буровых систем [6].

К основным факторам, определяющим изменение рецептуры и свойств бурового раствора в процессе его циркуляции, относятся:

1. **Повышение содержания твёрдой фазы**, которое происходит вследствие поступления в систему тонкодисперсного шлама глинистой и карбонатной природы. Данные частицы изменяют структурно-механические свойства раствора, увеличивают вязкость и фильтрацию, снижая эффективность очистки ствола.

2. **Температурная деструкция реагентов**, проявляющаяся при контакте раствора с высокими температурами в интервалах глубин. Нагрев вызывает разрушение полимерных цепей, ухудшение водоудерживающих характеристик и нарушение стабильности структуры.

3. **Электролитная коагуляция**, возникающая при вскрытии соленосных толщ, пластов с минерализованными водами, а также при разбурировании цементных пробок. Контакт раствора с ионами кальция, магния, натрия или хлора приводит к изменению поверхностных свойств дисперсной фазы, в результате чего происходит агрегация частиц, увеличение фильтрации и ускоренное старение раствора.

4. **Адсорбция химических стабилизаторов на выбуренной породе**, приводящая к снижению концентрации реагентов в циркулирующей системе. Это требует постоянного оперативного контроля за составом раствора и своевременной коррекции его параметров.

5. **Ферментативное разрушение полимеров**, возникающее в результате воздействия микроорганизмов или активных химических соединений, присутствующих в пластовых водах, что приводит к снижению эффективности стабилизирующих добавок.

Так как эффективность бурения напрямую зависит от свойств бурового раствора, динамическое регулирование рецептуры является обязательной составляющей технологического процесса. Контроль осуществляется посредством измерений плотности, вязкости, фильтрации, статического и пластического напряжений сдвига, а также величины водородного показателя среды (рН).

Режим течения бурового раствора — ещё один критически важный фактор. При ламинарном потоке вязкостные свойства определяют сопротивление, тогда как при турбулентном — решающую роль играют инерционные характеристики. Индивидуальные зоны скважины предъявляют различные требования:

- в бурильной колонне и насадках долота необходима низкая эффективная вязкость, близкая к вязкости воды;
- в кольцевом пространстве требуется достаточная вязкость для выноса шлама при невысоких скоростях подъёма раствора.

Исследования показали, что для условий месторождения Карачаганак предпочтительными являются растворы на водной основе. В рамках проектной документации предусмотрены два базовых варианта промывочных систем:

Вариант 1

Использование водного ингибированного раствора при бурении верхних 0–200 м разреза и переход на углеводородную систему на глубинах до 5670 м. Применение бурового раствора на углеводородной основе обусловлено риском нарушения устойчивости ствола при увеличении плотности соленасыщенного раствора.

Вариант 2

Использование соленасыщенного полимерного раствора (NaCl) на всём интервале 0–5670 м. Данная система применяется в условиях повышенной вероятности солевой агрессии и необходимости минимизации взаимодействия с глинистыми породами.

Конструкция скважин разрабатывалась с учётом геологии Карачаганакского месторождения, а также на основе накопленного опыта бурения и требований Республики Казахстан по разбурированию нефтегазоконденсатных залежей. Для разработки газоконденсатных и нефтяных объектов предусматривается строительство вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважин. Поддержание проектных параметров обеспечивается обязательным контролем качества ствола по данным ГИС и адаптацией глубины спуска обсадных колонн.

В рамках исследований были использованы отечественные химические реагенты, применяемые при приготовлении промывочных жидкостей: КМЦ-600, ГИПАН, НТФ, ТПФН, КССБ и др. Каждый из реагентов выполняет строго определённую функцию: регулирование фильтрационных свойств, стабилизация структуры, снижение водоотдачи, коррекция щёлочности, улучшение реологических характеристик.

С целью выбора оптимального состава буровых растворов для вскрытия продуктивных пластов были сформированы экспериментальные рецептуры. Они различались как по набору химических компонентов, так и по предполагаемым функциональным характеристикам. Каждая система была исследована по основным технологическим параметрам: плотности, фильтрации, вязкости, динамическим и статическим напряжениям сдвига, рН и др.

Выбор систем осуществлялся методом планирования эксперимента, что обеспечивало объективную оценку влияния различных факторов и их комбинаций на свойства буровых растворов. Данный подход позволил выявить оптимальные рецептуры, способные функционировать в агрессивной среде терригенных пластов с высокими давлениями.

Результаты и их обсуждение

Одной из наиболее актуальных задач, стоящих перед нефтегазодобывающими предприятиями региона, является обеспечение буровых работ промывочными системами, способными эффективно вскрывать слабопроницаемые терригенные пласты и не нарушать их фильтрационно-ёмкостные свойства. Практический опыт разработки Карачаганакского месторождения показывает, что успешность проводки скважин во многом определяется корректным подбором бурового раствора, адаптированного к конкретным геолого-техническим условиям.

Анализ условий бурения позволил обосновать выбор набора промывочных систем, отвечающих особенностям разреза. Для каждого интервала бурения применяются специальные составы, обеспечивающие сбалансированное сочетание плотности, ингибирующих характеристик, стабильности и реологических свойств.

Анализ используемых рецептур

В ходе исследований установлено, что предлагаемые системы в целом удовлетворяют требованиям к технологическому процессу. На начальном этапе проводки скважины применяются глинистые водные растворы, обеспечивающие необходимую репрессию на пласт, поддерживающие гидростатическое давление и эффективно выносящие шлам. В более глубоких интервалах используются полимерные и соленащенные растворы, способные работать в условиях повышенной минерализации и термобарического воздействия.

При выборе реагентов предпочтение отдавалось отечественным разработкам, поскольку они обеспечивают стабильные технологические свойства и экономическую целесообразность. Например, КМЦ используется для регулирования фильтрационных параметров, обеспечивая образование тонкой малопроницаемой фильтрационной корки. Бентонит, модифицированный соответствующими добавками, применяется при необходимости снижения плотности раствора, а такие полимеры, как Poly-PlusRD, PoluracUL, XCD Polymer, повышают структурно-механическую стабильность систем.

Особое внимание уделялось подбору рецептур, снижающих нежелательное взаимодействие раствора с продуктивными пластами. Для месторождения Карачаганак это критично, поскольку разбуривание проводится в условиях сложного чередования плотных пород и ослабленных коллекторов. Неправильный подбор раствора может привести к снижению проницаемости пласта, ухудшению притока и необходимости выполнения дорогостоящих ремонтно-восстановительных работ.

Для экспериментального анализа были выбраны композиций, различающихся по концентрации компонентов и функциональному назначению. В них включались глинистые, полимерные, соленасыщенные и безглинистые системы.

Основные характеристики исследуемых растворов [8]:

- плотность;
- реологические параметры;
- величина фильтрационной водоотдачи;
- толщина фильтрационной корки;
- статические свойства геля (СНС);
- значения pH;
- эффективная и пластическая вязкости.

Сравнительный анализ показал следующие тенденции:

1. **Рецептуры на основе бентонита** обеспечивают стабильную структуру, однако характеризуются повышенным содержанием твёрдой фазы. Это увеличивает вероятность ухудшения коллекторских свойств при входе фильтрата в пласт.

2. **Полимерные системы** проявляют значительно меньшую фильтрацию и лучше переносят изменения минерализации, благодаря чему активно используются в интервалах, содержащих соли или минерализованные воды.

3. **Соленасыщенные растворы** показали устойчивость при вскрытии зон, подверженных растворению и агрессивному ионному воздействию, однако требуют строгого контроля плотности и уровня солей.

4. **Безглинистые растворы**, содержащие крахмал, силикаты и алюминиевые соли, продемонстрировали лучшие результаты при вскрытии продуктивных пластов — минимальную фильтрацию, стабильность структуры и практически полное отсутствие отрицательного влияния на свойства коллектора.

Особенно эффективной оказалась рецептура, содержащая воду, крахмал, NaOH, Na_2SiO_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и утяжелитель CaCO_3 . Такой раствор формирует прочную тонкую фильтрационную корку, минимизирует проникновение частиц в пласт и сохраняет его естественную проницаемость.

Обоснование выбора бурового раствора

Выбор конкретной промысловой системы определяется устойчивостью стенок скважины и зависит от множества факторов:

- минералогического состава пород;
- свойств пластовых флюидов;
- пластового и горного давлений;
- температурных условий;
- вероятности гидрации и набухания глин;
- исторического опыта бурения аналогичных разрезов.

Один из главных критериев — отсутствие осложнений, связанных непосредственно с типом раствора. Если эксплуатационная статистика показывает минимальные затраты времени на борьбу с поглощениями, прихватами, кавернами и другими проявлениями, то система считается оптимальной для бурения данного интервала.

Отмечено, что буровые растворы с минимальным содержанием твёрдой фазы обладают наибольшей эффективностью. Они позволяют уменьшить гидростатическую нагрузку на пласт, уменьшают риск разрушения его структуры и обеспечивают более высокую механическую скорость бурения.

Основные требования к растворам для вскрытия продуктивных пластов

Для повышения качества вскрытия продуктивных горизонтов предъявляются следующие требования:

- гидростатическая репрессия должна быть минимальной;
- гидродинамические скачки давления при СПО должны быть максимально снижены;
- фильтрация должна быть низкой, чтобы уменьшить степень проникновения раствора в пласт;
- состав раствора должен исключать набухание или разрушение стенок ствола.

Эти принципы позволяют сократить количество осложнений, обеспечить качественное цементирование и сохранить продуктивность пласта на стадии освоения.

Заключение. Карачаганакское месторождение относится к числу наиболее технически сложных объектов с точки зрения геологического строения и условий проводки скважин. Большая глубина залегания продуктивных горизонтов, выраженная блочная структура, а также наличие чередующихся пластов с различными фильтрационно-ёмкостными характеристиками требуют детального геолого-технического анализа и максимально корректного выбора промывочных систем на каждом этапе бурения.

Результаты проведённого исследования подтверждают, что эффективность проводки скважины во многом определяется правильным подбором бурового раствора, соответствующим конкретным условиям разреза. При этом выбор рецептуры должен основываться на комплексном изучении свойств пород, потенциальных осложнений, термобарических параметров, а также на применении современного высококачественного реагентного сырья.

Для достижения поставленных целей и получения буровых растворов с заданными характеристиками была осуществлена лабораторная подготовка четырёх экспериментальных составов на основе матрицы планирования. Путём определения ключевых параметров — скорости набухания пород, фильтрационной способности, вязкостных свойств, значений pH и реологических показателей — была проведена оценка пригодности растворов для условий сложного разреза.

Показано, что буровой раствор влияет не только на скорость механического разрушения пород и эффективность очистки ствола, но и на полноценное дальнейшее освоение скважины. Корректно подобранная промывочная система обеспечивает:

- устойчивость стенок ствола;
- предотвращение осложнений (поглощений, прихватов, кавернообразования);
- минимизацию фильтрационного воздействия на продуктивный пласт;
- безопасное выполнение спускоподъёмных операций;
- качественное цементирование;
- благоприятные условия для ввода скважины в эксплуатацию с максимальной продуктивностью.

Сущность всех этих процессов напрямую связана с характером взаимодействия промывочной системы с горными породами. Тип дисперсионной среды определяет классификацию растворов, используемых при бурении: водные системы, растворы на углеводородной основе и газообразные агенты. В условиях Карачаганакского месторождения наиболее рациональным оказалось применение низкотвердофазных и безглинистых растворов, минимизирующих проникновение частиц в пласт и сохраняющих его природные коллекторские свойства.

Особое практическое значение имеет выявление закономерностей в системе «раствор – горная порода». Полученные данные позволяют по литологическим

признакам определять участки древних водонефтяных и газожидкостных контактов, выявлять горизонты с суперколлекторскими свойствами, а также зоны с аномально низкой пористостью. Это даёт возможность прогнозировать поведение пласта и обоснованно корректировать рецептуру промывочной системы.

Для вскрытия ослабленных коллекторов оптимальными были признаны безглинистые водные растворы, приготовленные на основе крахмала, соединений кремния и алюминия, с добавлением CaCO_3 в качестве утяжелителя. Такие системы оказывают минимальное влияние на фильтрационные характеристики разуплотнённых пластов, обеспечивая сохранность продуктивности.

В совокупности результаты работы подчеркивают необходимость применения научно обоснованного подхода к разработке буровых растворов. Понимание физико-химических процессов, происходящих в промывочной системе, грамотный подбор реагентов, контроль технологических параметров и профессиональное владение оборудованием — всё это является ключом к успешной проводке скважин в сложных геолого-технических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманов Н.Н. Буровые растворы и тампонажные смеси: свойства, методы контроля и регулирования. – Алматы: КазНТУ, 2018. – 356 с.
2. Чеботарёв В.П., Гимадиев Г.Г. Инженерная реология буровых растворов– М.: Недра, 2019. – 412 с.
3. Пыркин А.М. Глинистые минералы и их влияние на свойства буровых растворов– М.: Недра, 2017. – 288 с.
4. Шкурченко И.Н., Зайцев А.С. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. – СПб.: недра-Бизнесцентр, 2020. – 528 с.
5. Caenn R., Darley H.C.H., Gray G.R. Drilling Fluids Processing Handbook. – Elsevier, 2017. – 670 p.
6. Amoco Drilling Manual. – Houston: Amoco Production Co., 2016. – 650 p.
7. Baroid Industrial Drilling Products. Baroid Drilling Fluids Manual . – Houston: Halliburton, 2019. – 520 p.
8. Сахаров А.А., Куранов А.А. Промывочные жидкости: состав, свойства, технология применения. – М.: Недра, 2018. – 384 с.

REFERENCES

1. Abdrahmanov N.N. Burovye rastvory i tamponazhnye smesi: svojstva, metody kontrolya i regulirovaniya. [Drilling fluids and cement slurries: properties, control and regulation methods.]. Almaty: KazNTU, (2018): – S. 356. – (In Rus)
2. Chebotaryov V.P., Gimadiev G.G. Inzhenernaya reologiya burovyh rastvorov. [Engineering rheology of drilling fluids.]. M.: Nedra, (2019): – S. 412. – (In Rus)
3. Pyrkin A.M. Glinistye mineraly i ih vliyanie na svojstva burovyh rastvorov. [Clay minerals and their influence on the properties of drilling fluids.]. M.: Nedra, (2017): – S. 288 – (In Rus)
4. Shkurchenko I.N., Zajcev A.S. Tekhnologiya bureniya neftyanyh i gazovyh skvazhin. [Technology of drilling oil and gas wells.]. SPb.: nedra-Biznescentr, (2020): – S. 528. – (In Rus)
5. Caenn R., Darley H.C.H., Gray G.R. Drilling Fluids Processing Handbook. Elsevier, (2017): – 670 p.
6. Amoco Drilling Manual. Houston: Amoco Production Co., (2016): – 650 p.

7. Baroid Industrial Drilling Products. Baroid Drilling Fluids Manual. Houston: Halliburton, (2019): – 520 p.

8. Saharov A.A., Kuranov A.A. Promyvochnye zhidkosti: sostav, svojstva, tekhnologiya primeneniya. [Flushing fluids: composition, properties, application technology.]. M.: Nedra, (2018): – S. 384. – (In Rus)