

УДК 622.242.6

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КУСТОВОГО БЕЗАМБАРНОГО БУРЕНИЯ
НА ПРИМЕРЕ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**



**EVALUATION OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY
OF CLUSTER-FREE DRILLING WELLS ON THE EXAMPLE
OF KOVYKTINSKOYE GAS-CONDENSATE FIELD**

Меринов Иван Андреевич
Главный специалист
Управления по организации
и контролю бурения скважин
на месторождениях и ПХГ,
ООО «Газпром инвест»
ivanmerinov@bk.ru

Савенок Ольга Вадимовна
доктор технических наук,
профессор кафедры Нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный
технологический университет
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены принципы инженерно-экологического зонирования и эколого-экономическая эффективность кустового безамбарного бурения. Описано оборудование циркуляционных систем для безамбарного бурения. Приведены пути утилизации отходов безамбарного бурения нефтяных скважин. Показано, что с целью уменьшения загрязнения окружающей среды нефтегазодобывающим комплексом ведутся разработки и внедряются новые природосберегающие технологии, в том числе осваивается безамбарное бурение, позволяющее значительно снизить объёмы производственных отходов.

Ключевые слова: безамбарное бурение скважин; принципы инженерно-экологического зонирования; эколого-экономическая эффективность кустового безамбарного бурения; оборудование циркуляционных систем для безамбарного бурения; утилизация отходов безамбарного бурения нефтяных скважин.

Merinov Ivan Andreevich
Chief specialist of the office
for organization and control of well drilling
on the fields and underground gas storages,
LLC «Gazprom invest»

Savenok Olga Vadimovna
Doctor of technical sciences,
Professor of oil and gas
engineering department
named after Professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university

Annotation. The article considers the principles of engineering-ecological zoning and ecological-economic efficiency of cluster-free drilling. Equipment of circulation systems for non-cylindrical drilling is described. Ways of disposal of wastes of non-cylindrical drilling of oil wells are given. It has been shown that in order to reduce the pollution of the environment by the oil and gas production complex, new natural technologies are being developed and introduced, including non-hazardous drilling, which allows to significantly reduce the volume of industrial waste.

Keywords: pitless well drilling; principles of environmental engineering zoning; ecological and economic efficiency of cluster barnless drilling; equipment of circulating systems for pitless drilling; recycling barnless oil drilling.

Введение

Актуальной задачей сегодняшнего дня в округе является щадящий режим природопользования, направленный на сохранение лесов, чистоты рек и озёр, обеспечение воспроизводства флоры и фауны, охрану редких и исчезающих животных и птиц.

Достигается это путём создания сети заповедных и особо охраняемых природных территорий, разработки и внедрения экологически чистых методов добычи нефти и газа, применения в лесной промышленности безотходных технологий, строительства эффективных очистных сооружений.

Для осуществления этих задач должна быть разработана концепция эколого-экономической сбалансированности развития промышленного и жилищного комплексов автономного округа, претворение в жизнь которой позволяет решать накопившиеся проблемы.

С целью уменьшения загрязнения окружающей среды нефтегазодобывающим комплексом ведутся разработки и внедряются новые природосберегающие технологии. Осваивается безамбарное бурение, позволяющее значительно снизить объёмы производственных отходов.

**Принципы инженерно-экологического зонирования
и эколого-экономическая эффективность
кустового безамбарного бурения**

Обоснование выбора технических объектов и их размещения на территории месторождения должно отвечать критериям эколого-хозяйственной оптимизации. Под ней будем понимать достижение наиболее рационального экологического равновесия при хозяйственной деятельности, т.е. при максимуме экономической выгоды – минимум ущерба для окружающей природной среды. Эколого-хозяйственная оптимизация базируется на проведении соответствующих природоохранных мероприятий, которые направлены, с одной стороны, на сохранение окружающей природной среды, с другой – на соблюдение безопасности производства. Основой эколого-хозяйственной оптимизации являются эколого-экономические компромиссы. Это означает, что необходимы оценка и сбалансированный учёт природных, социально-хозяйственных, технических и технологических показателей по строительству и эксплуатации инженерных сооружений, разведке и разработке недр. Такая оценка может быть выполнена на основе функционального инженерно-экологического зонирования. Суть такого зонирования заключается в выделении участков различного функционального назначения и экологического режима использования.

В качестве примера рассмотрим Ковыктинское газоконденсатное месторождение, которое расположено в Жигаловском районе Иркутской области на юге Сибирской платформы в пределах Лена-Ангарского плато. Продуктивные горизонты залегают в породах докембрия на глубине около 3000 м. Месторождение характеризуется сложными горно-геологическими, инженерно-геологическими и экологическими условиями, что затрудняет его освоение. Особо следует отметить наличие зон аномально высокого давления пластовых рассолов (залегающих на глубинах около 1800 м), разбуривание которых приводило ранее к осложнениям и аварийным ситуациям.

При проведении зонирования Ковыктинского месторождения используются следующие критерии эколого-экономической оптимизации:

- экологическая ценность ландшафтов и их компонентов, определяемая по значимости выполняемых ими средозащитных, средообразующих, биостационарных и иных функций;
- ценность природных ресурсов (лесных основного и побочного пользования, водных поверхностных и подземных, промысловых животных и рыб и др.) с точки зрения их значимости для местных землепользователей;
- природоохранные ограничения, предъявляемые законодательством, в котором обосновывается выделение водоохраных, нерестовых, охотопромысловых, орехо-промысловых и других зон охраны природы и особо охраняемых природных территорий;
- состояние экосистем, антропогенная нарушенность которых снижает их экологическую и ресурсную ценность;
- пожароопасность территорий, определяемая классом горимости лесов;
- динамические категории ландшафтов, включающие коренные, мнимо коренные, серийные и устойчиво длительно производные группы фаций;
- уровень развития ландшафтов (оптимальный, ограниченный, редуцированный);
- техногенная устойчивость ландшафтов, определяемая по соотношению чувствительности, восстанавливаемости и способности к ассимиляции загрязнителей (буферность);
- инженерно-геологические условия – прочность грунтов, крутизна склонов, наличие многолетней мерзлоты и зон разгрузки подземных вод, их геологическая защищённость, развитие геодинамических процессов, в том числе опасных и катастрофических, например, оползней, просадок грунтов, наводнений и паводков в долинах рек и др.;

- горнотехнические условия бурения скважин, осложняющие их проходку – поглощения буровых растворов карстовыми пустотами и трещинами в зоне аэрации и интенсивного водообмена при размещении скважин на высоких водоразделах плато, что приводит к увеличению объёмов бурения, возрастанию риска аварийности в зонах аномально высокого пластового давления минерализованных вод (рассолов);

- схема размещения (кустования) скважин, обеспечивающая полный отбор (дренаж) газа продуктивных горизонтов.

Для рассмотренных критериев предложена система оценочных показателей, выполненная по трёхбалльной шкале. В обобщённом виде показатели делятся на пять групп. Показатели первой группы связаны с общими природоохранными ограничениями, второй – с условиями ведения лесного и охотничьего хозяйства, третьей – с инженерно-геологическими условиями строительства и эксплуатации инженерных сооружений, четвёртой и пятой определяются горнотехническими условиями бурения скважин и схемой размещения кустов. Интегральная инженерно-экологическая оценка является итогом перерасчёта суммарных значений трёхбалльной шкалы в пятибалльную. По принятой терминологии балл называется классом экологического бонитета.

В зоне I класса бонитета наиболее высокие ограничения на размещение промышленных объектов. Здесь представлены особо охраняемые и ценные в экологическом и хозяйственном отношении природные объекты и ресурсы, ландшафты с пониженной техногенной устойчивостью. Для зоны характерны неблагоприятные инженерно-геологические и горнотехнические условия. Сетка кустов добывающих скважин не обеспечивает требуемых параметров извлечения газа. В то же время земли этой зоны наиболее привлекательны для ведения охотничьего и лесного хозяйства.

В зоне V класса бонитета, напротив, нет особых природоохранных ограничений, ландшафты мало значимы в экологическом и ресурсном плане, устойчивы к техногенным воздействиям. Здесь преобладают гари, вырубки, техногенные пустоши и нарушенные вторичные леса. Инженерно-геологические условия благоприятны для строительства и эксплуатации инженерных сооружений, не выявляются геологические осложнения для бурения, выдерживается расчётная сетка кустования скважин. Поэтому такие земли не представляют особой ценности как лесные и охотничьи угодья, но как участки недр благоприятны для размещения объектов газового промысла, бурения и эксплуатации скважин. Разработку Ковыктинского газоконденсатного месторождения планируется осуществлять с использованием технологий кустового безамбарного бурения. Это сложный технический и технологический процесс, требующий особенно скрупулезного отношения к вопросам эколого-хозяйственной оптимизации.

Как отмечалось, под эколого-экономической эффективностью понимается получение наибольшего экономического и экологического эффекта при минимуме усилий. Она достигается посредством различных технических, технологических, проектных, нормативно-правовых и других решений, обеспечивающих наиболее выгодный экономический вариант, минимизацию ущерба окружающей среде, снижение производственных расходов и затрат на проведение природоохранных мероприятий. Применительно к бурению и эксплуатации скважин на нефть и газ удешевление себестоимости продукции и уменьшение техногенного воздействия на природные комплексы происходит за счёт применения прогрессивных технологий и экологизации производства. В совокупности они направлены на получение большего количества добываемого углеводородного сырья, уменьшение негативного влияния на окружающую природную среду и, как следствие, снижение платежей за изъятие земель, других природных ресурсов и объектов, их нарушение, загрязнение, рекультивацию. При этом требования к экологическому состоянию территории в зоне техногенного воздействия должны регламентироваться природоохранным законодательством.

Кустовое наклонное безамбарное бурение рассматривается как средство организации экономически и экологически эффективного строительства поисково-разведочных и эксплуатационных скважин, добычи сырья. Оно позволяет более полно, рационально и комплексно осуществлять освоение и охрану недр, решать природоохранные задачи.

Кустовое бурение заключается в проходке с одной площадки пучка скважин, одной вертикальной и нескольких (обычно до 4–7) наклонных. Впервые его стали

применять при бурении с морских платформ на шельфе. Однако впоследствии такой способ нашёл применение и на суше. Сегодня наиболее разработана технология безамбарного бурения в таких крупных компаниях как «British Petroleum», «Rust Environment & Infrastructure», «Baker Hughes», «Ethyl Corporation», «Great Lake Chemical Corporation» и других. Существует богатый мировой опыт разработки месторождений полезных ископаемых методами глубокого кустового безамбарного бурения с соблюдением норм экологической безопасности. Большинство ведущих компаний мира основывают свою доктрину на концепциях допустимого риска. Многие производители вкладывают большие финансовые средства в охрану окружающей природной среды как гарант снижения общего риска производства, обеспечения экономической выгоды (прибыли) при соблюдении норм охраны окружающей среды.

Строительство, проходка и эксплуатация кустов скважин позволяет сократить производственные расходы за счёт обустройства одной площадки вместо нескольких при традиционном вертикальном бурении. За счёт централизации происходит упрощение производственной и социально-хозяйственной инфраструктуры, связанной со строительством и эксплуатацией инженерных сооружений и обслуживанием персонала. Сокращается протяжённость линейных сооружений – дорог, трубопроводов, линий электропередачи и связи. Уменьшается количество площадочных объектов, прежде всего, буровых площадок, УППГ, компрессорных станций, запорной арматуры, жилых посёлков и др. Особое значение снижение площадей временного и постоянного землеотвода имеет в районах с природоохранными ограничениями. Бурение с одной площадки расходящихся в разные стороны наклонных скважин позволяет дренировать большую площадь продуктивного горизонта, в том числе участков недр, расположенных под территориями с неблагоприятными инженерно-геологическими и экологическими условиями, а также избежать проходки скважин в зонах разломов и аномально высокого давления рассолов, в местах слабо изученных поисково-разведочными буровыми и геофизическими методами.

К ограничениям кустового наклонного бурения в условиях Ковыктинского месторождения относятся: удлинение ствола наклонной скважины, недостаток мощности отечественных буровых станков для бурения скважин длиной более 6000 м, необходимой для достижения глубины забоя 3000 м в радиусе забора газа 2000 м. Используемые зарубежные станки и оборудование имеют значительно больший вес, габариты и цены. Поэтому стоимость работ с учётом затрат на перевозку и монтаж оборудования, обучение персонала превышает казахстанские, что снижает рентабельность производства и срок окупаемости.

Технология безамбарного бурения позволяет проводить очистку поступающей из скважины загрязнённой промывочной жидкости на специальных установках без использования котлованов-отстойников. В этом случае цикл повторного водопотребления становится замкнутым, снижается емкостной парк. Для соблюдения природоохранных требований очистки применяется специально разработанный токсикологический контроль. Экологически позитивным фактором является также сокращение землеотвода под амбары, исключаются нарушение окружающей природной среды при их строительстве и эксплуатации, фильтрация загрязнителей в подстилающие горизонты.

Существуют и объективные технологические и технические сложности, которые снижают экономическую значимость безамбарного бурения. Они связаны с переностройкой очистных сооружений при использовании разных типов буровых растворов, применяемых при проходке пластов в зоне аэрации и интенсивного водообмена, пресных водоносных горизонтов, солевых и подсолевых горизонтов в зоне замедленного водообмена. Рассмотренный подход к обустройству Ковыктинского газоконденсатного месторождения на основе функционального инженерно-экологического зонирования, ориентированного на применение кустового безамбарного бурения, позволяет повышать рентабельность газового промысла, снижать уровень техногенного воздействия на окружающую среду, находить компромиссные решения с другими землепользователями, обеспечивать экологическую безопасность производственного процесса, отвечает принципам комплексного природопользования и рационального освоения недр в сырьевых районах, требованиям природоохранного законодательства. Кроме всего прочего,

необходим также комплексный и сбалансированный учёт эколого-социальных факторов, экономических и внеэкономических показателей, влияющих на эффективность недропользования.

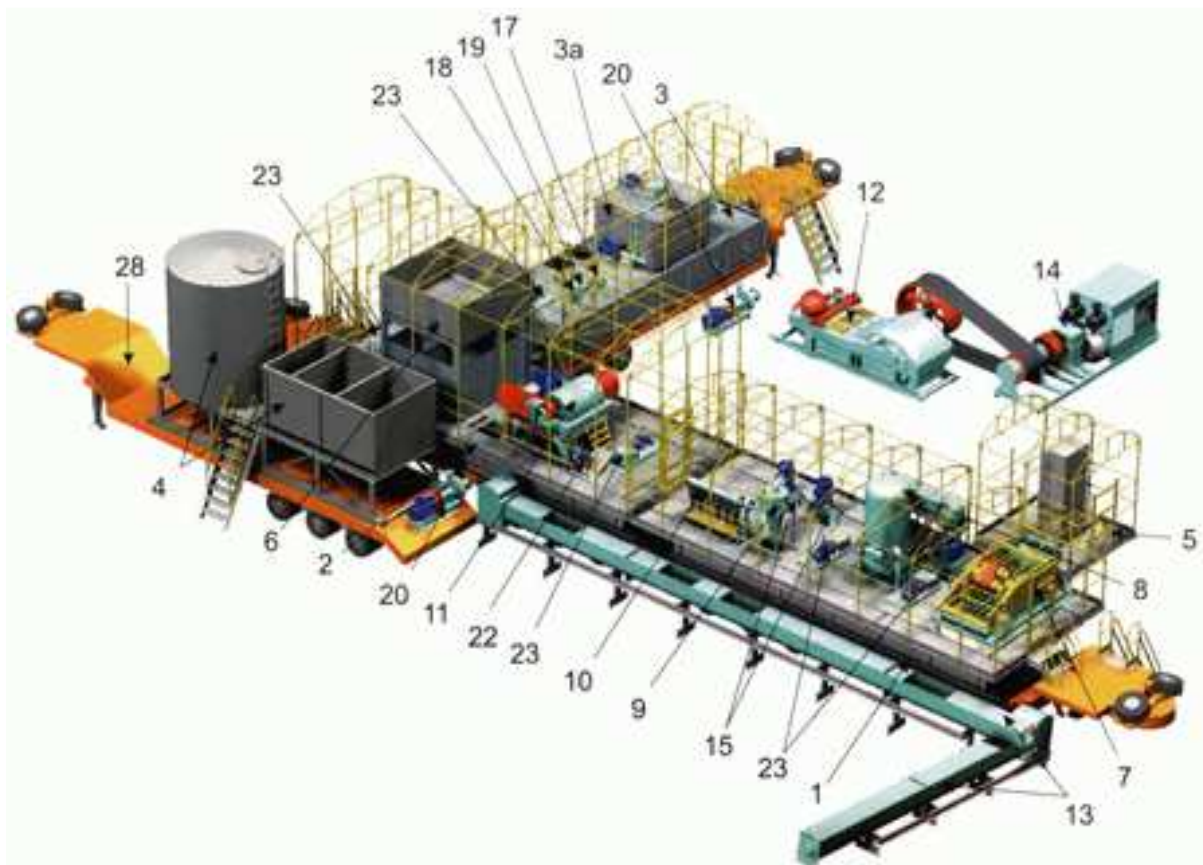
Оборудование циркуляционных систем для безамбарного бурения

За период 1990–2004 гг. произошло достаточно полное переоснащение циркуляционных систем новым современным оборудованием, обеспечивающим решение технологических и экологических проблем в области промывки скважин. Его качество и надёжность растут, как итог укрепляется тенденция закупки буровыми компаниями более дешёвых изделий отечественного производства. Кроме ценовых вопросов, для буровых компаний тем самым решается и проблема запасных частей, сервиса и квалификации обслуживающего персонала.

К сожалению, все современные разработки ранее и сейчас выполняются на инициативной основе и не финансируются ни бюджетом, ни нефтегазодобывающими предприятиями. Существующая тендерная система закупок зачастую производится при недостаточном участии технических специалистов, что приводит к приобретению более дешёвого, но не всегда качественного оборудования. Вследствие этого научно-производственные компании, занимающиеся созданием новых изделий, ограничены в сбыте своей более современной продукции и в финансировании собственных научных разработок.

Циркуляционная система буровой установки (ЦС) предназначена для обеспечения технологически правильной циркуляции бурового раствора, его очистки, приготовления, поддержания требуемых свойств, предотвращения загрязнения окружающей среды отходами бурения, причём требования экологической безопасности бурения становятся далеко не последними.

Циркуляционная система представляет достаточно сложную систему распределения потоков бурового раствора и химреагентов, водо- и электроснабжения, отопления и т.д. Основные составные ЦС: блок очистки, промежуточные и приёмные ёмкости, блоки приготовления буровых растворов и химреагентов.



Комплектность ЦС-БА		
1	Блок очистки 40 м ³	1 шт.
2	Блок промежуточный 40 м ³	1 шт.
3	Блок приемный 40 м ³	1 шт.
3а	Блок приготовления химических реагентов 5 м ³	1 шт.
4	Блок хранения химреагентов 40 м ³	1 шт.
5	Блок распределительных устройств	1 шт.
6	Блок флокуляции и коагуляции	1 шт.

Состав монтируемого оборудования ЦСМ-БА	Наименование	Количество
7	Вибросито СВ 1ЛМ	1 шт.
8	Дегазатор «Каскад 40.02»	1 шт.
9	Пескоотделитель гидроциклонный ГЦК-360	1 шт.
10	Илоотделитель ИГ45-М	1 шт.
11	Блок центрифуги БЦ	1 комплект
12	Буровой насос НБТ-475	1 шт.
13	Конвейер винтовой КВ-500	2 шт.
14	Дизельный агрегат В2-500ТК	1 шт.
15	Насос ВШН-150	2 шт.
16	Трубопроводная обвязка с запорно-распределительной и регулировочной арматурой	1 комплект
16	Диспергатор гидравлический ДГ-2	1 комплект
17	Диспергатор ДШ-100	1 шт.
18	Смеситель СМ-100 (с воронкой)	1 шт.
19	Насос 6Ш8-2	2 шт.
20	Контейнер для шлама 5 м ³ (не показан)	1 шт.
21	Насос 1ВПН*	1 шт.
22	Перемешиватель ПЛ	6 шт.
23	Перемешиватель гидравлический 4УПГ (не показан)	4 шт.
24	Полуприцеп-тяжеловоз	4 шт.

Основы экологии бурения, несомненно, лежат в очистке буровых растворов. Грамотное оснащение блоков очистки необходимым оборудованием в 2–3 раза снижает объём наработки бурового раствора, а получаемый шлам в этом случае нетекуч, легко поддаётся транспортировке и обезвреживанию по известным технологиям.

Блок очистки снабжён дегазатором «Каскад 40», виброситом СВ1ЛМ, ситогидроциклонным сепаратором (СГС – вибросито с установленным над ним пескоотделителем), илоотделителем, центрифугой ОГШ-50.

Вибросито является первой ступенью очистки и удаляет шлам размером от 100 мкм и выше. Фактически им удаляется не более 10–20 % грубодисперсной выбуренной породы. Очистная и пропускная способность вибросита определяется площадью ситовой поверхности, размером ячейки ситовой кассеты и виброускорением. Эти факторы для отечественных и импортных вибросит практически идентичны, т.е. их технологические характеристики близки. Так, вибросито СВ1ЛМ по своим техническим и технологическим показателям соответствует виброситу фирмы «SWACO» (виброускорение – 5,5 g, площадь ситовой поверхности – 2,6 м²). Оно оснащается трёхслойными кассетами со сроком службы 400 часов и выше, причём их стойкость зависит только от правильной эксплуатации. Известны экземпляры, простоявшие 700–1000 часов.

Определяющими для выбора вибросита являются, как правило, ценовые характеристики, надёжность и конструктивные параметры. Последний фактор весьма важен при оснащении действующих установок. Так, например, вибросито СВ1ЛМ может заменять ранее выпускавшееся вибросито ВС-1, и перепланировка оборудования при замене не требуется.

Вторая и третья ступени очистки – пескоотделители ПГ 60/300 и илоотделители ИГ 45М или ИГ 45/75. Как показали исследования, эти гидроциклонные установки справляются со своей задачей по качеству очистки. Минимальный размер удаляемых на 90 % частиц (граничное зерно разделения): пескоотделителей – 70–80 мкм, илоотделителей – 40–50 мкм. В целом гидроциклоны могут выделить до 30–40 % выбуренной породы.

Блоки очистки комплектуем установкой очистки на базе центрифуги ОГШ-50, разработанной ещё в 80-е годы прошлого столетия и инициативно доведённой до промышленного производства в начале 90-х годов. С 1990 года на предприятия отрасли было поставлено более 150 таких установок, из них около 40 – в ОАО «Сургутнефтегаз».

Определяющие факторы при выборе центрифуг – стоимость, степень очистки, надёжность, простота эксплуатации и ремонта.

Степень очистки зависит от диаметра, длины и частоты вращения ротора. Обычно при бурении используются центрифуги с частотой вращения не более 2000–2200 об./мин., т.к. работа на более высоких скоростях резко увеличивает износ и снижает срок службы. Производительность центрифуг по раствору является побочным фактором, завышаемым многими фирмами в рекламных целях. Её увеличение резко уменьшает качество очистки, т.к. склонный к диспергированию мелкий шлам остаётся в буровом растворе. Регулирование производительности центрифуги осуществляется простым изменением подачи питающего насоса.

Надёжность центрифуг высока. Срок службы составляет 4–6 лет и более.

Двадцатилетний опыт работы с отечественными и импортными центрифугами показал, что наиболее простыми в эксплуатации, монтаже и обслуживании являются ОГШ-50 с диаметром ротора 500 мм. Увеличенный диаметр ротора уменьшает его забиваемость шламом и исключает обязательное требование для центрифуг с меньшим диаметром ротора – предварительную тонкую очистку бурового раствора. Эти центрифуги могут удалять до 3 тонн шлама в час, в том числе и грубодисперсного.

Обязательный элемент ЦС – дегазатор «Каскад 40», заменивший известный ДВС-III. «Каскад 40» – это дегазатор непрерывного действия с периодической разгрузкой и площадью дегазационных пластин 5 м². К примеру, площадь поверхности дегазации ДВС-III – 1 м², дегазатора фирмы «SWACO» – около 2,5 м². Одно из достоинств «Каскада 40» – полная автономность в системе циркуляции бурового раствора. Его запуск в работу в отличие от импортных дегазаторов со струйными насосами не зависит от газосодержания бурового раствора. Напротив, запуск струйного насоса проблематичен, если содержание газа в растворе более 6–7 %, т.е. всегда требуется незагазированный буровой раствор. Кроме того, КПД вакуум-насоса дегазатора «Каскад 40» – около 90 %, а КПД струйного насоса редко превышает 20 %. Как следствие, вакуум в дегазаторах со струйными насосами всегда меньше, а значит, и ниже качество дегазации.

В ЦС входит также блок приготовления буровых растворов и химреагентов БПР-2, включающий насосы 6Ш8-2 и ПР63, перемешиватели типа ПЛМ, гидросмесители СГМ-100 и СГ-101, диспергаторы ДШМ-100 и ДГ-2, а также ёмкости для приготовления буровых растворов и химреагентов с выдачей последних на обработку раствора в БПР-2 или в систему циркуляции. Блок БПР-2 обеспечивает механизированное приготовление растворов, т.к. реагент подаётся на гидросмеситель из мешков или контейнеров через воронку или специальным пневмозагрузчиком.

Отдельное направление в производстве оборудования для промывки скважин – мобильные циркуляционные системы (МЦС), служащие для бурения скважин малого диаметра, вторых стволов и комплектации передвижных буровых установок.

Особенности проектирования и изготовления мобильных циркуляционных систем определяются следующими факторами:

- уменьшенный по сравнению с обычным бурением требуемый объём промывочной жидкости на дневной поверхности и невысокий её расход (8–20 л/с);
- заниженная высота устья (не более 2,5–3 м);

- минимальные габариты транспортных блоков;
- высокая монтажеспособность;
- низкая энергоёмкость;
- средства очистки должны выделять шлам пониженной влажности (нетекучий)

в целях уменьшения объёма вывозимых отходов бурения.

Исходя из этого, применение обычных средств очистки, приготовления и хранения бурового раствора не всегда целесообразно, а иногда просто невозможно. Поэтому помимо оборудования обычных ЦС в комплектацию мобильных ЦС входит специальное малолитражное малогабаритное оборудование.

Так, специально для мобильных ЦС налажено производство линейного вибросита СВ1ЛМ-02, имеющего длину 2400 мм и высоту уровня перелива бурового раствора 600 мм. Для бурения с расходом промывочной жидкости до 12 л/с разработано и выпускается однокассетное вибросито СВМ с площадью ситовой поверхности 1,2 м² и высотой уровня перелива 440 мм.

Оно же применяется для осушки шлама пескоотделителей. В малогабаритных пескоотделителях используются, как правило, гидроциклоны диаметром 150 мм, из которых набирается батарея циклонов на любой требуемый расход жидкости. Есть модификация с отключаемыми гидроциклонами, что удобно при бурении с разными расходами жидкости по мере углубления скважины. В мобильных ЦС целесообразно применение центрифуг небольшой мощности (до 12 кВт) типа ОГШ-32 и ОГШ-35. При подаче буровых насосов до 15 л/с центрифуги позволяют без разбавления бурить на плотности 1,1 г/см³, а в комплекте с виброситом и ситогидроциклонным сепаратором являются достаточным набором средств для эффективной очистки буровых растворов в мобильных блоках очистки с выходом нетекучего шлама.

Для приготовления буровых растворов в мобильных ЦС используются стандартные гидросмесители в комплекте с насосом 6Ш8-2 или малолитражные гидросмесители, работающие от специальных бессальниковых погружных насосов типа ПН мощностью до 12 кВт и производительностью до 60 м³/час. Эти же насосы применяются для обвязки пескоотделителя, а в комплекте с автоматическим регулятором уровня и для перекачки раствора из специальной устьевого ёмкости на вибросито в случае недостаточной высоты устья буровой установки. Насосы типа ПН требуют только периодической смазки подшипникового узла. Срок службы первых насосов, эксплуатируемых в настоящее время, превышает 8 лет. Для приготовления буровых растворов в малогабаритные ЦС встраивается система приготовления, аналогичная блоку БПР-2, или непосредственно используется БПР-2.

Как правило, ввиду недостаточной высоты устья и необходимости иметь на дневной поверхности требуемый объём бурового раствора, эксплуатация МЦС производится в стационарном варианте, а не с транспортного средства. Намечалась тенденция крупноблочного исполнения МЦС с возможностью перевозки без демонтажа оборудования и быстроразъёмным соединением блоков, что исключает дополнительные транспортные расходы, потери времени на монтаж, выход из строя оборудования при сборках, разборках и перевозке. За счёт этих факторов дополнительные расходы буровых компаний на приобретение более современного оборудования быстро окупаются.

Нужно отметить, что вариантов компоновки мобильных ЦС достаточно много и их проектирование и поставка производится по разовым техническим требованиям с привязкой к разным типам буровых установок и условиям бурения.

Как бы эффективно не работала система очистки, на буровой всегда образуются значительные объёмы шлама, избыточного бурового раствора и буровых сточных вод.

Избыточный буровой раствор насыщен коллоидной глиной, не сепарируемой из раствора обычными средствами очистки. Для отделения глины некондиционный раствор требуется обработать коагулянтами и флокулянтами с последующим разделением в центрифуге на техническую воду и сгущенный шлам.

Процесс обработки раствора осуществляется в блоке коагуляции и флокуляции БКФ, называемом также блоком химического усиления центрифуги. Он представляет систему ёмкостей для затворения реагентов, дозировочных насосов, расходомеров и трубопроводной обвязки.

Избыточный буровой раствор специальным дозировочным насосом подаётся в смесительный трубопровод и в него дозировочными насосами вводятся кислота, коагулянт и флокулянт с последующим поступлением смеси в центрифугу, в которой вода отделяется от твёрдой фазы, и они отдельно выводятся из центрифуги. Осветлённая жидкость поступает снова в БКФ для контроля и откачивается специальным насосом в ёмкости хранения. Твёрдая фаза направляется в шламоприёмники или амбар.

Производительность блока по раствору – до 3–4 м³/ч – позволяет перерабатывать 40–50 м³ раствора в сутки.

Важной задачей, которая должна быть решена при бурении скважин в природоохранных зонах, является захоронение или утилизация шлама. Широко распространён метод обезвреживания шлама путём смешения его с порошкообразными поглотителями, такими как цемент, доломит и другие материалы. После смешения шлам приобретает свойства безвредного минерального грунта.

Он состоит из скребковых транспортёров, двухвального смесителя и бункера порошкообразного материала с дозатором. Подлежащий обезвреживанию шлам экскаватором подаётся на первый транспортёр, который направляет его в смеситель. Одновременно из бункера в смеситель дозировано поступает порошок. Полученная смесь выгружается на второй транспортёр и далее в кузов самосвала или на специальную площадку. Через сутки смесь представляет собой сухую, не размокающую в воде комковую массу, похожую на грунт.

Производительность установки по шламу составляет 4–5 м³/ч. Она может устанавливаться как на скважине, так и на стационарном полигоне.

Такая установка работала в Астрахани на специальном полигоне, куда шлам транспортировался с буровой платформы «Астра», ведущей бурение на Каспийском шельфе, а также с других буровых установок, работающих в пойме Волги. К настоящему времени выпущено ещё 3 модификации установок для обезвреживания шлама.

При необходимости комплекс оборудования циркуляционной системы оснащается блоком очистки буровых сточных вод, что в целом решает задачу экологически безопасного, в т.ч. и безамбарного бурения.

Сложно судить о надёжности оборудования ЦС в связи с недостаточным качеством его эксплуатации. Так, при плохом натяжении ситовая кассета на вибросите выходит из строя за 50–100 часов. При правильном натяжении в соответствии с инструкцией срок её эксплуатации увеличивается до 400–500 часов и более.

Вибраторы выходят из строя из-за негерметичности ввода силового кабеля уменьшенного сечения в клеммную коробку электродвигателя. Хотя кабель нужного сечения поставляется в комплекте с виброситом, на монтаж он зачастую не попадает. Центрифуга ОГШ-50 весьма надёжна в эксплуатации, если после остановки её промывать, при запуске пользоваться автоматикой, имеющейся в силовом шкафу, и не подавать в неё раствор до полного разгона ротора.

Отрадно, что наметилась тенденция специального обучения инженеров по очистке, чему мы в известной степени обязаны сервисным зарубежным компаниям по буровым растворам, предъявляющим повышенные требования к средствам очистки и качеству обслуживания.

Утилизация отходов безамбарного бурения нефтяных скважин

1. Обезвреживание отходов бурения в процессе производства грунтошламовой смеси.

2. Использование грунтошламовой смеси при рекультивации нарушенных земель.

Состав и характеристики грунтошламовых смесей, требования к ним и исходным компонентам, методы испытаний, экологические показатели приведены в технических условиях ТУ 5711-007-55446355-2004 «Строительный материал для рекультивации нарушенных земель» и ТУ 5711-011-55446355-2004 «Смеси грунтошламовые для рекультивации нарушенных земель».

Комплекс работ по обезвреживанию буровых шламов может быть проведён на специализированных полигонах или площадках, обустроенных вблизи мест бурения скважин, рекультивации земель.

При переработке бурового шлама в строительный материал (смесь грунтошламовую) производится перемешивание в определённых пропорциях отходов бурения, торфа и песка. При необходимости по результатам анализов в смесь вводятся биоде-структоры углеводов, сорбенты, адаптогены, минеральные удобрения.

Грунтошламовая смесь является, по сути, грунтом, водно-физические и агрохимические свойства которого можно регулировать, изменяя соотношение компонентов композиции и вводя необходимые добавки. Смеси с минимальным содержанием торфа могут быть использованы в качестве грунта для засыпки выемок. При увеличении доли торфа в композиции и введении в неё расчётного количества элементов питания и мелиорантов грунтошламовая смесь применяется для создания плодородного рекультивационного слоя.

Рекультивация земель с использованием грунтошламовых смесей не вносит принципиальных изменений в принятые технологии, но имеет ряд специфических особенностей. На склоновых песчаных грунтах (откосы дорог, карьеров) при закреплении песков грунтошламовая смесь готовится из шлама и торфа с максимально высокой допустимой долей отходов бурения скважин, наносится слоем 10–15 см и перемешивается с грунтом фрезерованием на глубину 25–30 см. Для раскисления и оструктурирования торфяных почв готовится смесь из отходов бурения и песка.

Биологический этап рекультивации нарушенных земель включает создание рекультивационного слоя с использованием грунтошламовых смесей, повышение его плодородия в соответствии с потребностями растений, посев многолетних трав или посадку саженцев древесно-кустарниковой растительности, уход за посевами и посадками. Компоненты грунтошламовой смеси (торф и отходы безамбарного бурения скважин) обладают достаточно высоким потенциальным плодородием, что позволяет снизить расход минеральных удобрений и мелиорантов, но не исключает их применения. Нормы внесения агрохимикатов рассчитываются по результатам химического анализа смесей.

Соответствие характеристик грунтошламовой смеси технологическим, экологическим и санитарным нормам подтверждается в ходе сертификации продукции.

Рассмотрим технологию и комплект оборудования для безамбарного бурения, в т.ч. при восстановлении скважин методом резки боковых стволов.

Циркуляционная система очистки бурового раствора предназначена для снижения потребности в воде при проведении буровых работ за счёт регенерации отработанного бурового раствора (БР), а также сокращения объёма подлежащих утилизации буровых отходов, повышения экологической чистоты проведения буровых работ за счёт исключения выброса отработанного БР в окружающую среду. Очистка БР осуществляется механическим путём на виброситах и центрифугах, а также с помощью химического связывания мелкодисперсных коллоидных частиц глины в более крупные в блоке химического усиления с последующим их отделением на центрифугах с целью получения практически чистой воды для использования в буровом растворе.

В комплект входят:

- установка для грубой очистки БР (2 вибросита);
- установка для тонкой очистки БР (2 центрифуги);
- установка для перекачки БР (два винтовых насоса);
- установка для химического усиления очистки БР (блок химического усиления центрифуг);
- установка для грубой очистки бурового раствора – вибросито.

Циркуляционная система очистки бурового раствора предназначена для грубой очистки бурового раствора механическим путём. Технические характеристики установки представлены в таблице 1.

Установка для тонкой очистки бурового раствора (центрифуга) предназначена для тонкой механической очистки бурового раствора. Техническая характеристика центрифуги представлена в таблице 2.

Винтовой насос для подачи бурового раствора предназначен для перекачивания бурового раствора в циркуляционной системе очистки. Технические характеристики насоса представлены в таблице 3.

Таблица 1 – Технические характеристики установки для грубой очистки бурового раствора (вибросито)

Характеристики	Показатели
Производительность, м ³ /час	20
Площадь рабочей поверхности одной сеточной панели, м ²	0,97
Частота колебаний, Гц	15–35
Направление линии колебаний относительно поверхности сеток, угл.	50
Минимальный размер удаляемых частиц, мм	0,2
Тип привода	электродвигатель АИМ100 4 класса 45ТУ 16.525.666-86
Частота вращения, об./мин.	1500
Электрическое исполнение оборудования	взрывобезопасное
Климатическое исполнение	УХЛ категории 3 по ГОСТ 15150-69
Рабочая температура, °С, не менее	10
Габариты, мм	3300×2400×2200
Вес, кг, не более	2500

Таблица 2 – Технические характеристики установка для тонкой очистки бурового раствора (центрифуга)

Характеристики	Показатели
Производительность, м ³ /час.	25
Тип привода	электрический
Регулирование скорости барабана в диапазоне 0–300 об./мин.	бесступенчатое, гидравлическое
Тип соединения привода с барабаном	гидромуфта
Частота вращения входного вала номинальная, об./мин.	3000
Скольжение при выведенном черпаке	1,8
Рабочая жидкость	масло турбинное ТП «С» ГОСТ 15150-69
Объем рабочей жидкости, л	40
Регулирование разности скоростей вращения барабана и шнека, об./мин.	0–90
Напряжение питания, В	380
Частота, Гц	50
Установленная мощность, кВт	57
Электрическое исполнение оборудования	взрывобезопасное
Климатическое исполнение	УХЛ категории 3 по ГОСТ 15150-69
Рабочая температура, °С, не менее	10
Габариты, мм	3200×2145×2100
Размер барабана с коробкой скоростей, мм, не более	2600
Вес центрифуги, кг, не более	3600
Вес барабана, кг, не более	610

Таблица 3 – Технические характеристики винтового насоса для подачи бурового раствора

Характеристики	Показатели
1	2
Тип насоса	одновинтовой
Производительность, м ³ /час	15
Давление, МПа (кг/см ²)	0,1

Окончание таблицы 3

1	2
Внешняя утечка через уплотнение, м ³ /час (л/час), не более	5 · 10 ⁻⁵ (0,5)
Условное проходное сечение трубопровода Д, мм	125
Мощность электродвигателя, кВт	7,5
Напряжение питания, В	380
Частота, Гц	50
Габариты, мм	3065×810×943
Вес, кг, не более	900
Показатели применимости к буровому раствору из скважин:	
плотность, кг/м ³	
вязкость (по вискозиметру ВМ6), сек	17–60
максимальный размер твёрдых частиц, мм	0,83
максимальная концентрация взвешенных частиц по массе, %	10
кислотность, рН	5,0–5,5

Блок химического усиления центрифуг применяется в технологии безамбарного бурения и устанавливается на мобильных установках в комплексе средств очистки бурового раствора от выбуренной породы перед центрифугами.

Предназначен для получения чистой (прозрачной) воды и устанавливается в комплексе средств очистки бурового раствора от выбуренной породы и газа перед блоком регулирования твёрдой фазы (центрифугами) по проекту строительства скважины. Позволяет сократить объём отходов, требующих захоронения, на 70–90 % и сократить потребность в воде на 50–70 %.

Производятся 3 модификации блока химического усиления центрифуг – I, II и III. Технические характеристики различных модификаций блока химического усиления центрифуг представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики блока химического усиления центрифуг

Характеристики	Показатели блока I	Показатели блока II	Показатели блока III
Расходы:			
буровой раствор, л/мин.	110–150	110–150	150–200
вода для разбавления раствора, л/мин.	20–40	20–40	20–40
коагулянт, л/мин.	0,38–4,5	0,3–0,5	0,4–5,0
флокулянт, л/мин.	0,38–7,6	0,3–10,0	0,4–10,0
кислота, л/мин.	0–0,7	0–0,7	0–0,7
Общая установленная мощность, кВт	22	20	22
Напряжение питания	переменное 380 В, частотой 50 Гц	переменное 380 В, частотой 50 Гц	переменное 380 В, частотой 50 Гц
Режим работы	непрерывный	непрерывный	непрерывный
Класс взрывобезопасности:			
рабочее помещение	В1-а	В1-а	
помещение лаборатории	В1-б	В1-в	В1-г
Комплект лабораторного оборудования для определения параметров бурового раствора	поставляет заказчик	поставляет заказчик	поставляет заказчик
Расчётная температура в помещении при температуре окружающей среды – 45 °С, °С	18	18	18
Габариты, мм	10290×2440×2590	8620×2380×2380	5000×2380×2380
Вес, кг, не более	9500	9000	8000

Заключение

В ходе проведённых исследований было выявлено:

- безамбарный метод бурения нефтяных и газовых скважин был введён относительно недавно и является более экологичным по сравнению с остальными методами;
- безамбарный метод необходим при сложных местонахождениях скважин, которые нуждаются в сохранении и являются экологически важным ландшафтом (по законодательству РК на таких местностях применим только безамбарный метод бурения нефтяных и газовых скважин);
- за период 1990–2004 гг. произошло достаточно полное переоснащение циркуляционных систем новым современным оборудованием, обеспечивающим решение технологических и экологических проблем в области промывки скважин. Его качество и надёжность растут, как итог укрепляется тенденция закупки буровыми компаниями более дешёвых изделий отечественного производства. Кроме ценовых вопросов, для буровых компаний тем самым решается и проблема запасных частей, сервиса и квалификации обслуживающего персонала;
- особая роль при безамбарном методе уделяется утилизации отходов;
- происходит обезвреживание отходов бурения в процессе производства грунтошламовой смеси;
- используется грунтошламовая смесь при рекультивации нарушенных земель.

Литература

1. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Справочник инженера-эколога нефтегазодобывающей промышленности по методам анализа загрязнителей окружающей среды в 3 частях. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. – Ч. II: Почва. – 632 с.
2. Булатов А.И., Савенок О.В. Заканчивание нефтяных и газовых скважин: теория и практика. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2010. – 539 с.
3. Булатов А.И., Савенок О.В. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2010. – 522 с.
4. Булатов А.И. Буровые и тампонажные растворы для строительства нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для вузов. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 452 с.
5. Булатов А.И. [и др.]. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
6. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
7. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин» в 4 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013-2014. – Т. 1–4.
8. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин в 4 томах. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
9. Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Освоения нафтових і газових свердловин. Наука і практика : монографія. – Львів : Сполом, 2018. – 476 с.
10. 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.
11. Мищенко В.И., Картунов А.В. Приготовление, очистка и дегазация буровых растворов. – Краснодар : Издательство «АРТ Пресс», 2008. – 330 с.
12. Попов В.В. [и др.]. Геоинформатика нефтегазовых скважин. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
13. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
14. Третьяк А.Я., Савенок О.В., Рыбальченко Ю.М. Буровые промывочные жидкости : учебное пособие. – Новочеркасск : Лик, 2014. – 374 с.
15. Безамбарное бурение. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65635b2ac68a4c43b89421316d37_0.html
16. Компания АО «ПромКомплектСервис» – производство систем очистки и регенерации буровых растворов. – URL : <https://www.pks.su/>
17. Абалаков А.Д. [и др.]. Инженерно-экологическое зонирование для обоснования проекта обустройства Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Тезисы докладов Всероссийской конференции «Экология ландшафта и планирование землепользования» (11–12 сентября 2000 года, г. Иркутск). – Новосибирск : Издательство Сибирского отделения РАН, 2000. – С. 4–7.

18. Ага-заде А.Д. [и др.]. Разрушение эмульсионного нефтешлама // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 38–40.
19. Мищенко В.И., Добик А.А. Отечественное оборудование циркуляционных систем для безамбарного бурения и капитального ремонта нефтяных и газовых скважин // Бурение и нефть. – 2004. – № 11. – С. 38–41.
20. Поварова Л.В. Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 1. – С. 189–205.
21. 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.
22. Савенок О.В., Поварова Л.В., Березовский Д.А. Перспективы использования физико-химического и математического моделирования для разработки высокоэффективной комплексной технологии очистки и подготовки пластовых вод // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 66–71.
23. Янин И.М., Маркелова Н.Л. Проблема обвешивания нефтешламов // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 252–254.

References

1. Bulatov A.I., Makarenko P.P., Shemetov V.Yu. Handbook of oil and gas industry environmental engineer on methods of analysis of environmental pollutants in 3 parts. – M. : LLC «Nedra-Business Center», 1999. – Part II: Soil. – 632 p.
2. Bulatov A.I., Savenok O.V. Finishing of Oil and Gas Wells: Theory and Practice. – Krasnodar : Enlightenment-South LLC, 2010. – 539 p.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V. Complications and Accidents in the Construction of Oil and Gas Wells. – Krasnodar : Enlightenment-South LLC, 2010. – 522 p.
4. Bulatov A.I. Drilling and plugging solutions for construction of oil and gas wells : a training manual for universities. – Krasnodar : Enlightenment-South LLC, 2011. – 452 p.
5. Bulatov A.I. [et al.]. Ecology in the construction of oil and gas wells : a textbook for students of higher education institutions. – Krasnodar : Enlightenment-South LLC, 2011. – 603 p.
6. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 576 p.
7. Bulatov A.I., Savenok O.V. Workshop on the discipline «Finishing oil and gas wells» in 4 volumes : a training manual. – Krasnodar : South Publishing House, 2013–2014. – Vol. 1–4.
8. Bulatov A.I., Savenok O.V. Oil and gas wells overhaul in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012–2015. – Vol. 1–4.
9. Bulatov A.I., Kachmar Y.D., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Development of oil and gas wells. Science and Practice : Monograph. – Lvov : Spolom, 2018. – 476 p.
10. Bulatov A.I., Savenok O.V., Rachmatullin D.V. Drilling Fluids Engineering Manual in 4 volumes. – Ufa : LLC «Pervaya typographia», 2019. – Vol. 1–4.
11. Mishchenko V.I., Kortunov A.V. Preparation, cleaning and degassing of drilling fluids. – Krasnodar : «ART Press» Publishing House, 2008. – 330 p.
12. Popov V.V. [et al.]. Geoinformatics of the oil and gas wells. – Novocherkassk : «Lik» Publishing House, 2018. – 292 p.
13. Savenok O.V., Kachmar Yu.D., Yaremychuk R.S. Oil and gas engineering at squa-gin development. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
14. Tretiak A.Ya., Savenok O.V., Rybalchenko Yu.M. Drilling flushing fluids : a textbook. – Novocherkassk : Lyk, 2014. – 374 p.
15. Besambarless drilling. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65635b2ac68a4c43b89421316d37_0.html
16. PromKomplektService JSC is a company producing systems for cleaning and regeneration of brown solutions. – URL : <https://www.pks.su/>
17. Abalakov A.D. [et al.]. Engineering and ecological zoning for the justification of the Kovykta gas condensate field development project // Abstracts of the All-Russian Conference «Landscape Ecology and Land Use Planning» (September 11–12, 2000, Irkutsk). – Novosibirsk : Publishing House of the Siberian Branch of RAS, 2000. – P. 4–7.
18. Ага-заде А.Д. [и др.]. Destruction of emulsion oil-slime // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 5. – P. 38–40.
19. Mishchenko V.I., Dobik A.A. Domestic equipment of the circulation systems for a barrelless drilling and overhaul repair of the oil and gas wells // Drilling and oil. – 2004. – № 11. – P. 38–41.

20. Povarova L.V. Analysis of the oil-containing waste water treatment methods // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). –2018. – № 1. – P. 189–205.
21. Povarova L.V. Rational use of industrial waste water : Actual issues of environmental protection / collection of reports of the All-Russian Scientific and Technical Conference (17–19 September 2018, Belgorod), Section 2: Treatment of natural and waste water. – Belgorod : Publishing House of Belgorod State University of Technology and Technology, 2018. – P. 160–167.
22. Savenok O.V., Povarova L.V., Berezovsky D.A. Perspectives of using of the physical-chemical and mathematical modeling for development of the high-efficiency complex technology of the formation water treatment and preparation // Ecology and industry of Russia. – 2019. – Vol. 23. – № 3. – P. 66–71.
23. Yanin, I.M., Markelova, N.L. Problem of the oil sludge obvitization // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 4. – P. 252-254.