

*Г. А. КУДАЙКУЛОВА*

## **ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ СКВАЖИН**

*(Представлена академиком НАН РК Б. Р. Ракишевым)*

В обзоре рассмотрены важнейшие факторы, влияющие на экологическую обстановку при бурении скважин. Обоснованы два пути обеспечения нормативного качества природной среды при строительстве скважин – это совершенствование основных технологических процессов в направлении резкого повышения уровня их экологичности и создание специальных технологий обезвреживания, утилизации и обработки отходов бурения.

Интенсивный рост объемов бурения за последние годы при разведке твердых и жидких полезных ископаемых, а также большие объемы производственно-технологических отходов бурения (ПТОБ), несовершенство циркуляционных систем, наличие в буровых растворах и их отходах вредных веществ, – все это проявляется в загрязнении окружающей среды (ОС).

В настоящее время обеспечение нормативного качества природной среды при строительстве скважин возможно двумя путями – совершенствованием основных технологических процессов в направлении резкого повышения уровня их экологичности, включая применение экологически чистых видов буровых растворов, и созданием специальных технологий утилизации отходов

бурения и нейтрализации их вредного воздействия при сбросе в объекты ОС.

Как следует из анализа отходов бурения, в последнее время отмечается тенденция к усилению их загрязненности, прежде всего органикой. Это связано с более широким применением для обработки буровых растворов полимерных химреагентов, в удельном весе которых преобладают реагенты – стабилизаторы и понизители водоотдачи, т.е. наиболее стабильные соединения, мало подверженные термогидролитической деструкции.

Важным фактором, влияющим на экологическую обстановку при бурении, являются литологические особенности разреза района: присутствие горизонтов минеральных легкорастворимых

солей и сульфатов, ионы которых переходят в воду. Опасность представляет присутствие в разрезе каменной и калийной солей, гипса, ангидрита, способных под влиянием буровых растворов к растворению. Это приводит к превышению предельно допустимой концентрации содержания солей в фильтрате.

Повысив минерализацию при контакте с литологическими разностями таких пород, подземные воды по тектоническим трещинам могут поступать во время бурения в ствол скважины, а оттуда – вынесенными на поверхность. Здесь они изменяют солевой состав поверхностных вод и почв, ухудшая их.

В буровой раствор могут поступать также инертные химические примеси и их смеси. Наиболее интенсивное загрязнение бурового раствора происходит при проходке осадочных пород (рыхлых, слабосцементированных) и особенно при поступлении в раствор глинистых и глинодержащих пород.

Загрязнение буровых растворов химически активными примесями (сульфатами, карбонатами, сульфидами и др.) встречается при бурении скважин по гипсам, ангидритам и карбонатным породам, при проходке отложений солей, при вскрытии минеральных вод. Буровые растворы загрязняются карбонатами и бикарбонатами при попадании в них  $\text{CO}_2$  из разбуриваемых пород, из пластовых вод, при введении в раствор неоправданно большого количества кальцинированной соды или бикарбоната натрия, вследствие теплового и бактериального распада химических реагентов (лигнина, лигносульфонатов, гуматов, КМЦ, крахмала, таннинов) и адсорбции  $\text{CO}_2$  раствором из отработанных газов. Все это вызывает нежелательные (иногда недопустимые) изменения свойств растворов, требует частичной или даже полной замены бурового раствора.

Скорость поступления твердых частиц в буровой раствор определяется скоростью бурения, диаметром скважины и формой поражения породы на забое скважины породоразрушающим инструментом. Начальное (до начала углубки) содержание твердой фазы в растворе зависит от качества (сорта) глиноматериалов, используемых для получения раствора. При применении низкосортных глиноматериалов содержание глины в растворе может составлять 150–300 кг/м<sup>3</sup> и более, песка – более 12 %.

Непрерывно поступающие в буровой раствор частицы разбуренной породы диспергируются и удерживаются во взвешенном состоянии благодаря наличию в растворе реагентов, наиболее широко употребляемых в практике буровых работ, что способствует еще более быстрому изменению плотности и вязкости исходного раствора.

К ПТОБ относятся буровые сточные воды – БСВ, отработанный буровой раствор – ОБР и буровой шлам – БШ.

Наибольшую опасность для ОС представляют жидкие отходы бурения (главным образом, БСВ), так как они являются самым подвижным и легко аккумулирующим загрязнителем. Вместе с тем как сырье для регенерации из них активных компонентов БСВ являются «тощими» и представляют собой разбавленный раствор вредного вещества с концентрацией, как правило, до 0,1–1 % и, за редким исключением, до 2,5 %. Требуемая глубина извлечения из БСВ загрязнителей составляет 0,01–0,03 % от определяемого нормативами экологически безопасного уровня как для сброса, так и для утилизации в технологическом цикле буровой. Как видно, система обезвреживания БСВ относится к данной технологии, более сложной, трудоемкой, энергоемкой и дорогостоящей, чем обычная технология. Полная утилизация более концентрированных суспензий (ОБР) или шламовых масс путем регенерации и извлечения из них ценных компонентов (утяжелителя, глинопорошка, отдельных химреагентов и т.д.) в промышленных условиях в настоящее время также экономически невыгодна из-за сложности и громоздкости технологических процессов. Буровые же установки на сегодняшний день специальной техникой для решения указанных задач не оснащены. Поэтому требуется пересмотреть не только сложившееся положение с переработкой и обезвреживанием отходов, но и всю концепцию буровых работ с позиций экологии.

В связи с этим на повестку дня поставлен вопрос разработки экологически безопасной малоотходной, ресурсосберегающей и природовосстанавливающей технологии бурения скважин с применением экологически чистых буровых растворов, предусмотрев очистку, обезвреживание и максимально возможную утилизацию отходов бурения.

**Применение высоких технологий обезвреживания, очистки и утилизации ПТОБ.** Основным принципом выбора метода очистки БСВ является состав сточной воды. Среди многообразия подходов в настоящее время наиболее удачным и общепризнанным считается подход, предложенный Л. А. Кульским [1]. Его основу составляет классификация примесей по признаку фазового дисперсного состояния веществ в растворах. Согласно ему, все примеси, содержащиеся в воде, делятся на четыре группы:

1. Взвеси в виде тонкодисперсных суспензий и эмульсий.
2. Коллоидные и высокомолекулярные соединения.
3. Растворимые органические вещества и газы.
4. Растворимые минеральные соли.

Загрязнители БСВ, относящиеся к первым двум группам, представляют собой гетерогенные системы со специфической кинетической и агрегативной устойчивостью. Они являются, как правило, термодинамически неустойчивыми системами. Загрязнители 3-ей и 4-ой групп относятся к гомогенным системам и являются термодинамически устойчивыми и обратимыми.

Для очистки воды от веществ 1-ой группы наиболее эффективны методы, основанные на использовании естественных и многократно усиленных сил гравитации, а также сил адгезии [2, 3]. Характерной особенностью загрязнителей 2-ой группы является их способность к образованию устойчивой коллоидно-дисперсной системы. Для очистки воды от таких загрязнителей целесообразно применять коагуляционные методы, основанные на использовании веществ, изменяющих состав и концентрацию дисперсной фазы [4–6]. Загрязнители 3-ей группы наиболее эффективно удаляются из воды методами физико-химического окисления, адсорбции и аэрирования [7, 8]. И, наконец, удаление растворимых веществ (4-ая группа) из воды осуществляется путем их перевода в малорастворимые соединения, методом ионного обмена, а также мембранными методами [9–11].

Такой подход позволяет выбрать наилучший способ очистки воды разного состава. Учитывая, что БСВ по своему генезису являются гетерогенными коллоидно-дисперсными системами с высокой агрегативной устойчивостью, содержащими к тому же и растворимые примеси,

следует ожидать, что для очистки можно использовать практически все известные методы. Однако из-за преимущественного содержания в них веществ, находящихся в коллоидно-дисперсном состоянии, предпочтение в любом случае следует отдавать коагуляционным методам.

Разновидностью коагуляционного метода является флотация и электрофлотация [12–14]. Авторами работы [14] был разработан электрофлотационный метод очистки сточных вод на площадях Атырауской области Казахстана. При этом разработана принципиальная схема электрофлотационной технологии для очистки больших и малых объемов сточных вод, которая может использоваться не только на нефтеперерабатывающих заводах, но и на автозаправочных станциях, станциях технического обслуживания. Преимуществом данной технологии является то, что в ней не применяются коагулянты и флокулянты, и тем самым упрощаются существующие технологии очистки больших и малых количеств сточных вод от эмульгированной нефти и нефтепродуктов.

Биохимический метод очистки БСВ является перспективным в настоящее время [15–17]. Он находит применение в очистке производственных сточных вод ряда отраслей народного хозяйства. Этот метод основан на способности некоторых микроорганизмов извлекать из воды органические вещества различного генезиса и использовать их в качестве питательного субстрата. Преимуществами этого метода являются возможность удаления одновременно разнообразных по химическому составу соединений, простота решения и низкие эксплуатационные затраты.

Работы исследователей последних десятилетий показали, что подбором и внесением организмов можно существенно изменять качество воды, т.е. интенсифицировать биосамоочищение водоемов в десятки и сотни раз.

На площадях «Уфанефть» был успешно применен препарат Белвитамил, технология применения которого была разработана объединением «БашНИПИнефть» [17]. С его помощью было улучшено экологическое состояние водоемов, загрязненных нефтепродуктами. Промысловые испытания по очистке водной поверхности от нефтепродуктов авторы проводили на оз. Мурый-Куль в весенне-летний период.

Как свидетельствует анализ состава и свойств БСВ, нередко встречаются сточные воды со значительным содержанием растворимых солей, причем в количествах, превышающих известные допустимые нормативы соответствующего направления утилизации или сброса. Они требуют обессоливания.

Основными методами деминерализации вод являются следующие: термический, мембранный, ионный обмен и гидротехнический.

Физикохимия процессов доочистки вод достаточно хорошо изучена и изложена в классических работах [18–20].

Анализ методов очистки и доочистки БСВ позволяет оценить их эффективность и принципиальную применимость для практики бурения, а также выбрать наиболее прогрессивные направления работ в области водоочистки при строительстве скважин. Из сравнительной оценки эффективности и возможностей рассмотренных методов следует, что наиболее эффективным методом очистки БСВ является коагуляционный метод, а методом доочистки (деминерализации) – ионный обмен.

Зарубежные фирмы такие, как «Alfa – Laval», «KHD Humbolt Wedag», «Oiltools International», «Brandt», «Baker Hughes», «Newpark International Services» и ряд других занимаются разработкой и созданием природоохранных технологий, включающих центрифуги системы очистки буровых растворов в качестве основного элемента всей технологии обработки жидких и полужидких отходов бурения. Кроме того, они ориентируются на применение экологически чистых систем буровых растворов как обязательного элемента экологически чистой технологии строительства скважин, а также применение специальной техники, обеспечивающей минимальный объем образования ПТОБ, их очистку и обезвреживание до соответствующего уровня, определяемого действующими природоохранными нормативами.

Фирма «Varoid» (Halliburton) разработала две системы для утилизации отходов бурения и предотвращения загрязнения природной среды: системы «Энвайро-Флок» и «Энвайро-Фик» [21].

Система «Энвайро-Флок» обеспечивает обезвреживание полужидких отходов бурения и очистку водной фазы бурового раствора и БСВ. Применение центрифуг решает задачи обезвреживания шлама и разделения бурового раствора на

фазы. Данная система применима для всех систем буровых растворов на водной основе.

Фирма «Kem-Trop» располагает технологией и оборудованием для снижения объемов образования отходов бурения, обезвреживания буровых растворов и шлама, очистки буровой сточной воды и фугата бурового раствора [22]. Технология заключается в следующем. Буровой раствор перед подачей в указанную систему подвергается очистке от выбуренной породы с использованием двух вибросит фирмы «Derrick» и ситогидроциклонной установки. Система разделения жидкой и твердой фаз буровых растворов основана на использовании центрифуги этой фирмы, в которую винтовым насосом подается буровой раствор, предварительно обработанный флокулянт. После разделения фаз фугат направляется в емкость для обработки коагулянт и флокулянт, а обезвоженный шлам поступает на транспортер, по которому отводится в отведенное на территории буровой место. Обработанные коагулянт и флокулянт БСВ и фугат бурового раствора проходят через систему двойного фильтрования. Фугат и сточная вода после обработки химреагентами пропускаются через центрифугу и далее используются в системе оборотного водоснабжения или сбрасываются на рельеф местности.

Фирма «Swaco Geolograph» также разработала технологию экологически безопасного бурения, которая предусматривает очистку сточной воды, разделение бурового раствора на фазы, обезвреживание шлама и его отверждение специальным составом на основе цемента (системы ES и FPS).

Перспективным направлением утилизации ОБР представляется его *использование для крепления скважин*. При этом возможны два варианта. По первому варианту ОБР используется в качестве добавок к известным тампонажным материалам, традиционно применяемым в практике цементирования скважин, по второму – ОБР используется в качестве основного тампонажного материала. Так, фирма «Dresser Magcobar» разработала тампонажный материал, для приготовления которого использован ОБР на водной основе [22]. При этом отмечается, что наличие утяжелителя играет положительную роль, так как он способствует увеличению прочности полученного тампонажного камня. Достоинством такого материала является его хорошая совместимость

с буровым раствором, что приводит к повышению качества сцепления тампонажного камня с породами интервала цементирования и обсадной колонной в затрубном пространстве, а также отсутствие усадки.

Технологии *биообработки* твердых отходов широко применяются в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях и включают в себя компостирование (метод Composting) и земельную обработку (методы распространения по земле и метод запахивания в землю Landfarming) [23].

Наиболее прогрессивным направлением утилизации ОБР является их использование в качестве исходного сырья для грубой строительной керамики, в частности, в производстве керамзита и глинистого кирпича. Предпосылкой этого служит компонентный состав ОБР, основу которого составляет глина, являющаяся главным компонентом бурового раствора и находящаяся в высокодисперсном состоянии. Причем глинистая фракция ОБР представлена в подавляющем большинстве случаев глиной высокого качества (бентопорошок), что придает такому сырью хорошие технологические свойства.

Также интересные данные были получены при оценке возможности использования ОБР для производства строительного кирпича. Исследования проводили по стандартной методике, принятой для изделий грубой строительной керамики [24]. Для этого в исходную глинистую сырьевую смесь вводили различные количества ОБР и определяли реологические свойства шихты и свойства керамического изделия.

Приоритетным направлением обезвреживания отходов бурения является их *отверждение*. Обезвреживающий эффект при этом достигается за счет превращения отходов бурения в инертную консолидированную массу и связывания в ее структуре загрязняющих веществ, что практически исключает миграцию их за пределы отвержденного бурового раствора. Такую отвержденную массу можно захоронить в земляных амбарах непосредственно на территории буровой без нанесения ущерба окружающей среде. Ввод в ОБР активирующих добавок позволяет кроме того получать отвержденную массу, выдерживающую нагрузку, которую создает транспортная техника. При этом значительно упрощается процесс захоронения, облегчается последующая планировка и рекультивация амбаров.

Американская фирма Resource Conservation разработала технологию отверждения шламовой массы амбара полимерным материалом и создала передвижную установку для этой цели.

Японскими специалистами для отверждения БШ предложен состав, включающий портландцемент, безводный гипс и добавки порошкообразного материала некоторых солей [25].

Фирма Chemfix Crossford Pollution Services (Великобритания) рекомендует обрабатывать БШ некоторыми растворами силикатов в присутствии коагулянтов [26]. Получаемый при этом твердый материал может быть утилизирован, т.е. использован для покрытия автостоянок или же безвредно сброшен на поверхность почвы.

Наиболее доступным направлением утилизации ОБР является их *повторное использование для бурения новых скважин*. В этой области имеется богатый опыт зарубежных фирм, а также отечественной практики бурения. Этот подход оправдан не только с экологической, но и с экономической точки зрения, так как он обеспечивает значительное сокращение затрат на приготовление буровых растворов.

В отечественной практике бурения повторное использование буровых растворов также находит широкое применение, особенно при кустовом бурении и в районах с развитой транспортной сетью. Однако это важное и экологически целесообразное направление утилизации ОБР не везде осуществимо из-за специфических природно-климатических и ландшафтных условий районов ведения буровых работ, значительной удаленности буровых друг от друга, что делает его экономически невыгодным мероприятием. Например, расчеты показывают, что затраты на транспортировку ОБР на расстояние свыше 250 км начинают превышать стоимость раствора, приготавливаемого на месте.

Мировая добывающая промышленность имеет огромный опыт применения различных методов закачки отходов бурения, которые успешно используются в настоящее время и при работе на постсоветском пространстве. Так, на шельфе о. Сахалин для ликвидации выбуренного шлама и отработанного бурового раствора компания «Сахалин Энерджи» выбрала метод закачки отходов бурения в пласты как наиболее экологически безопасный способ их утилизации [27].

«Сахалин Энерджи» изучила несколько возможных вариантов утилизации отходов бурения, включая такой нетрадиционный, как перекачка пульпы шлама на берег по трубопроводу.

Научный и инженерный анализы показали, что закачка отходов бурения, образующихся при освоении морских месторождений о. Сахалин, в глубокие горизонты является осуществимым и рентабельным способом их утилизации, который характеризуется низким уровнем риска как для ОС, так и для безопасности людей.

Несмотря на очевидные преимущества утилизации отходов бурения, самым доступным является их ликвидация путем захоронения в специально отведенных местах, в глубоководных подземных горизонтах, так называемых полигонах [28]. Исторически полигоны были самыми экономически выгодными и наиболее приемлемыми с точки зрения охраны ОС методами устранения твердых отходов бурения.

В настоящее время в мировой практике строительства полигонов используются самые различные материалы, обеспечивающие полную изоляцию от загрязняющих веществ. Среди этих продуктов следует отметить геосинтетические материалы, выпускаемые немецким предприятием «Naue Fasertechnik». Продукция, выпускаемая этим предприятием, отвечает самым строгим технологическим требованиям, регулирующим нормы обращения, захоронения, изготовления и применения экологически опасных веществ, таких нормативных актов, как Germany's Water Conservation Act (WHG) (Немецкое положение в водном хозяйстве) и Britain's Environmental Protection Act (EPA) (Британское положение по защите окружающей среды).

Геосинтетические материалы такие, как CARBOFOL, BENTOFIX, SECUTEX, DEPOTEX и другие имеют высокий уровень качества и надежности, они многофункциональны, экономичны и просты в использовании [29].

В настоящее время казахстанские геологоразведочные и нефтяные буровые компании уже приобретают немецкие геосинтетические материалы для использования строительства не только полигонов, но и гидротехнических сооружений, строительства дорог и тоннелей.

Таким образом, анализ и оценка современного состояния технологии обезвреживания, очистки и утилизаций ПТОБ и применения этих

технологий позволили сделать вывод о едином принципиальном подходе к решению стоящих задач при многообразии инженерных разработок. Решающими факторами при этом являются экологичность, экономичность, совместимость с отечественными системами буровых установок, а также простота и удобство в обслуживании и эксплуатации.

**Применение экологически чистых буровых растворов.** Сегодня основным требованием к буровым растворам является то, что они должны выполнять свои функции в самых различных условиях (повышенной температуры, давления), функционировать в различных (вертикальных, горизонтальных, наклонных и др.) скважинах и при этом не причинять вреда ОС. Компоненты буровых растворов должны быть выбраны таким образом, чтобы попадание бурового раствора или шлама на рельеф оказывало минимальное влияние на ОС.

В настоящее время исследователи и создатели буровых растворов в работе руководствуются в значительной степени экологическими требованиями. Здоровью работников также уделяется немалое внимание: компоненты буровых растворов выбираются так, чтобы минимизировать риск причинения вреда здоровью сотрудников.

Раньше растворы готовились прямо на месте бурения скважины. Сегодня в Березниках (Верхнекамье) действует специальный растворный узел, так называемый мини-завод по производству этих растворов, которые уже в готовом виде завозятся на скважину. Это значительно улучшает экологическую обстановку на объекте бурения.

В настоящее время на месторождениях Казахстана применяются экологически чистые саморазлагающиеся буровые растворы на основе различных полимеров, в том числе полисахаридов – крахмалов. Большое распространение получили экологически чистые реагенты французской фирмы «Промафор», немецкого концерна «Байер», которые представляют собой смеси натриевых солей полиакрилатов, биополимеров и КМЦ, а также облагороженной КМЦ. Используемые смазочные добавки, пенообразующие агенты также представляют собой экологически чистые соединения или биоразлагающиеся продукты.

Утилизацию буровых растворов проводят согласно следующей схеме – по мере выработки очищают, вывозят, закачивают в депонирующие

скважины, чтобы не нарушить экологический баланс. Ту соль, которую при бурении извлекали на поверхность, прежде вывозили на комбинаты, в шламоотстойники. Теперь эти соли используются повторно, при заготовке раствора для его пополнения. Также получило распространение строительство полигонов для захоронения буровых солевых шламов [28].

Институтом проблем использования природных ресурсов и экологии АН Белоруссии, БелНИГРИ и Белорусской гидрогеологической экспедицией БелГЭ разработаны экологически безопасные буровые растворы на основе сапропелей и торфа. Сапропелевые буровые растворы пригодны для проводки скважин в глинистых и карбонатных породах, отложениях соли, а также при вскрытии продуктивных пластов. Во многих случаях сапропели могут заменить глину и мел, при этом получают растворы с малым содержанием твердой фазы и незначительным расходом щелочных и полимерных реагентов в ПАВ. Следует указать, что поскольку концентрация твердой фазы сапропелевых растворов невелика (2–8 %), то соответственно расход реагентов в два – три раза меньше, чем для обработки глинистых и меловых буровых растворов. На основе сапропелей получены эффективные и дешевые реагенты и модификаторы для глинистых растворов.

Отличительной особенностью сапропелевых и торфяных растворов является их хорошая совместимость с глинистыми, карбонатными и минерализованными растворами, а также со всеми полимерными добавками.

В последние годы на различных буровых предприятиях России (Архангельскгеология, Татнефть, Укрзападгеология, Черниговнефтегазгеология, Уренгойгеология и др.) широко используется реагент КЛСП (карболигносульфонат пековый) для приготовления различных буровых растворов для бурения в глинистых породах, а также качественного вскрытия карбонатных и терригенных коллекторов. В зависимости от содержания и вида твердой фазы добавка реагента КЛСП составляет 1–5 мас. %. Буровые растворы, стабилизированные КЛСП, устойчивы к воздействию температуры до 160–180 °С и минерализации по хлористому натрию до 250 мас. %, отличаются улучшенными смазочными свойствами и уменьшают коррозию бурового обору-

дования. Комплексный реагент и его модификации не содержит в своем составе компоненты, обладающие токсичными свойствами, требования техники безопасности соответствуют требованиям при работе с водорастворимыми эфирами целлюлозы.

Буровые растворы, обработанные комплексным реагентом, являются экологически чистыми, что нельзя достичь при обработке буровых растворов другими химическими реагентами.

В Институте ИБХФ разработано новое поколение экологически чистых биополимерных материалов из возобновляемого растительного сырья. Открыта принципиально новая каталитическая система, позволяющая с высокой эффективностью окислять полисахариды молекулярным кислородом с получением полиоксикислот в качестве основных продуктов. Окисление проводится при умеренных температурах (до 60–80 °С) в присутствии щелочей, дешевых и доступных катализаторов в водных растворах при атмосферном давлении и интенсивном перемешивании растительного сырья, в том числе не утилизируемых отходов сельского хозяйства, запасы которых в мире составляют миллионы тонн. Процесс получения модифицированного растительного сырья (МРС) одностадийный и безотходный, не требует применения сложного нестандартного оборудования. МРС – дешевый, нетоксичный, биоразрушаемый, хорошо растворимый в холодной воде, не имеющий аналогов в мировой практике реагент; может быть использован взамен дорогостоящих (преимущественно импортных) реагентов на основе ПАА, ПАН и КМЦ.

Таким образом, применение экологически чистых видов буровых растворов, включающих экологически чистые полимерные соединения, а также минимизации объемов буровых отходов и затрат на утилизацию промывки скважин являются важными путями экологизации промывки скважин.

Для реализации этих путей нужно иметь возможность контролировать экологичность промывки скважин на всех ее этапах, включая разработку рецептуры раствора до размещения отходов бурения в ОС.

В западных странах со стороны правительств, парламентов и общественности продолжает усиливаться интерес к использованию эффективных методов разработки месторождений, в том числе

при проведении буровых работ. Эти методы должны быть достаточно экономичными из-за возросших расходов на проведение разведки и разработки месторождений в условиях экономического спада.

В результате принимаются более строгие правила проведения операций, которые должны полностью соблюдаться буровыми предприятиями. Попытки избежать соблюдения этих правил ведут неизбежно к выплатам крупных штрафов, которые могут повлиять на репутацию фирм. Поэтому геологоразведочная и нефтяная промышленности стремятся использовать новые надежные методы защиты ОС, улучшающие проведение работ. Фирмы внимательно следят за появлением новых способов борьбы с загрязнением и стремятся воспользоваться теми из них, которые наиболее подходят к определенным условиям конкретных месторождений. Контакты в этом отношении с правительственными ведомствами поддерживаются постоянно.

В США фирмы консультируются с Агентством по защите окружающей среды (EPA). Агентство разрабатывает допустимые уровни загрязнения грунта и подземных вод на основе постоянно проводимых детальных исследований, а также рассматривает вопросы, связанные с присутствием загрязнителей в морской среде. Агентство подняло и вопрос о возможно допустимых концентрациях компонентов отработанных буровых растворов в поступающей из скважин воде, а также установило нормы загрязнения в очищенной промысловой воде.

Крупные исследования в отношении создания безопасных буровых растворов проводятся и в странах Западной Европы. Они стимулируются принятием в ряде стран законодательств об усилении ответственности за защиту ОС. В Германии, например, запрещено применение буровых растворов на нефтяной основе.

В некоторых странах, например, в Чехии, широкое применение смазочных продуктов, в состав которых входят минеральные масла и углеводороды нефти, запрещено санитарно-гигиеническими и водохозяйственными нормами и правилами. Поэтому исследовательские работы направлены на поиск более безвредных смазочных добавок, способных эмульгировать в воде, растворах полимеров, глинистых растворах. Используемые в европейских странах смазочные

добавки представляют собой многокомпонентные смеси с растительными маслами, их сульфатированными производными, триглицеридами высших ненасыщенных жирных кислот, хлорпроизводными углеводов в сочетании с ПАВ и полимерами [30].

Заметное место среди таких реагентов занимают кремнийорганические соединения. В частности, известно, что гидрофобизирующие кремнийорганические жидкости ГКЖ-10 и ГКЖ-11 обладают высокими смазочными свойствами, не токсичны и биологически безвредны [31].

Установлено, что замена нефти и нефтепродуктов в буровых растворах на ГКЖ-10 целесообразна как профилактическая мера по отношению к наиболее распространенному виду аварий – прихватам бурильных и обсадных колонн, а также способствует охране ОС [32]. Введение 0,4 % ГКЖ-10 дает тот же смазочный эффект, что добавление 5 % нефти, при этом буровые растворы сохраняют фильтрационные и структурно – механические свойства на требуемом уровне. В составе буровых растворов ГКЖ обычно используются совместно с реагентами – понизителями показателя фильтрации (акриловыми, КМЦ и др.).

Компания Baroid, в настоящее время входящая в концерн Halliburton, на протяжении 75 лет сохраняет за собой ведущие позиции в области технологий приготовления буровых растворов. Компания предоставляет системы приготовления буровых растворов и специализированную продукцию, в которой отражены последние достижения в данной технологии. Все процессы, выполняемые компанией, соответствуют формальным документальным процедурам, обеспечивающим согласованность действий, и производятся в соответствии с нормативами по охране ОС. К числу последних разработок относится:

- система бурового раствора ACCOLADE™;
- система бурового раствора BarOmega™;
- системы буровых растворов на водной основе HYDRO-GUARD™ с ингибирующими свойствами и др.

Разработанная система бурового раствора Accolade™ была призвана удовлетворить жесткие природоохранные требования, предъявляемые к буровым работам без ущерба для рабочих характеристик бурового раствора. Буровой раствор Accolade обладает превосходными суспензионными свойствами, обеспечивает отличную



очистку ствола скважины, образует прочные, легко разрушаемые гели. Специальные понизители вязкости для содержащих эфиры буровых растворов обеспечивают ровные реологические профили как в холодной воде, так и в скважинных условиях. Быстрое действие понизителей вязкости позволяет оптимизировать процесс регулирования и поддержания свойств бурового раствора.

Низкая и стабильная вязкость обеспечивает низкую эквивалентную плотность циркулирующего бурового раствора. А низкая эквивалентная плотность, в свою очередь, помогает обеспечить запас прочности при потере циркуляции и более эффективную очистку. Буровой раствор имеет стабильные реологические свойства в интервале температур от 40 до 350 °F и высокую устойчивость к загрязняющим веществам.

Буровой раствор BarOmega с мембранным действием на водной основе, не оказывающий вредного воздействия на ОС, имеет ряд достоинств: создает высокоэффективную мембрану на стенках скважины в глинах; поддерживает низкую активность воды; позволяет уменьшить проникновение воды в глину; обладает хорошим смазывающим эффектом; экологически чист.

Выпускаемый компанией реагент EZ-MUD безопасен для применения в любых буровых работах, включая водоемы с питьевой водой, если используется в рекомендуемой концентрации. EZ-MUD показал себя не токсичным, когда добавлялся в пищу животным при проведении лабораторных испытаний. Не было установлено ни одного случая смерти среди подопытных крыс, которым подмешивали до 5000 мг EZ-MUD. В водном растворе EZ-MUD не имеет запаха, вкуса, бесцветен. При попадании в грунт разлагается до микрочастиц и не требует биологической обработки.

Многие реагенты, выпускаемые Halliburton, сертифицированы Национальным эпидемиологическим комитетом и производятся в соответствии с нормативами по охране ОС. Такие реагенты, как FILTER-CHEK – биополимер, усиливающий прочность взвеси, представляет собой видоизмененный крахмал и может использоваться для обеспечения сохранения воды в смеси при минимальных потерях уровня вязкости. FILTER-CHEK проявляет необычайную устойчивость против воздействия бактерий и не содержит токсичных веществ.

BIO-BORE представляет собой мукообразный сухой порошок, который при смешивании с водой образует биологически разлагаемую буровую смесь без глины и применяется в различных буровых работах, в особенности таких, где использование глиносодержащих буровых смесей не разрешается. Устойчив и биологически разлагается в разумных временных пределах (сроки разложения зависят от температуры и вида микроорганизмов в данной формации). Реагент нетоксичен и экологически чист. Этот продукт не наносит вреда окружающей среде, если применяется в соответствии с рекомендациями изготовителя.

BARAZAN – биополимер, обеспечивает необходимую вязкость и образование суспензии при замесе с чистой или морской водой, хлористым калием и растворами на хлористом натрии. Реагент придает необходимую вязкость буровой смеси, замешанной на пресной и морской воде. Обладает следующими преимуществами: экологически чистый биополимер, растворим в пресной и морской воде и легко смешивается со средним грунтом; обеспечивает тиксотропные свойства и неньютоновские жидкостные характеристики в растворах с малой солевой концентрацией; обеспечивает хорошую буровую смесь, без дополнительных добавок глины и снижает до минимума возможность разрушения формации.

Учитывая повышенный интерес в отрасли к силикатным растворам, специалисты M-I Swaco представили на рынок технологию ULTRADRIL, являющуюся следующим поколением ингибирующих растворов и по совместительству продолжением системы Sildril. Данная технология основана на новых полиамидных добавках, что делает возможным применение в пресном виде с соответствующей экологической безопасностью, устранением сальникообразования, существенным увеличением скорости проходки в глинистых отложениях.

Развивая решения в области борьбы с поглощением буровых растворов, компания также усовершенствовала во многом технологию DRILPLEX. Новая система носит название DRILPLEX NT. Ключевой особенностью технологии является упругое поведение жидкости при отсутствии сдвигающих нагрузок, что обеспечивает мгновенный переход раствора из твердого состояния в жидкое и обратно. При этом важно, что этот процесс происходит мгновенно и за счет

этого в зонах поглощения образуется зона неподвижного бурового раствора, который блокирует зону поглощения. Следовательно, кратно уменьшаются объемы расхода раствора. На сегодняшний день в мире с помощью DRILPLEX NT пробурено уже около 1000 скважин и примерно 5 % из них приходится на Россию (Зап. Сибирь, Якутию, Ненецкий Автономный округ).

В настоящее время на многих месторождениях России получили распространение экологически чистые буровые растворы серии POLYXAN-N1, N2, N3 и серии POLYXAN-L, содержащие воду, биополимерный термосолестойкий реагент POLYXAN и другие реагенты в зависимости от назначения, например, низковязкий модифицированный крахмал FLOXAN или полианионную целлюлозу (ПАЦ), а также бактерицид. Используется экологически чистая смазочная добавка Биолуб-LVL [33].

Растворы семейства POLYXAN-N используют при бурении горизонтальных скважин. При бурении вертикальных наклонных стволов скважин используют растворы семейства POLYXAN-L.

Компания SNF S. A разработала широкий ассортимент полимеров для систем водных полимерных буровых растворов – FLODRIL. Система включает бентонит, частично гидролизованный ПАА (ЧГПАА) и ксантановые резины. Особенностью данных систем является то, что используются системы с низким содержанием твердой фазы. Полимеры могут добавляться как в циркуляционную систему, так и в бентопорошок. В процессе бурения полимеры адсорбируются на поверхности бурового шлама и стенках скважины. Инкапсуляция твердых частиц способствует флокуляции и минимизации разрушения и дисперсии. Укрупненные частицы шлама выносятся на поверхность и более эффективно удаляются соответствующим оборудованием. Адсорбция полимеров на стенках скважины увеличивает стабильность неустойчивых образований.

В зависимости от назначения системы FLODRIL выпускаются под разными названиями: FLODRIL PAM 1040; FLODRIL EM 533, EM 533A40, DW 533; FLODRIL S, SD; FLODRIL DP/AS 2089L, FLODRIL PWG и др.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что экологизация промывки скважин сводится к следующему.

1. Применению экологически чистых видов буровых растворов, включающих экологически чистые полимерные соединения.

2. Минимизации объемов ПТОБ.

3. Минимизации затрат на утилизацию промывки скважин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Кульский Л.А.* Теоретические основы и технология кондиционирования воды. Киев: Наукова думка, 1980. 168 с.
2. *Мустафаев А.М., Гутман Б.Н., Караев М.А.* Очистка буровых сточных вод от механических примесей на гидrocиклонной установке // Нефть и газ. 1977. № 2. С. 37-39.
3. *Мустафаев А.М., Гутман Б.Н.* Гидrocиклоны в нефтегазодобывающей промышленности. М.: Недра, 1981. 259 с.
4. *Бабенков Е.Д.* Очистка воды коагулянтами. М.: Наука, 1977. 356 с.
5. *Вейцлер Ю.И., Минц О.Н.* Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки воды. М.: Стройиздат, 1985. 200 с.
6. *Кульский Л.А., Строкач П.П., Сайгак В.А.* Очистка воды электрокоагуляцией. Киев: Будивельник, 1978. 112 с.
7. *Горницкая А.Б., Ануфриева Н.М., Нестерова М.П.* Исследование возможности применения сорбирующих материалов для ликвидации разливов нефти на море // Океанология. 1977. Т. 17, вып. 6. С. 49-51.
8. *Стрелецкий И.В.* Технологические особенности загрязнения и очистки буровых сточных вод // Бурение. 1981. № 4. С. 24-26.
9. *Николадзе Г.И.* Технология очистки природных вод. М.: Высшая школа, 1987. 236 с.
10. *Тобенхин Е.Ф.* Безреагентные методы обработки воды в энергоустановках. М.: Энергия, 1987. 174 с.
11. *Гвоздев В.Д., Ксенофонов Б.С.* Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков. М.: Химия, 1988. 112 с.
12. *Богданов О.С., Гольман А.М., Каховский И.А.* и др. Физико-химические основы теории флотации. М.: Наука, 1983. 263 с.
13. *Капустин Ю.И.* и др. Электрофлотационная технология очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты // Химическая промышленность. 2000. № 7(387). С. 53-56.
14. *Журинов М.Ж., Баешов А.Б.* и др. Очистка сточных вод от нефти и нефтепродуктов электрофлотационным методом // Нефть и газ. Алматы, 2005. № 2. С. 77-83.
15. *Тинели И.* Поведение химических загрязнителей в окружающей среде / Пер. с англ. М.: Мир, 1982. 280 с.
16. *Янкевич И.И., Квитко К.В.* Биоремедиация нефтезагрязненных водоемов. // ЭкиП. 1998. № 10. С. 21-26.
17. *Киреева Н.А., Онегова Т.С., Жданова Н.В.* Способ биологической очистки нефтезагрязненного водоема // Нефтяное хоз-во. 2005. № 4. С. 127-129.
18. *Лукиных Н.А.* Методы доочистки сточных вод. М.: Стройиздат, 1988. 156 с.
19. *Дытнерский Ю.И.* Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. 352 с.
20. *Ясминов А.А., Орлов А.К., Карелин Ф.Н.* и др. Обработка воды обратным осмосом и ультрафильтрацией. М.: Стройиздат, 1988. 121 с.

21. РД 0158758-168-9. Регламент на производство работ по реагентной нейтрализации отходов бурения на установке «Энвайро-флок» фирмы Бароид. Тюмень.: ТюменНИИ-Гипрогаз, 1995. 29 с.

22. Проблема утилизации отработанного бурового раствора в США // ЭИ Бурение: Зарубежный опыт. 1987. № 4. С. 7-9.

23. *Kirk O'reilly, Doris Lambertz, Alan Abel, Sara McMillen.* Landfarming and composting of oily waste. Health, Environment and Safety Group Research and Technology Co. – Richmond, California, USA.

24. Технология керамики и огнеупоров / Под ред. П. П. Будникова. М.: Госстройиздат, 1962. 362 с.

25. Utilisation of drilling mud // *Drilling P.C.W.* 1973. V. 34, N 13. P. 33.

26. *Захаров А.П.* Регенерирующие установки для очистки и переработки шлама, образующегося при бурении скважин // ЭИ Бурение. 1983. № 14. С. 6-8.

27. *Кулаевски Г., Чоловский В., Белянин А.* Закачка отходов бурения // Нефтяное хозяйство. 2004. № 9. С. 40-41.

28. *Кудайкулова Г.А., Земцева М.Б.* Полигоны захоронения отходов бурения – самый доступный метод их ликвидации // Промышленность Казахстана. 2003. № 3(18). 2003. С. 60-64.

29. *Кудайкулова Г.А.* Экологические аспекты бурения скважин. Алматы: КазНТУ, 2008. 198 с.

30. А. с. 220669 (ЧССР); Буровой раствор с улучшенной смазывающей способностью. 1985.

31. *Булатов А.И., Пеньков А.И., Проселков Ю.М.* Справочник по промывке скважин. М.: Недра, 1984. 317 с.

32. *Козубовский А.И., Багаутдинов Р.Х., Сушиов Л.Я.* и др. О смазочных свойствах буровых растворов с добавками

ГКЖ-10 // РНТС – Бурение. М., ВНИИОЭНГ, 1977. № 1. С. 20-22.

33. *Лушпеева О.А.* Биолуб-LVL – новая высокоэффективная смазочная добавка / О.А. Лушпеева, И.В. Лодина, Н.Т. Лосева, Л.П. Вахрушев // EURASIA Oil & Gas. 2004. № 5. С. 16- 22.

### Резюме

Шолуда ұнғыларды бұрғылау кезіндегі экологиялық жағдайға әсер ететін маңызды факторлар қарастырылған. Ұнғылардың құрылысы кезінде табиғи ортаның нормативтік қапасын қамтамасыз ететін екі жол негізделген: ол – калыпты экологиялық жағдайдың дәрежесін күрт көтеруге бағытталған негізгі технологиялық үрдістерді мейлінше жетілдіру және бұрғыланған қалдықтарды зиянсыздандыратын, пайдаға асыратын және қайта өндейтін арнайы технология жасап шығару.

### Summary

In the review the major factors influencing ecological conditions at drilling of wells are considered. Two ways of maintenance of standard quality of environment are proved at building of wells is a perfection of the basic technological processes in a direction of sharp increase of level of their ecological compatibility and creation of special technologies of neutralization, recycling and processing of a waste of drilling.

УДК 622.244.442.063

*Казахский национальный  
технический университет*

*им. К. И. Сатпаева, г. Алматы*

*Поступила 03.11.10г.*