

Спирин В.И., Будюков Ю.Е. (АО «Туйское НИГП»),
Соловьев Н.В. (МГРИ-РГГРУ), Касенов А.К.,
Молдабеков М.С. (КазННТУ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ ГЕО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

Приведен анализ применяемых технологий при бурении геотехнологических скважин. Рекомендованы технологии для предупреждения и ликвидации осложнений. Предложены технические решения для повышения качества и производительности буровых работ. Ключевые слова: технология, осложнение, износ, скважина, бурение, буровой раствор, буровая труба.

Spirin V.I., Budyukov Yu.E. (TulaNIGP), Solovyev N.V. (MGRI-RGGRU), Kasenov A.K., Moldabekov M.S. (KazNITU)

IMPROVEMENT THE TECHNOLOGY OF DRILLING OUT GEOTECHNICAL BOREHOLES

Applied technologies have been analyzed ont geotechnical drilling wells. Recommended technology for the prevention and elimination of complications. Proposed technical solutions to improve the gnaliti and performance of drilling works. Keywords: technology, complications, wear, borchole, drilling, drilling mud, drill pipe.

При бурении геотехнологических скважин вследствие явлений горно-геологического характера и несовершенства применяемых технологий возникают нарушения технологического процесса, приводящие к возникновению аварийных ситуаций, простоям и значительному увеличению материальных и финансовых затрат. Бурение геотехнологических скважин глубиной 400–500 м в Навоийском горно-металлургическом комбинате (Республика Узбекистан) проводится в рыхлых песчаных и песчано-глинистых отложениях. Проходка скважин осуществляется буровыми установками УРБ-ЗА3 при использовании буровых труб НБ-125 и долот диаметра 215,9 мм. В качестве промывочной жидкости используется глинистый раствор, приготовленный из местных глин, содержание песка в которых составляет 10–12 %. Обогащение песком глинистого раствора при бурении скважин особенно при существующих системах его очистки приводит к интенсивному гидроабразивному износу бурового инструмента и оборудования, снижению механической скорости бурения. Простой из-за ремонта вышедшего из строя оборудования при бурении скважины в Навоийском горно-металлургическом комбинате достигают 14 % от времени бурения [2].

В Республике Казахстан при бурении геотехнологических скважин используются передвижные буровые установки, в состав которых входят станок ЗИФ-1200МР и насос НБ-50, буровая колонна диаметром 50 мм, пикобуры и долота диаметром 132 и 161 мм. В последние годы начали применять японские буровые установки КЗ-80 и буровые трубы диаметром 80 мм.

Средняя глубина скважин в зависимости от расположения месторождений составляет 500–700 м. Характер-

ный литологический разрез для многих месторождений представлен следующими породами: 0–90 м — песками с прослойками глины мощностью 1–2,5 м; 90–120 м — глинистыми алевролитами; 120–144 м — песками с прослойками глин и глинистых алевролитов мощностью 2–4 м; 144–181 м — глинистыми алевролитами; 375–412 м — глинами; 412–426 м — доломитами; 426–460 м — глинами; 460–478 — окремненными гипсами; 478–550 м — разнозернистыми песками с гравием.

Забуривание скважины осуществляется с применением глинистого раствора, приготовленного из бентонитового глинопорошка, а дальнейшее бурение ведется с применением наработанного естественного раствора. Циркуляционная система включает в себя два зумпфа; один из них используется в качестве отстойника. Для очистки используются гидроциклоны и вибросита.

В процессе бурения глинистый раствор обогащается частицами разрушенной породы и вывалившимся со стенок скважины песком. Низкие реологические свойства раствора и большая водоотдача, а также наличие в его составе большого количества песка способствуют размыву песчано-глинистых пород, осыпанию и обвалыванию стенок, зашламованию скважины, возникновению каверн, сальников из глинистых пород, что зачастую приводит к прихватам и обрывам буровой колонны.

Кроме этого наблюдаются и другие виды осложнений: произвольное искривление скважины, поглощение промывочной жидкости, низкий процент выхода керна при бурении разведочных скважин [5].

Большое количество содержащихся в глинистом растворе частиц способствует кольматации пород продуктивного горизонта и резкому снижению его проницаемости.

Анализ причин осложнений позволил сделать вывод о том, что для повышения эффективности процесса бурения скважин необходимо в первую очередь использовать промывочные жидкости, обеспечивающие при бурении минимальное содержание твердой фазы, минимальные гидравлические сопротивления и обладающие повышенными смазочными свойствами.

Перечисленными свойствами обладают ингибированные и полимерно-эмульсионные буровые растворы. Для бурения в неустойчивых породах рекомендуется применять ингибированные растворы. Они приготавливаются на основе глинистых растворов с введением химических реагентов. Тип ингибированного бурового раствора, обеспечивающий устойчивость стволов скважин, подбирается для каждой разбуриваемой площади свой. Опыт бурения показывает, что не существует универсального раствора, который может быть эффективен при бурении во всех горно-геологических условиях.

Сотрудниками кафедры «Технология и техника бурения скважин» Казахского Национального технического университета был разработан ингибирующий раствор. За основу была принята рецептура хлоркалийного ингибированного раствора, разработанного ВолгоградНИПИНефть. Исходная рецептура включала в

себя 5 реагентов с содержанием в 1 м³ раствора, в %: полимер PAC ULV — 0,3; лигносульфонат КССБ — 4,5; пеногаситель — 1,2; КОН — 0,4 и KCL — 3,8. Всего содержание реагентов в 1 м³ раствора составляло 10,28 %. На основании исследований была предложена следующая рецептура, позволяющая снизить расход реагентов с содержанием их в 1 м³ раствора, в %: PAC ULV — 0,6; КОН — 0,2; пеногаситель — 0,2; КССБ — 0,8; KCL — 1,2. Общее содержание реагентов в 1 м³ составило 3 %.

Проведенные производственные испытания показали, что предложенная рецептура ингибированного раствора в целом обеспечивает устойчивость стенок скважины в условиях легко диспергируемых глинистых пород. В целом по предложенной рецептуре расход реагентов на 1 м³ раствора оказался в три раза меньше, чем по исходной. Экономический эффект на приготовление 1 м³ раствора составил 8676 руб. (3740 против 12416 руб.).

Тем не менее, стоимость данного раствора, по мнению заказчиков, оставалась все еще высокой. Дальнейшее направление работ было посвящено корректировке рецептуры раствора с целью снижения его стоимости.

Анализ разработанной рецептуры показал, что использование стабилизатора КССБ стоимостью 6,5 руб./кг приводит к пенообразованию и для предотвращения этого требуется включение в рецептуру раствора пеногасителя стоимостью 14,4 руб./кг. Было принято решение об исключении из рецептуры этих реагентов [4].

С учетом этого новая разработанная рецептура раствора включает в себя 3 реагента со следующим содержанием в 1 м³ раствора, в %: PAC ULV — 0,75; КОН — 0,38; KCL — 0,88. Концентрация реагентов в 1 м³ раствора еще больше снизилась и составила 2 %. Стоимость реагентов на приготовление 1 м³ раствора составила 2497,5 руб., что значительно ниже 1-го и 2-го вариантов.

Анализ причин осложнений показывает, что для повышения эффективности бурения скважин и вскрытия продуктивных горизонтов необходимо использовать промывочные жидкости, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь низкую водоотдачу и малую плотность;
- обеспечивать при бурении минимальное содержание твердой фазы;
- обладать минимальным гидравлическим сопротивлением и повышенными смазочными способностями;
- обеспечивать минимальные проникновение раствора в породы продуктивного пласта;
- предотвращать образование осадков (механических, химических), закупоривающих поры пласта и отверстия в рабочей части фильтра;
- способствовать быстрому удалению продуктов кольматации в зоне пласта полезного ископаемого;
- обеспечивать необходимую стабильность при изменении температуры и давления.

Перечисленным требованиям удовлетворяют ингибированные растворы и полимерно-эмульсионные жидкости.

Производственные испытания разработанного раствора проводились в экспедиции № 23 АО «Волковгеология» и показали хорошие результаты.

Для бурения геотехнологических скважин и вскрытия продуктивных горизонтов в породах средней устойчивости можно рекомендовать следующие наиболее доступные и дешевые реагенты, обеспечивающие необходимое качество растворов: полиакриламид (ПАА), К-9, гипан и смесь гудронов (СГ). Реагенты ПАА, К-9, гипан оптимизируют реологические и фильтрационные свойства промывочного раствора, снижают интенсивность наработки твердой фазы в процессе бурения и частично повышают его смазочные свойства. Для увеличения смазочных свойств раствора в него добавляют смесь гудронов (СГ), которая является отходом производства масложиркомбинатов.

Полимерно-эмульсионные растворы на основе перечисленных реагентов были в свое время разработаны в Кайраккумской ГРЭ и широко применялись при бурении скважин на месторождениях Северного Таджикистана [7].

На узле приготовления в экспедиции готовились концентраты полимерно-эмульсионных промывочных жидкостей следующих составов, в %

8 %-й ГПАА (гидролизированный полиакриламид) — 12,5, ОСГ (омыленная смесь гудронов) — 15–20, остальное вода;

К-9 — 50, ОСГ — 20–30, остальное вода;

гипан — 50, ОСГ — 20–30, остальное вода.

Концентраты имели плотность 1,03–1,05 кг/дм³, условную вязкость 130–180 с по ВП-5 и водоотдачу 2–3 см³ за 30 мин. Приготовление промывочных жидкостей производилось на участках работ путем разбавления концентратов водой в соотношении 1:4...1÷12 (концентрат на основе ГПАА 1:10...1÷12; на основе К-9 — 1:8...1:6; на основе гипана — 1:6...1:4). Они характеризовались следующими свойствами: плотность — 1,02–1,04 кг/дм³, условная вязкость — 18–21 с по ВП-5 и водоотдача — 6–8 см³ за 30 мин. Как видно из приведенных рецептов изготовления промывочного раствора, затраты полиакриламида в 3–6 раз ниже по сравнению с гипаном и К-9.

Низкая водоотдача и малая плотность таких растворов способствует образованию на стенках скважины тонкой полимерно-глинистой корки. Наличие такой пленки повышает устойчивость стенок скважины и резко уменьшает кольматацию продуктивных пластов. Широкое применение полимерно-эмульсионных растворов позволило во многом предотвратить появление осложнений при бурении скважин и резко снизить гидроабразивный износ оборудования.

Для борьбы с поглощениями промывочной жидкости без подбема бурильной колонны на поверхность были разработаны и успешно применялись вязкоупругие тампонажные смеси на основе негидролизованного полиакриламида и сернокислого алюминия или К-9 и хлористого кальция. В отдельных емкостях готовилось 300 л 2 %-ного раствора негидролизованного полиакриламида и 50 л 3 %-ного водного раствора сернокислого алюминия или 300 л 50 %-ного раствора К-9 и 50 л

4 %-ного водного раствора хлористого кальция. Выбор состава тампонирующих смесей зависел от наличия компонентов на базе партии. Интервал поглощения перебуривался на 5–7 м, затем обе химически инертные смеси одного из двух тампонирующих растворов через смеситель и колонну бурильных труб закачивались буровым насосом. Продавливание тампонажной смеси осуществлялось промывочной жидкостью при вращении бурового снаряда на I–II скоростях. Среднее время на ликвидацию одного поглощения промывочной жидкости составляло 0,3 станко-смены. При необходимости в качестве наполнителя могли использоваться цемент или опилки.

Бурение скважин с использованием бурильных труб СБТ-50 и СБТ-73 и долот диаметром 161 и 215,9 мм характеризуется большим зазором между колонной бурильных труб и стенками скважины. В этих условиях вследствие недостаточной жесткости колонны и больших изгибающих нагрузок бурильные трубы воздействуют на стенки скважины, что приводит к осыпанию пород, возникновению каверн и желобов, прихватав снаряда и, как следствие, к повышению аварийности при бурении скважин.

Применяемые бурильные трубы не позволяют пропустить необходимое количество промывочной жидкости. Большой зазор между трубами и стенками скважины, а также наличие муфт и замков на бурильной колонне не позволяют создать необходимую скорость восходящего потока промывочной жидкости, достаточную для эффективного выноса частиц шлама. Чрезмерное обогащение раствора твердыми частицами приводит к зашламованию скважины и образованию сальников, что сопровождается зажатками бурового снаряда и «недопуском» зондов при каротаже скважин.

Для борьбы с этими осложнениями, а также для устранения естественного искривления скважин и повышения выхода керна при бурении разведочных скважин было рекомендовано применение комплексов КССК-76, КССК-95 и бурильных труб ТБС-108, разработанных в СКБ «Геотехника» под руководством проф. Л.А. Лачиняна.

Опытное применение гладкоствольной колонны бурильных труб ТБС-108 при бурении скважин в Навоийском комбинате позволило обеспечить своевременный вынос шлама из затрубного пространства за счет увеличения скорости восходящего потока почти в 2 раза и одновременно снизить их воздействие на стенки скважины при бурении [3].

Бурильные трубы КССК по сравнению с трубами для одинарного бурения имеют большее проходное внутреннее сечение и рассчитаны на работу при больших изгибающих нагрузках. При бурении вследствие более высокой жесткости они оказывают минимальное воздействие на стенки скважины. Для борьбы с естественным искривлением скважин были внедрены колонны труб КССК-76 со специальными коронками конструк-

ций ОАО «Тулское НИГП». Использование специальных коронок и центраторов, обеспечивающих минимальные зазоры между инструментом, бурильными трубами и стенками скважины, а также прочной сбалансированной колонной способствует сохранению прямолинейности стволов скважины. Производственные испытания, в частности в ООО «Норильскгеология» показали, что интенсивность естественного искривления скважины по этой технологии снижается на 30–50 % [6].

Обычно сооружению геотехнологической скважины предшествует бурение разведочной скважины [6]. После определения условий залегания полезного ископаемого ствол разведочной скважины расширяют до кровли рудного пласта. Использование снарядов КССК для бурения разведочных скважин позволяет получать кондиционный выход керна. Для повышения выхода керна в неустойчивых рыхлых породах разработана усовершенствованная конструкция колонкового снаряда, имеющего сигнализатор заклинивания керна и колонковый набор КССК-76Э (с эжекторным устройством).

Применение предлагаемых апробированных на практике технологий и технических средств позволяет предотвратить возникновение осложнений и аварий при бурении геотехнологических скважин, снизить интенсивность их естественного искривления и дает возможность получения кондиционного выхода керна при бурении разведочных скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власюк, В.И. Технические средства для повышения качества бурения скважин / В.И. Власюк, Ю.Е. Будюков, В.И. Спиринов. — Тула: Гриф и К, 2013. — 176 С.
2. Ганджумян, Р.А. Предотвращение гидроабразивного износа элементов циркуляционной системы при бурении геотехнологических скважин / Р.А. Ганджумян, С.К. Кахаров // Инженер-нефтяник. — 2015. — С. 42–44.
3. Ганджумян, Р.А. Преимущества гладкоствольных бурильных колонн для условий бурения геотехнологических скважин / Р.А. Ганджумян, С.К. Кахаров // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. — 2015. — № 3. — С. 11–13.
4. Касенов, А.К. Ингибирующий буровой раствор для бурения скважин на урановых месторождениях Казахстана и способ его применения / А.К. Касенов, М.Т. Белецкий и др. / Инновационный патент Казахстана № 29616 от 16.03.2015.
5. Касенов, А.К. Анализ причин осложнений при сооружении технологических скважин в сложных геологических условиях / А.К. Касенов, М.Т. Белецкий, Б.Т. Ратов / Матер. н.-техн. конф. «Проблемы научно-технического прогресса в бурении скважин». — Томск, 2014.
6. Соловьев, Н.В. Бурение разведочных скважин: Учебник для вузов / Н.В. Соловьев, В.В. Кривошеев, Д.Н. Башкатов и др. — М.: Высшая школа, 2007. — 904 с.
7. Спиринов, В.И. Прогрессивные технические средства и технологии на горных и буровых работах / В.И. Спиринов: Обзорная информация ТаджикНИИТИ Госплана Таджикской ССР. — Душанбе, 1991. — 33 с.

© Коллектив авторов, 2017

Спиринов Василий Иванович // nigp-tula@mail.ru
Будюков Юрий Евдокимович // nigp-tula@mail.ru
Соловьев Николай Владимирович // nvs@mgri-rgru.ru
Касенов Алмабек Касенович // kassenov07@inbox.ru
Молдабеков Мурат Сманович // moldabekov_ms@mail.ru