

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

УДК: 622.244.442.063

РАЗРАБОТКА ПРИМЕНЕНИЕ И КВАЛИМЕТРИЯ ЭКОЛОГИЧНЫХ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Брылин В.И., Годунов Е.Б., Чубик П.С.

В статье приведено описание наиболее значимых научных разработок в области буровых промывочных жидкостей полученные за последние годы в томском политехническом университете на факультете геологоразведки и нефтегазодобычи.

На рубеже нового тысячелетия наконец-то не требуется убеждать основных производителей буровых работ в важности и необходимости использования для удаления продуктов разрушения из скважины высококачественных буровых промывочных жидкостей (БПЖ), пусть даже это требует дополнительных капиталовложений. Особенную актуальность этот вопрос приобретает при бурении скважин в сложных геолого-технических условиях: суровый климат, проблемы с сохранением устойчивости горных пород в околоствольном пространстве скважин, поглощения буровых промывочных жидкостей, флюидопроявления, проблемы со вскрытием и опробованием продуктивных горизонтов и многое другое. Очевидно, что правильный выбор способа удаления продуктов разрушения и самого типа очистного агента во многом, если не полностью могут способствовать устранению всех возможных осложнений и аварий при бурении скважины и как следствие повышению эффективности буровых работ и снижению их капиталоемкости.

Однако процесс разработки, приготовления, применения буровых промывочных растворов и поддержания их качества на заданном уровне - кропотливый, требующий серьезного отношения, глубоких знаний и существенных людских, временных и материальных вложений труд. В силу многокомпонентности, многофункциональности и многообразия свойств сама БПЖ является чрезвычайно сложной системой. Ее сложность обусловлена и другими факторами, в частности, ввод в БПЖ различных химических реагентов делает ее химической продукцией, представляющей потенциальную опасность для окружающей природной среды (ОПС).

Видимо в этой связи, не смотря на всю очевидную важность развития данного направления исследований, в нашей стране разработка вопросов промывки скважин находится в угнетенном состоянии.

Вместе с тем, в Томском политехническом университете уже ни одно десятилетие ведутся серьезные научно-исследовательские работы в области разработки буровых промывочных жидкостей. Сегодня можно констатировать, что на рубеже двух тысячелетий и сотой годовщины со дня открытия горного отделения Томского технологического института на факультете геологоразведки и нефтегазодобычи ТПУ сформировалось серьезное научное направление в области промывки скважин. Ее основателем и несомненным руководителем и вдохновителем в настоящее время является доктор технических наук П.С.Чубик.

В работе по данному направлению в ТПУ принимают участие сотрудники факультета геологоразведки и нефтегазодобычи кафедр техники разведки месторождений полезных ископаемых и бурения нефтяных и газовых скважин, НИИ высоких напряжений, лаборатории горючих ископаемых при химикотехнологическом факультете и ряд специалистов Алтайского государственного университета.

Сегодня приоритетом научных исследований в данном направлении является развитие

теории и практики квалиметрии, оптимизации качества и экологизации БПЖ за счет создания современного научно-методического, приборного и программного обеспечения, пригодного для решения как научно-исследовательских, так и производственных задач.

Ниже приведено описание основных результатов научно-исследовательских работ в области промывки скважин, полученные в Томском политехническом университете за последнее десятилетие.

При бурении скважин в сложных геолого-технических условиях, характеризующихся нарушениями устойчивости стенок скважин, поглощениями промывочной жидкости, прихватами бурильной колонны, большими зенитными углами скважины и т.п. требуется более глубокая и всесторонняя оценка качества буровых промывочных жидкостей, которая особенно остро необходима на стадии ее разработки.

В этой связи в ТПУ ведутся работы по совершенствованию имеющихся методик оценки качества БПЖ и разработке новых оригинальных методов необходимых для проектирования растворов используемых в сложных условиях бурения.

Так, существенной модернизации подверглись методики определения качества глино-порошков по выходу раствора, а также расчета и регламентирования реологических характеристик БПЖ.

Разработан приборно-методический комплекс (ПМК-ТПУ) предназначенный для оценки качества БПЖ при бурении в сложных геолого-технических условиях. Комплекс состоит из универсального прибора для оценки ингибирующей и консолидирующей способности буровых промывочных жидкостей (ПОИКС), пресса для формирования модельных образцов глинистых и потенциально неустойчивых пород, прибора для оценки закупоривающей способности буровых промывочных жидкостей (ПОЗС) и для определения смазочной способности БПЖ.

Использование для контроля качества БПЖ именно этих оценочных показателей связано, прежде всего с необходимостью придания ей таких технологических свойств при которых данная жидкость позволит в значительной степени устранить все возможные осложнения при бурении скважин.

Так, одна из основных проблем при бурении в сложных геологических условиях – оценка влияния БПЖ на разупрочнение и диспергирование глинистых и глиносодержащих пород, а также, на упрочнение (консолидацию) потенциально неустойчивых пород, и выбора на этой основе оптимальных составов БПЖ, обеспечивающих предупреждение деформационных процессов в околоствольном пространстве скважин (кавернообразование, сужение ствола и т.п.), представленном легкогидратирующимися, набухающими и размокающими глинами и глинистыми сланцами, снижение интенсивности обогащения промывочной жидкости шламом при бурении в легкодиспергирующихся глинистых отложениях и, соответственно, снижение интенсивности изменения ее функциональных свойств, регенерация которых требует разбавления промывочной жидкости водой, дополнительной обработки ее химическими реагентами, и неизбежно связана с увеличением не только затрат на бурение скважин, но и загрязнения окружающей среды, повышение устойчивости стенок скважин при бурении в генетически слабосвязанных и тектонически разрушенных горных породах, а также качественное вскрытие продуктивных пластов в песчано-глинистых коллекторах.

Ингибирующая способность (Ис) характеризует способность БПЖ предупреждать или замедлять деформационные процессы в околоствольном пространстве скважин, представленном легкогидратирующимися, набухающими и размокающими глинистыми и глиносодержащими породами. В связи со сложностью механизма их взаимодействия с БПЖ единый показатель оценки ингибирующей способности до сих пор отсутствует. При этом практически всем методикам, используемым в настоящее время проектными и научными организациями в области бурения скважин, присуща высокая погрешность оценки и крайне низкая экспрессность, поскольку продолжительность испытаний в ряде случаев составляет от нескольких часов до нескольких суток.

В значительной мере указанных недостатков лишена методика оценки ингибирующей способности промывочных жидкостей, предложенная ЗапСибБурНИПИ [1]. Она заключается в приложении к модельным образцам глинистых пород постоянной осевой нагрузки, не вызывающей их разрушения в воздушной среде, подаче к боковой поверхности образцов исследуемой среды и определении ингибирующей способности по отношению времени воздействия на

образцы до их разрушения исследуемой промывочной жидкостью (t_p) и дистиллированной воды (t_b). При этом ингибирующая способность (Ис) определяется отношением t_p к t_b .

Однако в результате анализа экспериментальных данных, приведенных авторами этой методики в её описании, установлено, что при $t_b = \text{const}$ между временем воздействия промывочных жидкостей на модельные образцы до их разрушения (t_p) и показателем фильтрации (ПФ) этих промывочных жидкостей существует тесная связь (средняя погрешность аппроксимации $D = 6,0\%$)

Отсюда следует, что рассматриваемый показатель ингибирующей способности, не могут служить надежным и достаточным критерием оценки влияния БПЖ на устойчивость глинистых и глинодержающих пород в реальных скважинных условиях.

С целью повышения надежности и достоверности оценки ингибирующей способности БПЖ предложено проводить испытания модельных образцов глинистых пород не в самой промывочной жидкости, а в её фильтрате или фугате. Так как в условиях преобладающей в процессе бурения скважин динамической фильтрации при установившихся скоростях образования фильтрационной корки, количество фильтрата, поступающего в проницаемые пласты в единицу времени является величиной постоянной и практически независимой от величины показателя фильтрации, измеренной в статических условиях. Кроме того известно, что глинистые породы способны активно впитывать несвязную дисперсную среду БПЖ даже при отсутствии гравитационной фильтрации, преимущественно за счет адсорбционного всасывания.

По аналогии с методикой ЗапСибБурНИПИ, в качестве показателя, характеризующего ингибирующую способность (Ис) буровых промывочных жидкостей, предложено использовать следующее отношение

$$\text{Ис} = t_{\phi} / t_b,$$

где t_{ϕ}, t_b - время воздействия на образцы до их разрушения в фильтрате (фугате) испытуемой промывочной жидкости и дистиллированной воде соответственно, с.

Вместе с тем известно, что при бурении скважин нарушения устойчивости стенок происходят не только в глинистых, но и в генетически слабосвязных или тектонически разрушенных горных породах, осыпи и обвалы которых практически не обусловлены процессами гидратации. С этим обстоятельством связана необходимость использования нового оценочного показателя качества промывочных жидкостей - консолидирующей способности, т.е. способности связывать, упрочнять и укреплять в стенках скважин потенциально неустойчивые горные породы.

В соответствии с разработанной в ТПУ методикой в качестве оценочного показателя консолидирующей способности (Кс) БПЖ предложено использовать продолжительность (в минутах) нахождения в устойчивом состоянии модельного образца горной породы, сконсолидированного испытуемой промывочной жидкостью и контактирующей с ним в период испытаний.

Созданный универсальный прибор (ПОИКС) для оценки влияния промывочных жидкостей на устойчивость горных пород, показан на рис. 1.

Принцип работы ПОИКС заключается в следующем: к модельному образцу породы, помещаемому в камеру, прилагают постоянную осевую нагрузку, не вызывающую его разрушения в воздушной среде; заполняют камеру испытуемой жидкостью и фиксируют время от момента подачи жидкости до момента разрушения в ней образца. При оценке ингибирующей способности испытаниям подвергают фильтрат или фугат БПЖ и в качестве эталона - дистиллированную воду, а при оценке консолидирующей способности - непосредственно саму промывочную жидкость. В первом случае материалом для изготовления модельных образцов служит глина, а во втором - частицы потенциально неустойчивой породы, сконсолидированные исследуемой БПЖ, т.е. смешанные с нею в определенном соотношении. В том и другом случаях испытания проводятся на модельных образцах, изготовленных из частиц одинакового фракционного состава одной и той же породы, при одинаковых их геометрических размерах, исходной влажности, нагрузке на образцы и др.

Показателем консолидирующей способности (Кс) служит продолжительность нахождения в устойчивом состоянии в промывочной жидкости сконсолидированного ею модельного образца породы.

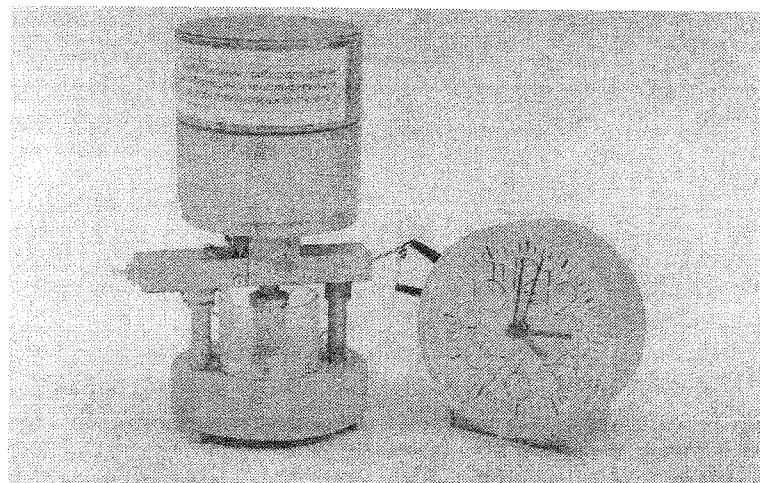


Рис. 1. Универсальный прибор для оценки ингибирующей и консолидирующей способности БПЖ (ПОИКС)

От аналогов ПОИКС отличается универсальностью, автоматической регистрацией измеряемой величины, а также более высокой достоверностью и точностью оценки рассматриваемых показателей свойств промысловых жидкостей (Ис, Кс), способы определения которых защищены патентами № 2073227 и № 2073842 Российской Федерации [2].

Для изготовления модельных образцов пород разработан специальный пресс, который по сравнению с прессом аналогичного назначения фирмы «Parr Instrument» (США) обеспечивает одновременное формирование двух образцов с одинаковыми и строго заданными геометрическими размерами, а также легко осуществляемую их выпрессовку (рис. 2).

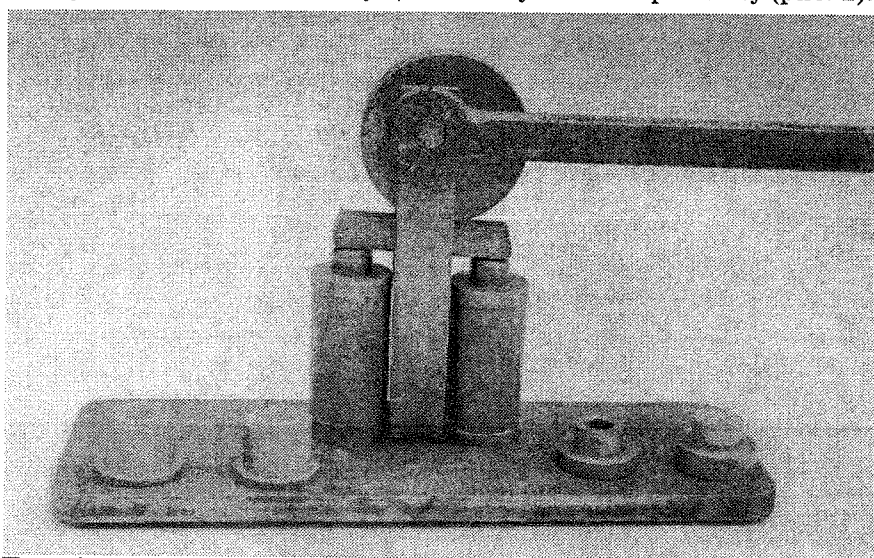


Рис. 2. Пресс для формирования модельных образцов к прибору ПОИКС

Наряду с нарушениями устойчивости стенок скважин бурение в сложных геолого-технических условиях нередко сопровождается и поглощением БПЖ. Сегодня мероприятия по предупреждению и ликвидации поглощений сводятся к снижению перепада давления или репрессии на поглощающие пласты и изоляции каналов поглощения.

Наиболее простым и эффективным способом борьбы с потерей БПЖ является закупоривание каналов поглощения вводимыми наполнителями.

В связи с отсутствием стандартной методики оценки закупоривающей способности БПЖ и выбора наиболее эффективного наполнителя и его оптимальной концентрации для изоляции каналов поглощения в России этот способ ликвидации поглощений применяется крайне редко. Кроме того, существующие методы оценки сложны, а приборы, с помощью которых они реализуются, громоздки.

В методике ТПУ защищенной патентом РФ в качестве показателя, характеризующего эффективность того или иного наполнителя (композиций наполнителей), предложено использовать его концентрацию, при которой обеспечивается закупоривание каналов поглощения без потерь БПЖ.

В ТПУ для проведения испытаний наполнителей разработан целый ряд приборов: прибор непрерывного действия (ПНД), в котором репрессия на модельный образец поглощающего пласта создается за счет центробежных сил; прибор периодического действия (ПОЗС), в котором избыточное давление на модельный образец поглощающего пласта создается инертным газом; прибор циклического действия (ПЦД).

ПОЗС (рис. 3) предназначен для выбора наиболее эффективного закупоривающего материала (наполнителя) и минимально необходимой его концентрации в БПЖ с целью ликвидации ее потерь при бурении скважин в зонах поглощений и реализации управляемой приставочной кольматации продуктивных пластов без загрязнения их фильтратом буровой промывочной жидкости.

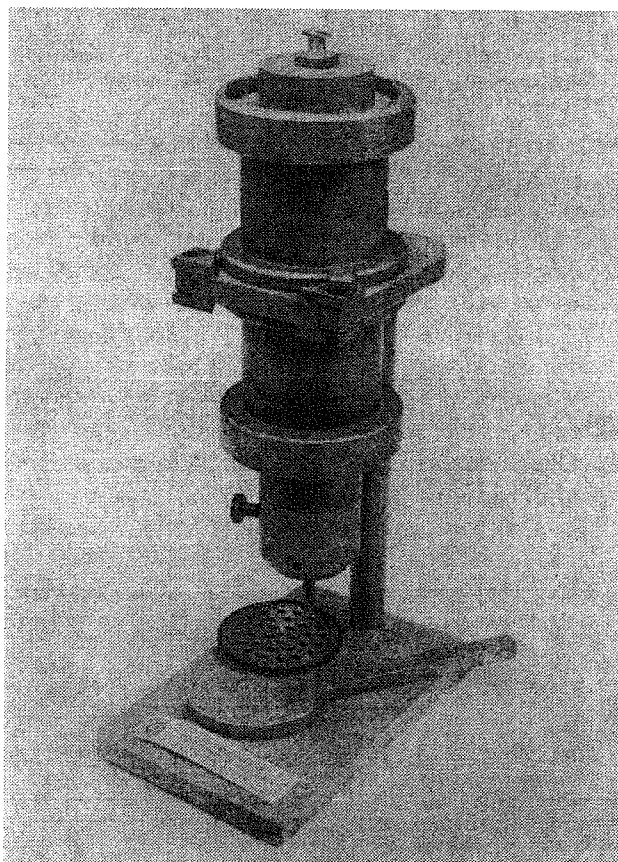


Рис. 3. Прибор для определения закупоривающей способности БПЖ (ПОЗС)

Принцип работы ПОЗС заключается в следующем. Камеру заполняют промывочной жидкостью, содержащей испытуемый наполнитель, и при постоянном напоре продавливают ее через модельный образец. Измеряют объем промывочной жидкости (V , см³), прошедшей через образец до момента его полного закупоривания. Испытания проводят не менее трех раз при различной концентрации испытуемого наполнителя в одной и той же исходной БПЖ. По результатам испытаний находят зависимость $C = f(V)$, наиболее адекватно описывающую связь между концентрацией наполнителя C и объемом бурового раствора V , прошедшего через модельный образец до момента его полного закупоривания. Затем, приняв в найденной зависимости $V = 0$, определяют минимально необходимую концентрацию наполнителя ($C_{\min}$) для полного закупоривания модельного образца без ухода из камеры (без поглощения) промывочной жидкости. Полученное значение $C_{\min}$ является интегральным показателем закупоривающей способности системы «буровая промывочная жидкость + наполнитель» для конкретной приемистости или проницаемости модельного образца, имитирующего поглощающий

или продуктивный пласт.

Для моделирования поглощения в трещиноватых породах используют искусственные щели различной ширины, а гранулярные пласты различной проницаемости моделируют с помощью дробы, стеклянных и стальных шариков различного диаметра, частиц песка определенной фракции и т.п.

По сравнению с прибором аналогичного назначения Американского нефтяного института данный прибор обеспечивает однозначный выбор наиболее эффективного закупоривающего материала (наполнителя) для ликвидации поглощений БПЖ по минимально необходимой для этого концентрации наполнителя, способ определения которой защищен патентом №2062452 Российской Федерации.

Известно, что при бурении скважин на разрушение горной породы на забое расходуется лишь незначительная часть затрачиваемой мощности. В этой связи снижение энергоемкости процесса бурения весьма актуальная задача. Основные затраты мощности при бурении скважины связаны с преодолением сил трения бурильных труб о стенки скважины, в этой связи основным и наиболее легко достижимым способом снижения энергоемкости является улучшение триботехнических свойств БПЖ.

Для оценки триботехнических свойств буровых промывочных жидкостей предназначен трибометр.

В общем случае при бурении контактирующими в скважине поверхностями являются следующие: наружная поверхность бурильных труб и их соединений - стенка ствола скважины (внутренняя стенка обсадных труб), вооружение породоразрушающего инструмента - забой скважины, внутренняя поверхность керноприемной трубы - керн.

Таким образом снижение коэффициента трения позволит уменьшить крутящий момент при вращении колонны бурильных труб и снизить сопротивления при продольном их перемещении в скважине (при СПО), что в целом снижает энергоемкость процесса бурения, снизить вероятность возникновения дифференциальных прихватов (затраты на их ликвидацию), повысить ресурс работы бурильных труб и их соединений, породоразрушающего инструмента, гидравлических забойных двигателей, гидравлических частей буровых насосов и увеличить выход керна в результате предупреждения его самоподклинок.

Схема трибометра конструкции ТПУ приведена на рис. 4.

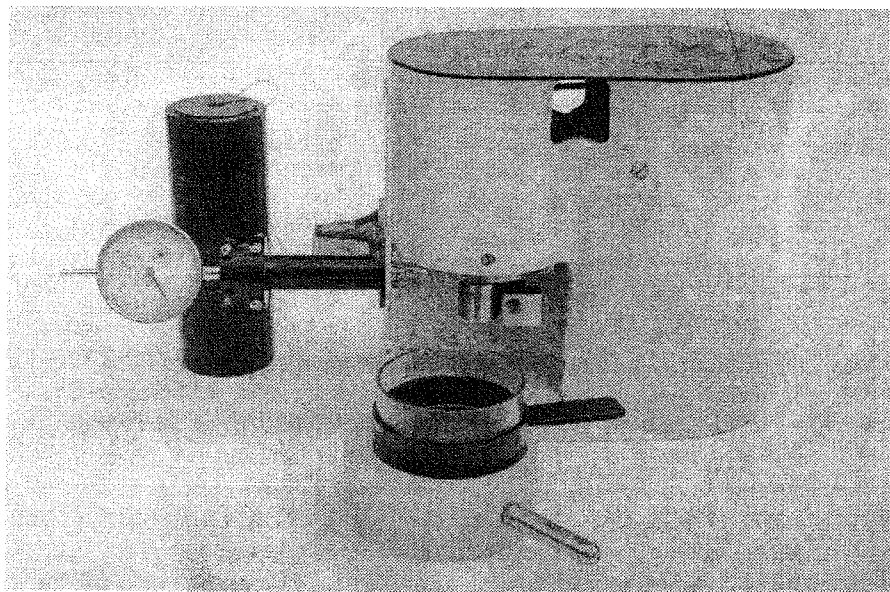


Рис. 4. Прибор для оценки триботехнических свойств буровых промывочных жидкостей

Отличительными особенностями данного трибометра, защищенными патентом Российской Федерации № 2044301, являются полная имитация работы бурового снаряда в скважине, использование для измерения силы трения простого и высокоточного измерительного устройства, предельно малые габариты.

Анализ экологической обстановки, складывающейся при бурении скважин убедитель-

но свидетельствует о том, что в районах ведения буровых работ главными загрязнителями окружающей природной среды являются буровые промывочные жидкости, их компоненты и другие жидкие отходы бурения.

Базой для решения экологических проблем, связанных с использованием БПЖ, является возможность оперативной оценки их токсичности, которая может быть достигнута только путем перехода на токсикологическое биотестирование.

В нашей стране и за рубежом разработано достаточно большое число различных методов токсикологического биотестирования поверхностных, прежде всего, континентальных вод, являющихся средой обитания гидробионтов [2].

При всем многообразии возможных биотестов в настоящее время в нашей стране узаконен лишь так называемый "дафниевый тест". Однако до сих пор ни "дафниевый тест", и ни какой - либо иной биотест для оценки токсичности буровых промывочных жидкостей и их компонентов в нашей стране не применялся, т.е. эта область исследований является белым пятном.

Между тем, в США постановление, предусматривающее проведение обязательного токсикологического биотестирования промывочных жидкостей и их компонентов, действует с 1985 года. При этом стандартным тест-объектом в нем служат мизидовые креветки. Критерием токсичности промывочной жидкости служит LC50 - концентрация испытуемой (средней) части, обитая в которой, за 96 часов погибает 50% креветок. Чем меньше значение 96-часовой летальной концентрации (LC50), тем выше токсичность промывочной жидкости.

Однако нельзя не отметить, что биотест с использованием креветок (равно как и отечественный "дафниевый тест") весьма трудоемок и исключает возможность оперативного контроля токсичности. Сами разработчики 96-часового биотеста на креветках это не только признают, но и оказывали содействие тем фирмам, которые эти недостатки пытались преодолеть.

Таким образом требования к биотестам можно сформулировать следующим образом:

- базироваться на использовании широко распространенных и легко культивируемых тест-объектов - "датчиков" токсикологического эффекта, которые, в свою очередь, должны иметь достаточно высокую чувствительность к широкому спектру загрязнителей;
- обеспечивать возможность четкой регистрации реакций тест-объектов на воздействие токсикантов;
- отличаться простотой и экспрессностью;
- обеспечивать достаточно высокую точность, воспроизводимость и достоверность результатов.

Очевидно, что большая часть этих требований может быть удовлетворена лишь при инструментальной оценке воздействия токсикантов на биологический объект испытаний.

В нашей стране единственным серийно выпускаемым для этих целей прибором является прибор "Биотестер - 2", в котором в качестве тест-объекта используются инфузории туфельки (*Paramecium Caudatum*). Этот вид высокоорганизованных простейших относится к наиболее широко распространенным обитателям континентальных пресноводных бассейнов, которые и являются главными объектами негативного воздействия промывочных жидкостей. Таким образом, этих позиций инфузории туфельки - идеальный тест - объект для оценки токсичности промывочных жидкостей и их компонентов.

Прибор "Биотестер-2" (ТУ 401-51-005-91) представляет собой специализированный импульсный фотометр, позволяющий определять концентрацию живых движущихся клеток инфузорий в верхней (рабочей) части измерительной кюветы, помещаемой в кюветный модуль прибора.

Однако апробация базовой методики биотестирования на токсикантах, представленных водными растворами ряда химических реагентов, используемых для регулирования свойств буровых промывочных жидкостей, выявила целый ряд ее существенных недостатков которые детально разобраны в работе [2].

В ТПУ разработана методика биотестирования исключающая недостатки присущие базовой методике.

Сущность разработанной методики биотестирования промывочных жидкостей и их компонентов сводится к следующему.

В процессе подготовки к испытаниям отмытую взвесь клеток доводят до концентрации 1200 - 2000 клеток/мл. С помощью измерительной пипетки концентрированную взвесь тест-

объекта вносят в кювету, которую помещают в кюветоприемник и по шкале прибора фиксируют три первых показания (Π_k). После снятия последнего из контрольных показаний с помощью автоматической пипетки вводят во взвесь клеток 0,05 мл. исследуемого токсиканта, после чего кювету возвращают на прежнее место и снова снимают показания прибора начиная с момента ввода токсиканта во взвесь клеток, и оценивают двигательную активность тест-объекта в присутствии токсиканта (Π_t) как среднее арифметическое пяти отсчетов.

Найдя значения Π_k и Π_t , рассчитывают степень снижения двигательной активности тест-объекта (S_a) в исследуемой среде.

$$S_a = (1 - \Pi_t / \Pi_k) \cdot 100,$$

где Π_k - показания прибора для исходной взвеси клеток (контрольные), усл. ед.; Π_t - показания прибора при введении в исходную взвесь клеток токсиканта, усл. ед.

Степень снижения двигательной активности тест-объекта зависит от концентрации токсиканта, причем эта зависимость имеет явно выраженный линейный характер для самых различных химических веществ и выходит из начала координат, что собственно и предопределило возможность применения коэффициента токсичности (K_t) в качестве показателя токсичности различных сред.

$$K_t = C_t / S_a,$$

где C_t - концентрация токсиканта во взвеси клеток тест-объекта, мг/л (млн⁻¹); S_a - степень снижения двигательной активности тест-объекта в исследуемой среде, %.

Какой - либо существенной разницы в методике токсикологического биотестирования водных растворов отдельных химреагентов или их композиций, а также много компонентных промывочных жидкостей, нет. Она состоит лишь в том, что для промывочных жидкостей, содержащих твердую фазу испытаниям подвергают их фильтрат или фугат, так как во взвеси клеток дисперсная фаза не должна быть. Иначе в результате осаждения она внесет погрешность в оценку двигательной активности тест-объекта. Концентрацию фильтрата (фугаты) промывочной жидкости в подготовленной для биотестирования пробе так же, как и для водных растворов химреагентов, выражают в г/л, для чего пикнометрическим способом предварительно определяют плотность фильтрата.

Разработанный в ТПУ инструментальный биотест для оценки токсичности промывочных жидкостей и их компонентов не имеет аналогов и пригоден для решения экологических проблем не только в бурении, но и в любых других отраслях человеческой деятельности, сопровождаемой загрязнением окружающей природной среды, а также для целей экологического мониторинга, кроме того продолжительность процесса токсикологического биотестирования одной среды не велика и занимает в среднем около 30 минут.

Данное направление исследований отличается научной новизной и имеет большую практическую значимость, при этом авторы отчетливо осознают, что находятся лишь в начале пути в эту область знаний, необходимость быстрее расширения и углубления которой не вызывает сомнений.

Качество БПЖ и область возможных значений показателей ее технологических свойств определяется, главным образом, компонентным и долевым составом. Широкий ассортимент компонентов, используемых для получения БПЖ, обуславливает множество возможных вариантов их компонентных составов даже в рамках отдельного бурового предприятия. Например, всего лишь из пяти компонентов можно получить пять четырехкомпонентных и девять трехкомпонентных составов, отличающихся хотя бы одним компонентом. Число же долевых составов при этом практически не ограничено и только один из этого множества составов в наибольшей степени соответствует заданному регламенту на значения показателей свойств, а также эколого-экономическим и другим требованиям общества. Поиск этого предпочтительного по отношению ко всем другим, т.е. оптимального состава представляет собой весьма сложную задачу.

Наиболее перспективно для проектирования буровых промывочных жидкостей применение активного эксперимента, при этом следует стремиться к минимизации числа опытов, которую обеспечивают разработанные в ТПУ оригинальные насыщенные матрицы планирования с числом опытов равным $(k + 1)$, где k - число компонентов промывочной жидкости [2].

На современном этапе развития для количественной характеристики качества БПЖ на-

ибо более предпочтительно использовать обобщенную функцию качества, формируемую как среднее геометрическое частных функций желательности значений показателей свойств, предлагаемая методика расчета которых делает обобщенную количественную оценку качества БПЖ однозначной и объективной. Автоматизированное рабочее место (АРМ) инженера-технолога по буровым растворам (АРМ "Раствор") позволяет самостоятельно формировать и постоянно пополнять компьютерный банк технических характеристик буровых растворов различного компонентного состава, а также осуществлять из него оперативный выбор их оптимальных составов (с технологических, экономических и экологических позиций) как на стадии проектирования, так и в процессе бурения скважин.

Оперативный поиск оптимальных составов промывочных жидкостей возможен только при использовании современных информационных технологий. Созданное с этой целью автоматизированное рабочее место инженера-технолога по промывочным жидкостям (АРМ «Раствор») позволяет формировать и постоянно пополнять компьютерный банк технических характеристик промывочных жидкостей различного компонентного состава, оперативно выбирать из него оптимальные составы по задаваемым пользователями технологически необходимым значениям показателей свойств, оперативно пересматривать ранее принятые решения, меняя регламент на значения показателей свойств промывочных жидкостей в соответствии с изменениями геолого-технических условий бурения и др. При этом средняя относительная ошибка прогноза значений регламентируемых показателей свойств не превышает 8 %, что вполне удовлетворяет требованиям практики.

АРМ "Раствор" разработано применительно к IBM-совместимым персональным ЭВМ и имеет ориентированный на неподготовленных пользователей диалоговый интерфейс (рис. 5).

Рис. 5. Диалоговый интерфейс программы автоматизированное рабочее место инженера технолога АРМ «РАСТВОР»

Приготовление буровых промывочных жидкостей сложная задача, которая во многом обостряется в связи с использованием в качестве сырья для их получения материалов недостаточно высокого качества. Вместе с тем, в настоящее время при сооружении скважин в сложных геологических условиях к промывочным жидкостям предъявляются жесткие требования в плане поддержания высоких технологических показателей бурения и экологической чистоты.

В этой связи в ТПУ была разработана технология получения экологически чистых БПЖ из торфа методом электроимпульсного диспергирования [2].

Разработанная технология позволяет на одной установке диспергировать торфа различного генетического состава до необходимой для приготовления БПЖ крупности, обеспечивая требуемые значения технологических свойств.

Сравнительный анализ свойств торфяных растворов полученных с использованием разрабо-

танной технологии с глинистыми растворами показал, что торфорастворы по качеству не только не уступают, но и превосходят глинистые растворы с большим содержанием твердой фазы.

Таблица 1

Технологические свойства промывочных жидкостей из переходного торфа месторождения "Комсомольское" и глины марки ПБГ.

Тип твердой фазы	Состав ПЖ, кг/м ³			Технологические свойства ПЖ		
	дисперсная фаза	КОН	КМЦ	Показатель фильтрации, см ³ /30 мин	Ингибирующая способность	Консолидирующая способность, мин
Торфораствор	40	8	2,5	8,5	27	46
Глинистый раствор	160	8	5	12	20	16

Приведенные данные свидетельствуют, что получение качественных БПЖ на основе торфа требует вдвое меньшего расхода твердой фазы и химических реагентов по сравнению с основой, представленной глинопорошком. В этой связи стоимость торфорастворов ниже по сравнению с глинистыми растворами имеющим близкие значения технологических свойств.

Эта разница еще более возрастает при учете транспортных расходов по доставке глин в северные районы ведения буровых работ, связь с которыми осуществляется преимущественно воздушным или водным транспортом. Торф же в этих районах находится практически повсеместно и в неограниченных количествах.

Кроме того известно, что в связи с постоянным ростом объемов буровых работ в сложных геологических условиях затраты на ликвидацию осложнений нередко достигают 15-20% в общем балансе рабочего времени. Использование в таких условиях в качестве очистного агента торфорастворов, которые обладают более высокими ингибирующими и консолидирующими свойствами по сравнению с глинистыми растворами, позволит в значительной степени если не полностью устранить осложнения связанные с потерей устойчивости стенок скважины и тем самым увеличить время чистого бурения. Кроме того высокая закупоривающая способность, обусловленная волокнистым строением торфа, является отличительной особенностью, присущей исключительно торфорастворам. Это делает торфорастворы практически не заменимыми при бурении в зонах поглощений.

Фильтрационная корка торфорастворов является хорошим теплоизолятором, замедляющим растепление многолетнемерзлых пород при контакте с промывочной жидкостью, имеющей положительную температуру.

Торфорастворы обладают адгезионно-флокулирующими свойствами по отношению к глинистым частицам, т.е. способны легко очищаться от шлама на поверхности.

И наконец, наряду с описанными выше явными положительными качествами торфорастворов, не менее важным их достоинством является экологическая чистота.

Торф - экологически чистый продукт, а для приготовления на его основе высококачественных БПЖ достаточно небольших добавок химических реагентов из числа наименее токсичных, что позволяет существенно уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду и, как следствие, значительно сократить затраты на проведение природоохранных мероприятий. Так для снижения токсичности глинистого раствора, используемого при бурении скважины № 4 на площади "Вездеходная" Томской области (забой 3600 м), до уровня торфораствора, характеристика которого приведена в табл., требуется разбавить глинистый раствор в 10 раз. Токсикологическое биотестирование промывочных растворов было проведено по методике ТПУ на приборе "Биотестер-2".

Таким образом, приведенные выше результаты свидетельствуют, что применение торфорастворов вместо глинистых промывочных жидкостей обеспечивает существенное снижение не только себестоимости буровых работ, но и экологической нагрузки на окружающую среду.

В настоящее время традиционным способом приготовления буровых промывочных жидкостей в бурении является поэтапное затворение в дисперсионной среде специальных материалов и химических реагентов. При этом на качество конечного продукта в значительной степени оказывает влияние не только тип и концентрация компонентов, но и порядок их вве-

дения, время приготовления, температура и многое др.

Учитывая весьма разнообразные геолого-технические условия бурения скважин, широкий спектр наименований материалов и химических реагентов, используемых для приготовления БПЖ, возможные существенные отличия в качестве исходных материалов даже одного типа, а кроме того неоднозначность и сложность технологии приготовления растворов, для получения высококачественных промывочных жидкостей требуется высококвалифицированный персонал. Поэтому используемые в настоящее время для промывки скважин растворы часто далеки от совершенства, а буровые организации вынуждены вкладывать существенные средства в мероприятия по ликвидации аварий и осложнений в скважинах.

Выходом из этой ситуации может быть использование для приготовления буровых растворов сухих композиционных материалов, полученных и расфасованных в заводских условиях. Это позволит значительно снизить количество технологических операций для перевода сухих смесей в рабочее состояние, снизить расход материалов, обеспечить стабильность технологических свойств приготавливаемых БПЖ в результате точной дозировки компонентов сухих смесей и их эффективного смешивания, снизить транспортные расходы, трудоемкость и стоимость работ по приготовлению БПЖ, а также требования к квалификации рабочего персонала с позиции промывки скважин.

Таким образом, целесообразность использования сухих смесей в бурении очевидна. Однако разработка составов сухих смесей, позволяющих готовить на их основе высококачественные БПЖ для сложных условий бурения, не простая задача и требует проведения предварительных детальных аналитических и лабораторных исследований. В связи с актуальностью данной проблемы разработка составов сухих композиционных смесей для БПЖ в настоящее время также является одним из приоритетных направлений исследований в ТПУ.

Все описанные разработки защищены патентами и неоднократно публиковались в печати.



Рис. 6. Дипломы, авторские свидетельства, брошюры и монографии по буровым промывочным жидкостям полученные в ТПУ за последнее десятилетие

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. 1222670 СССР. Способ оценки ингибирующих свойств буровых растворов/А.И.Пеньков, А.А.Пеньжоян, В.Н.Кошелев-Заявл.15.08.83; Опубл. в Б.И.-1986.-N13.
2. Чубик П.С. Калиметрия буровых промывочных жидкостей. - Томск: Изд-во НТЛ, 1999. - 300 с.

3. Годунов. Е.Б., Чубик П.С. Применение твердых горючих ископаемых для регулирования свойств промывочных жидкостей. Техн. технол. и орг. геол.-развед. работ. Обзор / ЗАО "Геоин-форммарк". - М., 1997. -36 с.

DEVELOPMENT APPLICATION AND KVALIMETRIA OF DRILLING FLUID

In clause the description of scientific development is given in the field of drilling fluid received for last years in Tomsk polytechnical university at faculty of geology and oil-gas exploitation

УДК 622.276.5

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СТВОЛА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СКВАЖИНЫ (обзор научных исследований)

Дмитриев А.Ю., к.т.н.

Основной задачей при проектировании дополнительных стволов является выбор оптимального направления его бурения из условия максимального извлечения остаточных запасов нефти, границ зарезки дополнительного ствола в эксплуатационной колонне основного, верхней - экономически целесообразной, нижней - технически возможной и расчет точки вскрытия пласта данным стволом с учетом радиуса выработки (питания) основного бездействующего ствола скважины. Немаловажной проблемой является также расчет экономически оптимального профиля дополнительного ствола для конкретных геолого-технических условий бурения. Комплексному решению вышеперечисленных задач и посвящена данная работа.

Существующие в наши дни технические средства и технологии позволяют вполне успешно осуществлять ввод в эксплуатацию простаивающих или не полностью использованных объектов бурением дополнительных стволов. Однако при этом задачи, связанные с обоснованным выбором наиболее предпочтительных из числа бездействующих скважин для проведения в них данного вида капитального ремонта, расчетом оптимального пространственного положения дополнительного ствола с учетом факторов естественного и искусственного искривления до настоящего времени практически не решены.

Вследствие чего, исследование и разработка комплексной методики выбора оптимального варианта пространственного положения дополнительного ствола, сооружаемого из ранее пробуренной не работающей скважины, обеспечивающей минимальную стоимость его бурения, максимально возможный дебит и срок эксплуатации скважины являлась весьма актуальной.

Суть данной методики следующая. Исходными данными выбора оптимального варианта пространственного положения дополнительного ствола или стволов служат рекомендации проектного института, либо нефтедобывающей организацией: выдается информация по распределению текущей нефтенасыщенности на месторождении; выделяются участки месторождения, не охваченные воздействием разработки (целики нефти); определяется количество остаточных запасов нефти в целиках; производится стоимостная оценка этих запасов; производится экономическая оценка целесообразности проводки дополнительного ствола, срок окупаемости затрат, минимальный рентабельный дебит.

Дальнейшая работа ведется уже по разработанной методике (рис.1), согласно которой, следующим этапом проектирования дополнительного ствола является оценка скважин окружающих область месторождения с целиком нефти на предмет выявления неработающих аварийных, преждевременно обводненных и нерентабельных, пригодных на сооружение дополнительного ствола. Основными критериями выбора скважин являются: срок эксплуатации скважины; техническая исправность эксплуатационной колонны основного ствола скважины до предполагаемого места зарезки дополнительного; целостность крепи эксплуатационной колонны основного ствола в предполагаемом месте зарезки дополнительного; возможность ус-