



**ОСОБЕННОСТИ СПОСОБОВ ВСКРЫТИЯ ПРОДУКТИВНЫХ
ГОРИЗОНТОВ ПРИ БУРЕНИИ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

У.М. Казаков., А.Р. Алмордонов., О.О. Шодмонов

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, Республика
Узбекистан, г. Ташкент

Received 24th Mar 2023, Accepted 13th Apr 2023, Online 6nd May 2023

АННОТАЦИЯ: В статье рассмотрены вопросы особенностей способов вскрытия продуктивных горизонтов при бурении геотехнологических скважин. Рекомендуются учитывать следующие особенности процесса: физико-технические характеристики горных пород и как следствие этого, механизм их разрушения. Приводится краткий обзор промывочных жидкостей, также рассмотрены их технологические особенности, методика предотвращения поглощения бурраствора в забоях скважин рудовмещающими породами, вопросы фильтрации продуктивного горизонта. Авторы отмечают необходимость комплексного подхода к данной ситуации повышения качества технологии бурения: учитывать требования геологической службы по качественным характеристикам керновых проб, направляемых в химлаборатории для определения содержания полезных компонентов, используемых при подсчете запасов минерального сырья, на основе их достоверности.

Ключевые слова: продуктивный горизонт, бурение, геотехнологические скважины, промывочная жидкость, призабойная зона, фильтрационные свойства, глинистый раствор, гидростатическое давление, аэрированный раствор, бентонит, монтмориллонит, буркомплекс ССК-76, криогенная обработка, минерализованная зона, азимутальный и зенитные углы, керновая проба, процесс опробования, рудная вкрапленность, штокверк, шлам, выход керна, обработка проб, «навеска» пробы, разведочные профили, достоверность опробования.

Выбор рационального способа вскрытия продуктивных горизонтов является одной из важнейших и сложнейших проблем современной методики бурения геотехнологических скважин. Качество вскрытия продуктивного горизонта зависит в основном от способа бурения, типа и свойств промывочной жидкости, применяемой при вскрытии продуктивной толщи (бурении).

Из многолетнего опыта известно, что применение при буровых работах той же промывочной жидкости, что и при проходке перекрывающих пород сказывается на естественной проницаемости призабойной зоны продуктивного горизонта. Поэтому, в последние годы уделяется большое внимание разработке эффективных способов освоения геотехнологических скважин [1].

Рассмотрим традиционные способы вскрытия продуктивного горизонта, которые характеризуются двумя основными факторами: разрушением горной породы и удалением продуктов разрушения. Наиболее широко используемый способ вскрытия (бурения) является вращательный способ с промывкой. В качестве промывочной жидкости используют различные растворы, причём лучшим из них считается тот, который не снижает проницаемости призабойной зоны или минимально искажает фильтрационные свойства продуктивного горизонта и не требует длительных и сложных работ по его освоению.

Отличительными особенностями глинистых растворов являются способность загустевать в покое и разжижаться даже при перемешивании, образовывать на проницаемой поверхности малопроницаемую фильтрационную глинистую корку, удерживать во взвешенном состоянии частицы выбуренной породы, а также восприимчивость к действию химических реагентов. Доступность, небольшая стоимость исходных материалов сделали их широко применяемыми при бурении [2].

Недостатком применения глинистых растворов является снижение проницаемости призабойной зоны по причине механической закупорки пор глинистыми частицами и проникновения фильтрата растворов в пласт, что приводит к кольматации, и в результате резко снижается производительность скважины, что ведет к нерациональной рациональной ее проходки. Поэтому, непосредственно после бурения, необходимо производить разглинизацию и не оставлять скважину, заполненную глинистым раствором.

Малоглинистые растворы плотностью 1,04-1,07 г/см³, рекомендуется применять для вскрытия неустойчивых пород, когда пластовый напор водоносных горизонтов не превышает гидростатического давления пресной воды. Для получения малоглинистых растворов используются высококачественные бентонитовые глины, обеспечивающие низкую плотность раствора и высокомолекулярные органические химические реагенты-понижители водоотдачи (УЦР, КМЦ). Применение этих растворов значительно уменьшает степень кольматации продуктивного горизонта.

Нормальные глинистые растворы плотностью 1,08-1,45 г/см³, можно применять в обработанном и необработанном виде. Необработанные глинистые растворы применяются при вскрытии неглубоких горизонтов, когда использование для этой цели технической воды невозможно из-за обвалов стенок скважины. Если же необработанные растворы не предотвращают процесс обвалообразования, то при вскрытии возникает необходимость их химической обработки. В качестве реагентов для регулирования свойств нормальных глинистых растворов можно использовать УЦР, сунил, КССБ, КМЦ [2-3].

Основным преимуществом технической воды для вскрытия, является предотвращение загрязнения продуктивных горизонтов, сведение их кольматации до минимума, возможность проведения качественных испытаний, что в конечном итоге приводит к повышению

достоверности определения гидродинамических и других параметров продуктивных горизонтов. К преимуществам технической воды как промывочной жидкости относятся её большая подвижность, малая вязкость и небольшая плотность.

Эти факторы способствуют снижению гидростатического давления на забой скважины и продуктивный горизонт, уменьшению гидравлических сопротивлений в системе движения жидкости, улучшению условий работы буровых насосов и повышению их производительности. Основными условиями, определяющими возможность использования технической воды в качестве промывочной жидкости, являются:

- 1) устойчивость разбуриваемых горных пород, их высокая сопротивляемость размывающему действию потока промывочной жидкости;
- 2) наличие мощных насосов, позволяющих создавать высокие скорости восходящего потока воды в затрубном пространстве;
- 3) бесперебойное снабжение водой в связи с большим её расходом.

Применение сжатого воздуха при вскрытии продуктивного горизонта не получило широкого применения из-за технологических особенностей этого способа (необходимость разделения водоносных пластов, трудность борьбы с водопритоками при бурении, образование сальников из породы на буровом снаряде, трудности вскрытия песчаных водонасыщенных пластов на глубину более 10 м и т.д.)

К преимуществам относятся:

- 1) увеличение механической скорости;
- 2) уменьшение износа породоразрушающего инструмента при проходке соответствующих пород по буримости;
- 3) возможность качественного испытания водоносных горизонтов с низким пластовым напором;
- 4) эффективность применения в зоне мёрзлых и легко размываемых пород;
- 5) обеспечение нормальных условий бурения при вскрытии трещиноватых и разрушенных пород, в которых происходит катастрофическое поглощение промывочной жидкости.

С введением пенообразующих веществ в раствор снижается поверхностное натяжение на границе двух сред и главное уменьшается плотность промывочного раствора на 40-50%, что снижает противодавление раствора на продуктивный горизонт и его кольматацию. Этот же процесс происходит при наличие в аэрированном растворе мелких пузырьков воздуха, что приводит к закупорке последними поровых каналов, т.е. к созданию на стенках скважины как бы воздушной рубашки.

Бентонитовыми глинами принято называть тонкодисперсные глины, состоящие не менее чем на 60-70% из минералов группы монтмориллонита, обладающие высокой связующей способностью, адсорбционной и каталитической активностью. В качестве примесей в бентонитах встречаются смешанно-слоиные минералы, гидрослюда, польгорскит, цеолиты и каолинит.

Бентонит представляет собой сложный минерал, состав которого определяется содержанием в глине монтмориллонита, имеющего формулу $\text{SiAl}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_x\text{nH}_2\text{O}$, где кремний

может замещаться различными катионами (алюминием, железом, цинком, магнием, кальцием, натрием и калием). Монтмориллонит обладает слоистой кристаллической структурой, высокой дисперсностью и ярко выраженной способностью к адсорбции обмену катионов и гидрофильностью. Его кристаллическая структура (трехслойный пакет) характеризуется способностью к изоморфным замещениям в октаэдрическом слое: $Al^{3+} \rightarrow Mg^{2+} \rightarrow Fe^{2+} \rightarrow Zn^{2+} \rightarrow L^+[4]$.

Промежутки между слоями элементарных пакетов и межпакетные промежутки структуры монтмориллонита рассматриваются как пластинчатые микропоры.

По особенностям пористой структуры монтмориллонит относится к слоистым силикатам с расширяющейся структурной ячейкой. Следовательно, величина межпакетного расстояния, промежутки между слоями элементарных пакетов не постоянны и меняются в зависимости от количества и вида поглощаемого вещества. Это обуславливает способность монтмориллонитовых глин к набуханию.

Различаются два вида бентонитовых глин – кальциевые и натриевые, имеющие сложную структуру, причем для обоих видов она различна.

Типичные кальцевые бентониты обладают большими значениями порового пространства по сравнению с натриевыми образцами, поэтому для последних, характерна менее выраженная способность к набуханию, а сам процесс замедлен. Максимальная влага набухания у естественных бентонитов, содержащих преимущественно двухвалентные ионы в обменном комплексе, всегда больше, чем у натриевых природных образцов, что хорошо согласуется с данными по гидрофильности катионозамещенных бентонитов. Кроме того, если бентониты содержат больше двухвалентных обменных катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , они имеют адекватное количество активных центров на поверхностях частиц, по которым осуществляется водородная связь дисперсной фазы с дисперсной средой. Если же в составе обменных катионов преобладают одновалентные металлы, главным образом Na – ионы, то у них проявляется в меньшей степени сорбционная активность поверхности.

В связи с этим природные кальцевые бентониты являются лучшими сорбентами по сравнению с натриевыми, и отличаются малой каталитической активностью и термической устойчивостью.

Основные мировые запасы бентонита приходится на Китай, около 15%- на США, 7 % - на Турцию. К числу других стран обладающих запасами бентонита относятся Греция, Россия, Франция, Индия, Азербайджан, Грузия и Армения. Большинство месторождений во всех странах содержат щелочноземельные бентониты, в то время как высококачественные щелочные бентониты имеют ограниченное распространение и сосредоточены в месторождениях вулканогенно – осадочного и гидротермально – метасоматического геологического – промышленного типов.

На территории Узбекистана геологами обнаружены более 200 проявлений бентонитовых и бентонит подобных глин, разведочные запасы которых по предварительным данным, составляют ориентировочно более 2 миллиардов тонн. Массовое формирование глинистых образований высокого качества происходило в юрском, меловом и палеогеновом периодах. На сегодняшний день из них в промышленном масштабе разрабатываются только месторождения

Навбахор, Азкамар, Каттакурган, Лагол и Шорсу. Общее количество добываемых и перерабатываемых бентонитовых глин из этих месторождений составляют пока всего 30-40 тысяч тонн в год.

В настоящее время монтмориллонитовые глины используются в основном в качестве связующего и сорбирующего материала. Как связующий материал они применяются для приготовления литейных форм, изготовления окатышей из обогащенных железных и других руд, производства керамической изделий, добавка монтмориллонита позволяет также снизить содержание железа в форфоре и повысить его качество.

Высокая сорбционная способность самонт-мориллонитовых глин используется при изготовлении катализаторов для крекинга нефти, для очистки сахарных сиропов, получения высококачественной фотографической желатины, при изготовлении различных моющих паст [4].

С помощью бентонита выявлена возможность получения неслёживающегося карбамида. Известен опыт использования щелочноземельных бентонитов на территории Узбекистана вместе с органическими и минеральными удобрениями для повышения плодородия почвы.

Основными недостатками бентонита являются многостадийность (смещение, гранулирование, опрыскивание, опудривание), осыпание вермикулита с поверхности гранул при хранении и транспортировке, низкая прочность гранул, склонность их распаду.

Полученные данные дают основание считать бентонитовые добавки весьма перспективной для повышения очистки забоя от шлама и улучшению выхода керна.

К примеру, месторождения Зармитанского рудного района сложены метаморфизованным осадочным (VI-IX категории по буримости) и эффузивно-интрузивным (IX-XI категории по буримости) комплексами пород. Коэффициент абразивности осадочных пород изменяется от 0,4 до 1,9, а эффузивно-интрузивных – от 1,0 до 3,1. Коэффициент динамической прочности осадочных пород колеблется от 3,3 до 6,6, а эффузивно-интрузивных – от 6,2 до 14,3. Внедрение даек в карбонатные породы обусловило частую перемежаемость пород по твердости, значительную трещиноватость и кавернозность. Средняя категория пород по буримости - около 9, глубина скважин – до 1200 м.

Положительные результаты опытно-экспериментальных работ позволили полностью перейти на разведку глубоких горизонтов месторождений этого района с помощью частично модернизированных комплексов ССК-76 и заточенного после криогенной обработки породоразрушающего инструмента [3].

Объем бурения скважин с модернизированными снарядами со съемными керноприемниками на месторождениях Зармитанской ГРЭ, за в период их детального изучения составил 275.000 метр. Это позволило увеличить производительность труда буровиков на 35%, несмотря на более чем двукратное увеличение трудоемкости работ изза значительно возросшей глубины скважин. Использование комплекса новых технологий бурения привело также к увеличению среднего процента выхода керна с 60-70 до 90-95%, сокращению количество скважин с недостаточным выходом керна по рудовмещающим породам с 35 до 12% и соблюдению проектных траекторий скважин.

Принятая методика позволила исключить негативное воздействие неизученных факторов, а влияние криогенной обработки на удельных расход алмазов позволила оценить с достаточно высокой степенью надежности – 0,9. Бурение скважин глубиной до 650-700 м проводились в изверженном комплексе пород со средней категорией 9,4-9,7. Для бурения использовались в основном снаряды ССК59.

Результаты проведенных работы показали, что криогенная обработка позволяет существенно увеличить износостойкость коронок, тем самым увеличить срок их службы, что позволит существенно снизить валютные издержки всего процесса буровых работ.

Выбранная авторами тематика исследований на наш взгляд не будет полностью раскрыта без комплексного подхода по рациональному решению данного для всего процесса геологоразведочных работ вопроса. То есть, рассматривать востребованную проблему повышения эффективности применения буровых работ в частности колонковых скважин со взятием керна следует в непосредственной связи с особенностями геологических изысканий на основе материалов по результатам бурения в данном случае немаловажный вопрос-качество, выход керна и доброкачественность шлама.

Требования представителей геологической службы, в частности геологов-полевикув к первичным материалам, в том числе и керну буровых скважин как материалу на основе направляемых в химлаборатории «навесок» позволяющих делать выводы о качественной характеристике рудной толщи в разрезе разведочного профиля (профилей) на основании результатов бурения, сводятся в основном к **следующим положениям:**

Направления буровых скважин (азимутальные и зенитные углы), основным условием является угол встречи (входа) с минерализованной зоной, желателно ближе к 70 градусам. Хотя на меднопорфировых месторождениях практикуется минимальный угол 30.Разумеется вопросы угла вхождения (встречи) с рудовмещающей зоной зависит от условий залегания пород в осадочных, вулканогенно-осадочных и стратиформных месторождениях, когда рудоносные пласты залегают под углами близкими к поверхности (до 30 градусов) следует по возможности избегать острых углов, в частности при бурении скважин решается легче; положение с требованием к выходу керна несмотря на качественные изменения в технике и технологии бурения за последние 40-летие, проходка скважин в различных геологических организациях актируются даже при минимальном выходе керна равном 70%. На скважинах колонкового бурения должны, через определенные интервалы проводится инклинометрия с точки зрения геологов и разумеется, как сказано выше различные мероприятия по кавернометрии (потери бурраствора). При раскалывании керна с целью взятия пробы с намеченных интервалов опробования получается некоторое количество мелочи обогащенной хрупкими рудными минералами выкрашиваемых из керна и для представительности керновых проб, мелочь собранная по соответствующим интервалам, также делится пополам одна половина идет в пробу, другая идет в дубликат. Также нужно постоянно держать в поле зрения вопрос избирательного истирания, путем сравнения керновых проб и шлама [5].

Причина с точки зрения геологических изысканий заключается в следующем: на некоторых штокверковых месторождениях рудная вкрапленность располагается не только во вмещающих породах, но и по трещинкам отдельности и мелким кварцевым прожилкам.

Взятый для пробы керн из таких рудных тел раскалывается по тем же трещинкам, сульфиды выкрашиваются, истираются и выносятся промывными водами и вследствие этого результаты анализов таких проб часто бывают заниженными.

Поэтому обязательному опробованию, кроме керна рудного тела подлежит керн вмещающих минерализованных и гидротермально измененных пород, так как оруденение не имеет четких границ и оконтуривается только по данным опробования.

Керн пород с рассеянным оруденением опробуется полностью без пропусков, а интервалы отдельных проб устанавливаются в зависимости от общей мощности рудного тела, распределения полезных компонентов, наличия или отсутствия полосчатости оруденения.

Следует обратить особое внимание на процесс опробования буровой мути и шлама, проявлять определенную осторожность с полученными результатами анализов по ним вследствие потерь взвешенных в буровых растворах по трещинам стенок скважины, отставания в пути на поверхность, а также смешивания с мутой и шламом других интервалов. При применении промывки скважин глинистым раствором опробование скважин на основе шлама становится невозможным, достоверность процесса изучения качества руды резко понижается.

Следующий также немаловажный момент-обработка проб полученных в процессе бурения. Чтобы «навеска» пробы была представительной, то есть выражала в себе определенный объем исследуемого пространства, в частности межскважинное, на профилях поверхности минерализованной площади работ и в глубину на рудных разрезах следует строго придерживаться принципа обработки проб: при их измельчении и сокращении. Теперь рассмотрим также немаловажный вопрос-сокращение проб с целью получения «навесок», отправляемых в химлаборатории с целью определения качественных характеристик, в данном случае с конкретного интервала опробования керна. Общеизвестно, что достоверность процесса получения представительных проб, результаты анализов которых можно будет отнести к определенному объему как сказано выше, исследуемого пространства (объему) рудоносной зоны [5].

Выполнение этой важной для всего процесса геологоразведочных работ задачи, непосредственно связано с требованиями принципа, разработанного профессором Санкт-Петербургского Института Чечоттом в 1922 году, на основе теоретических разработок английского исследователя-геолога Ричардса, схема которых требует неукоснительного соблюдения условий сокращения начального веса взятой пробы, в данном случае керовой, на основе соотношения $KD2 < \text{навеска} < 2KD2$, что теоретически только в этом случае обеспечивает получение представительной пробы. В противном варианте, об этом также отмечалось вышесмотря на применение современных технологий бурения, при выходе керна 100%, соблюдение правильного угла входа (пересечения) при бурении в минерализованную (рудоносную) зону, относительно ее элементов залегания, нарушения требований, в частности принципов сокращения проб, сведут на нет вышеуказанные положительные результаты, то есть проба не будет достоверной и полученные по ней качественные характеристики минерального сырья нельзя будет использовать при подсчете запасов руды.

Таким образом, при вскрытии продуктивных горизонтов каждая промысловая жидкость имеет свою рациональную область применения, которая зависит от геологических и гидрогеологических условий продуктивного горизонта. Поэтому разработка эффективных способов вскрытия продуктивных горизонтов должна начинаться с выбора промысловой жидкости, которая наиболее соответствует конкретным условиям.

Также, этот вопрос следует рассматривать вкпе с требованиями по использованию результатов анализов керновых проб с точки зрения их достоверности.

Литература

1. Басарыгин Ю.М. и др. Заканчивания скважин. –М.: Недра, 2000, 97 с.
2. Булатов А.И. и др. Тампонажные материалы. –М.: Недра, 1991, 228 с.
3. Иванников В.И. и др. Новая технология и технические средства для регенерации буровых растворов//НТЖ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и море, 2004.
4. Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам. –М.: Летопись, 2005, 148 с.
5. Мирходжаев Б.И. и др. Основы поисков и разведки МПИ. Учебник для ВУЗов геологических специальностей.-Т. Изд-во АНРУз. 2021, 217 стр.
6. Ziyonet.uz internet portali.
7. [www//Bureniyeneftenix i gazovixskvajin_promivochniejldkosti](http://www.Bureniyeneftenix_i_gazovixskvajin_promivochniejldkosti).
8. www.atlaskopko.ru.