

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УСТРОЙСТВА ПО ОБРАБОТКЕ СТВОЛА СКВАЖИНЫ С КАВЕРНОЗНЫМИ СКОПЛЕНИЯМИ

А.А. Игнатов, Национальный горный университет, Украина

Освещены основные сведения о назначении тампонажных работ и факторах их качественного осуществления. Дана краткая характеристика механизма действия устройства по подготовке ствола скважины к креплению и тампонированию. Приведены сведения по результатам стендовых исследований процесса шламонакопления в кавернозной зоне скважин. Рассмотрена задача о фильтрационном движении глинистой фазы сквозь поровое пространство шламовых отложений.

Введение. Одним из основных звеньев процесса строительства скважин является крепление и тампонирование их ствола. Эти операции органически связаны со всем комплексом работ и имеют самое непосредственное и определяющее влияние на его конечные итоги. Переоценить важность и значимость подготовительных мероприятий в цикле крепления невозможно. Именно от качества и совершенства их производства находится в прямой зависимости возможность выполнения изоляционной оболочкой обсадных колонн, полученной в результате нагнетания тампонажной смеси в затрубное пространство, следующих важнейших функций: разобщение продуктивных горизонтов и изоляция их от водоносных пластов; образование надежного канала в скважине для извлечения полезных ископаемых или подачи закачиваемого в пласт агента; защита эксплуатационного канала от коррозии в результате агрессивного воздействия пластовых флюидов; создание надежного основания для установки устьевого оборудования и т.д. Отмеченное будет обеспечено только в том случае, когда в процессе нагнетания и твердения тампонажной смеси не произойдет какое-либо изменение ее технологических свойств. Вместе с тем практика строительства скважин показывает, что указанное требование в большинстве случаев невыполнимо; основной причиной такого положения выступает выраженная кавернозность ствола скважины и сопутствующие этому обстоятельству процессы накопления шлама в осложненных интервалах и его последующего активного проникновения в тампонажную смесь. Производственные данные и лабораторные исследования [1] свидетельствуют о недопустимости возникновения подобных явлений, влекущих за собой тотальное отрицательное изменение всех характеристик тампонажной смеси и камня.

Учитывая перечисленные факты и было разработано устройство, назначением которого служит обработка ствола скважины в кавернозных интервалах, заключающаяся в создании в объеме промывочной жидкости вызванных направленных потоков, способствующих разрушению и удалению глинисто-шламовых скоплений [2].

Сама конструкция устройства предполагает знание исходных характеристик объекта обработки, учет которых создаст достаточные условия для его надежной и эффективной работы. В результате тщательных исследований, осуществлявшихся на специальном стенде, схема которого позволяла выполнять комплексное изучение, как работы исполнительного органа устройства, так и процесса шламонакопления в кавернозных зонах, такие определяющие факторы были выявлены. Наряду с этим установлено и следующее: все свойства шламовых скоплений взаимообусловлены и требуют своего отражения в конструкции устройства и технологии его применения.

Целью статьи является изучение и обобщение ключевых лабораторных и аналитических данных по свойствам глинисто-шламовых скоплений, находящихся в осложненных зонах ствола скважины и формулирование на их основе требований к конструктивным и режимным параметрам устройства по обработке кавернозных интервалов.

Основной материал. В целом можно достаточно обоснованно утверждать, что глинисто-шламовые скопления кавернозных интервалов представляют собой особую промежуточную группу, находящуюся между собственно глинами и так называемыми зернистыми грунтами

[3], в качестве которых, в данном случае, выступают продукты разрушения пород на забое и в стволе скважины. Экспериментально подтверждено [4], что направленность и результаты процесса шламонакопления в осложненных интервалах полностью определяются гранулометрическим составом продуктов разрушения, физико-химическими свойствами глинистой фазы, в том или ином виде участвующей в формировании структур в кавернах, а также пространственным положением и геометрическими параметрами последних. Принимая во внимание механизм функционирования рассматриваемого устройства, состоящий в динамическом воздействии активных потоков, создаваемых лопастным органом, совершенно очевидной представляется необходимость детального изучения процесса гидравлического взаимодействия в системе «струя жидкости – шламовые скопления».

Доказано, что условия формирования отложений в кавернозных зонах имеют самое непосредственное влияние на суммарный эффект воздействия, реализуемого с помощью устройства поинтервальной очистки ствола скважины. Визуальные наблюдения и фотофиксация процесса разрушения глинисто-шламовых скоплений позволили обнаружить следующие его физические особенности: в наибольшей мере действию активных струй подвержены частицы крупных фракций, имеющих взаимную связь между собой, проявляющуюся почти полностью только в механическом контакте. Сам же механизм перемещения частиц шлама за контуры массива происходит за счет натекания активного потока. Эти положения, в основном, касаются крупнофракционного состава кавернозных образований, который характерен для процесса бурения, осуществляемого на форсированных режимах, и, в особенности, такого его параметра как подача очистного агента, что выражается в интенсивном удалении продуктов разрушения с забоя скважины и как следствие, исключением дополнительного их переизмельчения. Однако обозначенный тип процесса, в силу объективных причин, на практике реализуется довольно редко, и шламовые скопления представлены в подавляющем большинстве случаев полифракционными составами [5 – 6].

Наличие в составе кавернозных отложений разнофракционных групп и их процентное соотношение имеют самое прямое влияние, как на механизм разрушения скоплений, так и их формирования, что должно в обязательном порядке учитываться уже на этапе проектирования режимных параметров процесса бурения – это, в свою очередь, позволит в некоторой мере избежать неоправданного шламонакопления.

Прежде чем перейти непосредственно к рассмотрению физической сущности процесса удаления шламовых скоплений, необходимо дать качественную оценку их структуре, формирование которой происходило в течение различных по протяженности временных промежутков. Гранулометрический состав исследуемых шламов представлял собой полифракционные группы, соответствующие практике шарошечного бурения в породах средней твердости при наличии интервалов, склонных к уширению ствола скважины [6]. Не останавливаясь на методике проведения опытов, необходимо отметить, что в результате протекания циркуляционных процессов на специальном лабораторном стенде происходила имитация шламонакопления в кавернозной зоне ствола скважины, при этом из него отбирались образцы, подвергавшиеся детальному изучению. При продолжительности циркуляции очистного агента в рамках 100 мин контакт между крупными частицами продуктов разрушения осуществлялся с наличием глинистой прослойки и достаточно высокой концентрацией в ней мелких частиц. В дальнейшем происходила трансформация контакта между частицами, сопровождавшаяся удалением более мелких фракций и переходом к определенному виду механическому взаимодействию между частицами. В дополнение к сказанному следует отметить, что такие результаты опытов позволяют вполне определенно говорить о наличии довольно активных фильтрационных потоков в массиве скоплений, способствующих миграции глинистой фазы с соответствующими последствиями.

Хотя исследования и показали достаточно высокую степень изменчивости характера протекания процесса формирования шламовых скоплений, все же его основная тенденция, выражающаяся в непрерывном переформатировании вида контактного взаимодействия

между частицами кавернозных образований, сохраняется практически во всех случаях моделирования естественных условий бурения.

В подтверждение сказанному на рис. 1 приведены фотографии образцов шламовых скоплений, полученных в результате моделирования на стенде, в условиях максимально приближенных к реальным скважинным.

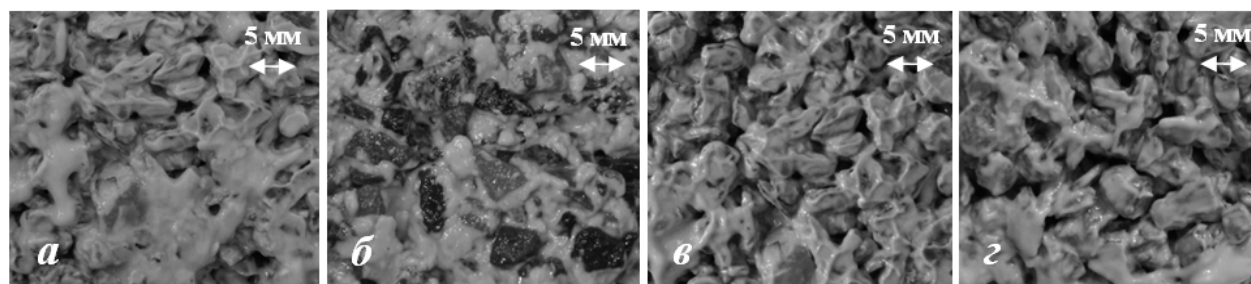


Рис. 1 Образцы шламовых скоплений, отобранных из модельной кавернозной зоны скважины по истечении заданных промежутков времени (с их увеличением в направлении от а до г)

Изучение представленных на рис. 1 фотографий, позволяет обнаружить довольно выраженное изменение характера взаимодействия в толще формирующихся шламовых скоплений; четко прослеживается постепенное снижение концентрации глинистой фазы в порах кавернозных образований. При варьировании значений скорости течения очистного агента удалось установить прямую подчиненность ей транспортирующей способности фильтрационных потоков.

Присутствие в толще шламовых скоплений глинистой фазы существенно изменяет механизм их разрушения. Перемещение частиц происходит только после удаления глинистой прослойки, связывающей их. Совершенно очевидно, что интенсифицировать процесс обработки кавернозных зон, а, следовательно, и сократить время подготовительных операций, можно созданием активных фильтрационных потоков жидкости, но в данном случае вызванных уже работой исполнительно органа устройства поинтервальной очистки. О важности такого мероприятия свидетельствует график, представленный на рис. 2, иллюстрирующий значения объема шламовых накоплений в кавернозных зонах.

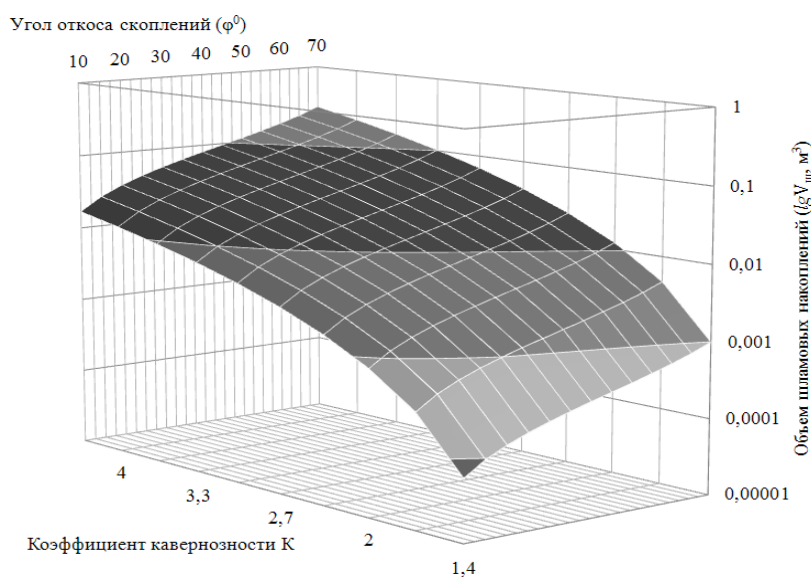


Рис. 2 Объем массива продуктов разрушения в кавернозном интервале скважины, определенный в результате экспериментального шламонакопления

Анализ представленных зависимостей (рис. 2) позволяет заявить, что по мере увеличения размеров кавернозных зон осложняются условия их обработки. Кроме прочего, требуются значительные периоды времени для удаления скоплений, а это, в свою очередь, в некоторой степени провоцирует процессы повторного шламонакопления в уже обработанных интервалах. Избежать такого положения можно направленным регулированием гидродинамических характеристик устройства. Выявленные закономерности являются весьма важными с позиций надлежущего проектирования технологических режимов обработки кавернозных зон. Учитывая недоступность непосредственному контролю за состоянием кавернозных образований, на основе полученных данных можно прогнозировать результаты гидродинамического воздействия на них исполнительного органа устройства.

С целью разработки адекватных технологических норм обработки кавернозных скоплений необходимо рассмотреть задачу о фильтрационном движении распределенной в жидкости глинистой фазы (здесь она рассматривается в более широком смысле и кроме собственно глины, включает также в себя мелкие фракции шлама) сквозь поровое пространство между крупными частицами шлама. Визуальное изучение образцов шламовых скоплений позволило определить некоторые отличительные признаки несущих фильтрационных потоков. Примем, что насыщенность жидкостью пространства между частицами шлама равна ε , тогда его насыщенность глинистыми частицами будет $1 - \varepsilon$. Вполне очевидно и экспериментально подтверждено, что глинистая фаза находится между частицами, как в осевшем так и во взвешенном состояниях. Кроме того, пространство насыщено глинистой фазой в твердом состоянии ζ , и во взвешенном – λ . Насыщенность пространства осевшей глинистой фазой в рыхлом состоянии обозначим через χ . Поровое пространство также заполняет жидкость не связанная с осевшей массой ψ и связанная с ней $\gamma\chi$, в данном случае γ – пористость осевшей глинистой фазы. Следовательно, справедливы следующие аналитические выражения:

$$\varepsilon + \lambda + \zeta = 1, \quad (1)$$

и

$$\psi + \chi + \lambda = 1. \quad (2)$$

$$\zeta = \chi + \gamma\chi = \chi(1 - \gamma) \quad (3)$$

или

$$\chi = \frac{\zeta}{1 - \gamma}. \quad (4)$$

$$\varepsilon = 1 - \lambda - (1 - \gamma)\chi \quad (5)$$

и

$$\varepsilon = \psi + \gamma\chi. \quad (6)$$

Если через δ обозначить концентрацию взвешенной глинистой фазы, то выражения для ее определения будет иметь вид

$$\delta = \frac{\lambda}{\lambda + \psi} \quad (7)$$

или

$$\delta = \frac{\lambda}{1 - \chi}. \quad (8)$$

Из результатов опытов следует: в процессе фильтрационного движения часть глинистой фазы находится в поровом пространстве неподвижно, а часть – во взвешенном состоянии и движется совместно с жидкостью. Специальные исследования позволили установить, что скорость движения глинистой фазы пропорциональна скорости вмещающей жидкости.

В целом задача изучения фильтрационных потоков состоит в нахождении изменения объемной концентрации и уровня насыщенности. С этой целью, как вытекает из

соотношений (1) – (8), достаточно отыскать величины δ и χ в функции от координат и времени.

Проведенные комплексные исследования также позволили установить характер влияния глинистой фазы на показатели тампонирования. Практически независимо от минералогического состава глин и при сравнительно низких ее концентрациях происходят значительные изменения свойств тампонажного раствора и камня. Совершенно отчетливое представление о масштабе проникновения посторонних примесей в тампонажный раствор дает график, показанный на рис. 3.

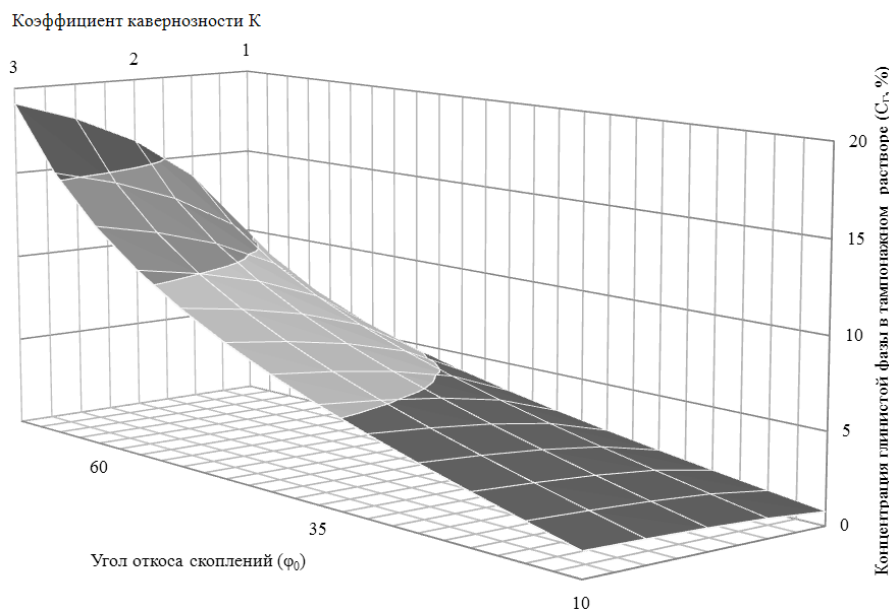


Рис. 3 Концентрация глинистой фазы в объеме тампонажного раствора, при его поступлении в кавернозный интервал

На основании данных представленных на рис. 3, можно сделать вывод о том, что с увеличением значений угла откоса шламовых скоплений и коэффициента кавернозности, происходит интенсивное повышение концентрации посторонних примесей в тампонажном растворе, и в последствие в самом камне. В связи с этим при обработке кавернозных зон следует стремиться к достижению максимально возможной степени их очистки. Указанное можно осуществить только на основе суммарного влияния активных струй, создаваемых устройством поинтервальной очистки, которое включает в себя не только сосредоточенное воздействие, но и позволяет получить эффективные фильтрационные потоки в толще шламовых отложений, способствующие интенсификации процесса удаления породных частиц.

Выводы. Экспериментально доказано влияние условий формирования шламовых отложений в кавернозных зонах на суммарный эффект гидравлического воздействия, реализуемого с помощью устройства поинтервальной очистки ствола скважины. Выявлен характер и физическая сущность процесса движения фильтрационных потоков в массиве кавернозных скоплений. Установленные базовые закономерности являются основой разработки рациональной методики и техники обработки кавернозных зон.

Список литературы

1. Давиденко А.Н. К вопросу о необходимости обработки кавернозных зон скважин / А.Н. Давиденко, Б.Т. Ратов, А.А. Игнатов, А.Т. Тулепбергенов // Вестник КазНУ. – 2016. – № 2(114) – С. 139 – 147.
2. Пат. 90541 № u200805093 Украина, МПК Е 21 В 37/02. Пристрій для обробки стовбура свердловини / О. М. Давиденко, А. О. Ігнатов, В. В. Яцик; Заявл. 21.04.08; Опубл. 26.10.09; Бюл. № 20.
3. Цытович Н.А. Механика грунтов / Н.А. Цытович – М.: Высшая школа, 1983. – 288 с.

4. Игнатов А.А. Исследование параметров процесса удаления глинисто-шламовых образований из кавернозных зон скважин / А.А. Игнатов // Mining of Mineral Deposits. 2016. – Volume 10, Issue 1. – pp. 63 – 68.
 5. <http://www.worldoil.com>.
 6. Будников В. Ф. Проблемы механики бурения и заканчивания скважин / В. Ф. Будников, А. И. Булатов, П. Г. Макаренко – М. Недра. 1996. – 496 с.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО – СРЕДА ДЛЯ ТУРИЗМА

А.С. Поляшов, Национальный горный университет, Украина

Показано, что геологическое пространство, в котором осуществляется туристская деятельность, служит средой практически для всех видов туризма за исключением космического. Доказывается целесообразность введения геологического сопровождения туристских экскурсий.

Под геологическим пространством понимается часть земного макропространства, заполненного горной породой [1]. Иначе: геологическое пространство - агрегат геологических тел. Из такого определения выпадают геологические процессы, протекающие в геологическом пространстве, как открытой термодинамической системе, с участием внешних факторов. Поэтому претензии туризма на освоение геологического пространства требуют уточнений.

Цель работы – показать, что сфера туризма на Земле ограничивается геологическим пространством.

Рассмотрим модель геологического пространства с его энергетическими, физическими, химическими и биологическими условиями, привязанной к системе прямоугольных координат X , Y , Z . Расположим начало координат на поверхности геоида – эквипотенциальной поверхности, совпадающей с поверхностью вод мирового океана и замыкающейся на себя после продолжения под материками. Схематично она показана на рисунке 1, где ось Y ориентирована по меридиану, X - по широте, Z - нормально поверхности геоида.



Рис. 1. Система координат, расположенная на поверхности геоида

Перемещение по любой из осей координатной системы сопровождается закономерным изменением факторов: напряженности гравитационного и магнитного полей, уровня радиации, параметров атмосферных и гидросферных масс (температура, давление, влажность, состав