

Ш.Ш. Аликулов, С.В. Маркелов, А.С. Нарзиев

КОЛЬМАТАЦИЯ ПОРОД ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА

Установлена зависимость между содержанием в породах продуктивного пласта алевропелитов и коэффициентами фильтрации, что позволило комплексно оценить коллекторские свойства рудного пласта, ввести понятие о коэффициенте литолого-гидравлической проводимости. Доказана возможность проведения окисления урановых руд гипохлоритом натрия с концентрацией 0,1-0,3 г/л.

Ключевые слова: геотехнологическая скважина, гидродинамические режим, кольматация и восстановления скважин, восстановления дебитов скважины.

Устойчивая производительность технологических скважин при подземном выщелачивании (ПВ) полезного компонента (ПК) является основой поддержания параметров гидродинамического режима на эффективном уровне.

Практика ПВ свидетельствует, что изменение (снижение) дебитов откачных и нагнетательных скважин требует постоянного контроля режимов эксплуатации, а также проведение затратных технологических операций по восстановлению их эффективной работы.

Изучение процессов кольматации пород продуктивной толщи прифилтровой зоны скважин необходимо для дальнейшей выработки рекомендаций по управлению параметрами технологического режима ПВ урана.

Для исследований процессов кольматации выбран опытный участок на одном из месторождений, расположение скважин на котором позволило формировать гидродинамический режим с различными величинами параметров: производительность скважин, скорость и длина фильтрации выщелачивающих растворов. Одновременно исследовалось влияние окислителя – гипохлорита натрия на формирование

структуры растворов, контролирующих процесс химической кольматации порового объема пород продуктивного пласта.

Оценка процессов кольматации непосредственно связана с литологической характеристикой пород продуктивного пласта. Основной литологический тип рудовмещающих пород: пески от мелко- до крупнозернистых, меньшая часть представлена гравийниками, а также песчаниками с примесью алевропелита. Присутствие последних существенно влияет на величину гидравлической проводимости. Коэффициенты фильтрации (Кф), в результате присутствия таких частиц в качестве цементной составляющей, меняются от первых единиц до величин более 10 м/сут.

Выявленные в процессе исследований зависимости между удельной приемистостью (q) скважин и значениями показателя Ж : Т (временной параметр) для каждого из установленных и рассчитанных средних значений Кф, свидетельствуют, что более интенсивно процесс кольматации проявляется в литологических разностях с высокой гидравлической проводимостью ($K_{\phi} > 5$ м/сут).

Выделение интервалов с различной гидравлической проводимостью основывалось на определении в составе песчаных литологий примесей алевропелитов. Нами выделены три, наиболее представительных по мощности, интервала литолого-гидравлической проводимости:

1. пески с содержанием алевропелитов более 9,5 %, средние значения $K_{\phi} < 2,5$ м/сут;

2. пески с содержанием алевропелитов в интервале менее 9,5 % и более 5,3%, $2,5 \leq K_{\phi} < 5$ м/сут;

3. пески с содержанием алевропелитов менее 5,3 %, $K_{\phi \text{ ср}} \approx 8,5$ м/сут.

Такой методический подход к оценке проводимости пород продуктивного пласта позволил выделить гидродинамический параметр, характеризующий одновременно литологические и фильтрационные свойства: литолого-гидравлическую проводимость.

Введем коэффициент $K_{\text{л-г}}$, характеризующий гидравлическую проводимость пород рудного пласта в зависимости от содержания алевропелитов, выраженное в %. Разделив величину K_{ϕ} на содержание алевропелитов, получим удельное значение проводимости на 1 % алевропелитов (напр. 2,5 м/сут: 9,5 % = 0,26 м / сут · %). Сравнивая величины $K_{\text{л-г}}$ различных интервалов значений K_{ϕ} можно прогнозировать изменение производительности скважин во времени, используя выявленные зависимости, рис. 1-2.

Интегральный коэффициент $K_{\text{л-г}}$ характеризует процессы коагуляции порового объема пород, зависящие от присутствия в растворах твердых взвесей – пелитовых глинистых частиц и выпадающих из растворов солей, в виде гелеобразных субстанций, при смене физико-химических условий фильтрующей жидкости. Используемый при геотехнологическом способе разработки урановых месторождений, в ка-

честве окислителя, гипохлорит натрия способствует, что подтверждено практическими наблюдениями за изменением (снижением) дебитов эксплуатационных скважин, развитию процессов химической коагуляции прифильтровых зон пород продуктивного пласта. Исходя из таких предпосылок, исследовалось влияние данного окислителя на формирования солевой структуры выщелачивающих растворов.

На начальном этапе исследований в откачную скважину нагнеталась в режиме свободного налива пластовая вода с добавлением гипохлорита натрия. Раствор смешивался непосредственно в стволе скважины, в которую подавали пластовую воду с расходом 8-9 м³/час, концентрация NaOCl – 223 г/л с расходом 60 л/час. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) подаваемых растворов составлял 1020 мВ.

Перед началом подачи окисляющего раствора реагента из опытных скважин были отобраны пробы подземных вод и выполнен химический анализ. Воды по составу сульфатно-гидрокарбонатные с величинами рН и ОВП, в целом, нейтральны, типичные для гидрогенных месторождений урана.

Через сутки, после подачи в скважину 10-5-6 раствора гипохлорита натрия, было отмечено снижение проницаемости. Отобранные жидкие пробы, в результате кратковременных прокачек опытных скважин, подтвердили при визуальном осмотре присутствие в них хлопьевидных, белых, длительно не оседающих, взвесей. Анализ хлопьевидных осадков показал, в основной своей массе, присутствие в качестве коагулянта карбоната кальция. В осветленной части раствора содержание кальция снизилось в 4,9 раза по сравнению с количеством его в подаваемой пластовой воде.

Проведенное моделирование по смешиванию пластовой воды с гипо-

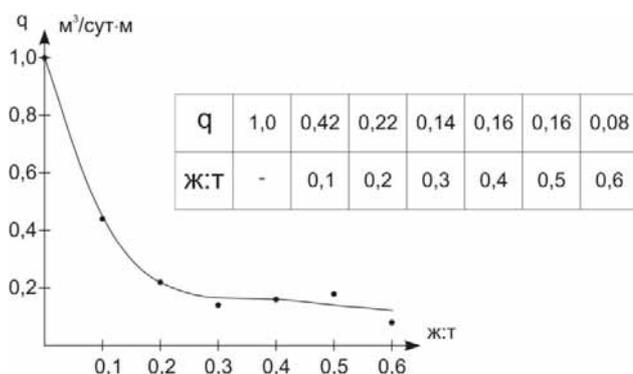


Рис. 1. Зависимость удельного расхода скважин (q) от показателя, Ж:Т, для коэффициента фильтрации меньше 2 м/сут $K_{\phi} < 2$ м/сут

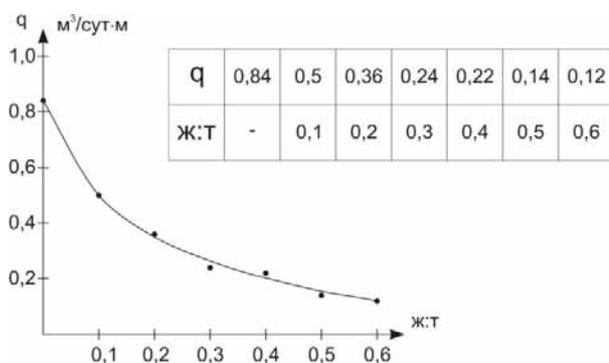


Рис. 2. Зависимость удельного расхода скважин (q) от показателя, Ж:Т, для коэффициента фильтрации больше 2 м/сут $K_{\phi} > 2$ м/сут

хлоритом натрия в соотношении, соответствующем подаче в экспериментальную скважину, подтвердило образование хлопьевидного осадка, агрегаты которого достаточно быстро укрупнялись и выпадали в гелеобразном состоянии, что и приводило к кольматации порового объема пород прифилтровой зоны пласта.

Для устранения (снижения) выпадения осадков карбоната кальция в лабораторных условиях проведены исследования по влиянию концентрации

ClO^- в растворе после смешения пластовой воды с раствором гипохлорита натрия на образование осадков и значение ОВП. На основании полученных результатов рекомендовано дозировать исходный гипохлорит в пластовую воду из расчёта концентрации ClO^- 0,1-0,3 г/. Полевые опыты показали, что выпадение осадка карбоната кальция значительно уменьшилось, что дало возможность подать в скважину расчётное количество пластовой воды с окислителем. Установленная опытным путем концентрация гипохлорита натрия практически минимизировала процессы химической кольматации и обеспечила возможность сохранять производительность скважин в установленном режиме.

Выводы

1. Установлена зависимость между содержанием в породах продуктивного пласта алевропелитов и коэффициентами фильтрации, что позволило комплексно оценить коллекторские свойства рудного пласта, ввести понятие о коэффициенте литолого-гидравлической проводимости $K_{\text{лг}}$.

2. Доказана возможность проведения окисления урановых руд гипохлоритом натрия с концентрацией 0,1-0,3 г/л, что минимизирует процессы кольматации пород прифилтровой зоны скважин и обеспечивает заданный гидродинамический режим выщелачивающих растворов.

Коротко об авторах

Маркелов С.В. – доктор технических наук, профессор,

Аликулов Ш.Ш., Нарзиев А.С. – аспиранты,

Российский государственный геологоразведочный университет, office@msgpa.edu.ru