

УДК 624

## ПОДБОР ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА

**Матаев М.М., Кенжетаев Ж.С.**

*ТОО «Институт высоких технологий», Алматы, e-mail: m.mataev@iht.kz*

Рассмотрены причины снижения производительности геотехнологических скважин в процессе их сооружения и эксплуатации методом ПСВ урана. Изложены гидродинамические способы регенерации скважин основанные на разрушении и диспергировании кольматирующих отложений. Рассмотрены способы восстановления производительности скважин реагентами основанный на растворении кольматирующие осадки и комбинированный метод, сочетающие разрушение осадков с их растворением в реагентах. Показаны эффективность методов в различных областях их применения, поиск путей совершенствования методов в сложных гидро-геологических условиях пластово – инфильтрационных месторождений урана.

**Ключевые слова:** кольматация, комбинированный метод, пневмоимпульсы, регенерация

## SELECTION OF EFFECTIVE METHODS OF REPAIR AND RESTORATION WORK IN UNDERGROUND URANIUM LEACHING

**Mataev M.M., Kenzhetaev J.S.**

*Institute of High Technology, Almaty, e-mail: m.mataev@iht.kz*

The causes of performance degradation geotechnical wells during their construction and operation of ISL uranium. Presented hydrodynamic methods of regenerating wells based on the destruction and dispersion of bridging deposits. The methods of restoring productivity of wells reagents based on precipitation and dissolution of bridging the combined method, combining the destruction of the rain with their dissolution in the reactants. Including best practices in various areas of their application, the search for ways to improve the methods in complex hydro-geological conditions stratum – infiltration uranium deposits.

**Keywords:** mudding, combined method, pneuimpulsky regeneration

Подземное скважинное выщелачивание (ПСВ) руд с естественной проницаемостью предполагает замену поровой жидкости в пласте на растворитель, который взаимодействует с твердой и жидкой фазами горных пород. В результате в недрах протекают различные физико-химические процессы [4]. Практика эксплуатации систем геотехнологических скважин при эксплуатации месторождений урана способом ПСВ показывает, что с течением времени наблюдается снижение их производительности. Одной из основных причин снижение пропускной способности технологических скважин является увеличение гидравлических сопротивлений и снижение фильтрационных характеристик пласта в следствии образования кольматации, за счет осаждения веществ растворенных в технологических растворах, или механического перемещения частиц рудовмещающего горизонта, а также выделений газа.

Механическая кольматация обусловлена перекрытием водоприемных отверстий фильтров песком, глиной, гравием и закупоркой поровых каналов пласта механическими взвесями. Песок и глина, осаждающиеся в скважине частично или полностью перекрывает фильтр. Также к механической кольматации можно отнести засорение

фильтра и прифилтровой зоны пласта буровыми растворами содержащие глинистые частицы [8]. При этом происходит набухание глинистого материала в водной среде и изменение структуры порового пространства пласта.

Химическая, ионообменная и газовая виды кольматации обусловлены изменением химического состава пластовых вод в результате влияния применяемых при ПСВ химических материалов. Присутствие в воде растворенных катионитов кальция, магния и железа и нарушение углекислотного равновесие приводит к образованию труднорастворимых осадков. Интенсивно происходит выделение карбонатных осадков в зоне фильтров, при удалении от них интенсивность выпадения осадков уменьшается. При взаимодействии выщелачивающих растворов с рудовмещающими породами в жидкой фазе происходит накопление (помимо рудных) целого ряда элементов, входящих в состав основных породообразующих минералов. Количество и кинетика перехода этих элементов в продуктивные растворы зависит от типа выщелачивающего реагента, его концентрации, окислительно-восстановительного потенциала, температуры, растворимости породообразующих минералов и величины активной по-

верхности минеральных частиц, во многом определяющей интенсивность массообмена в системе растворов – порода.

Основными методами по восстановлению или увеличению проницаемости пород призабойной зоны при проведении ремонтно-восстановительных работ (РВР) является физический, химический и комбинированный. При выборе технологии РВР следует исходить из возможности каждого способа декольматации фильтров и прифильтровых областей скважин. Также при выборе метода РВР необходимо учитывать гидрогеологические условия, технологией бурения, конструкцией скважины, фильтра и других характерных факторов месторождения.

Пневмоимпульсный способ декольматации скважин на комплексах ПСВ урана является эффективным методом, применение способа обеспечивает декольматацию скважин и прискваженных зон как во вновь осваиваемых, так и в эксплуатирующихся скважинах в достаточно широком спектре геолого-технических условий. Метод воздействия на призабойную зону скважин заключается в использовании энергии сжатого воздуха с последующей передачей ее столбу жидкости в скважине. Под действием этой энергии столб жидкости в скважине начал совершать возвратно поступательные колебательные движения с частотой, равной собственной частоте колебаний столба жидкости. Восстановление проницаемости фильтров и прифильтровых зон происходит за счет пульсации воздушного пузыря и создание гидротоков знакопеременного направления под давлением 10-12 МПа. В результате пневмоимпульсного воздействия находящиеся на фильтровой поверхности и прифильтровой зоне глинистые осадки или химический кольматант разрушается и выносятся гидротоком в скважину, откуда в последующем удаляются восходящим потоком раствора. К достоинствам пневмовзрыва можно отнести возможность регулирования его гидродинамических параметров и цикличности воздействия в широких пределах, доступность и безопасность рабочего реагента – воздуха. Пневмоимпульсная обработка позволила ускорить процесс освоения скважин после бурения повысив степень их разглинизации [1, 3].

В работе [5], представлена промывка скважин передвижной модульной установки кавитационного типа действия для освоения и очистки скважин на комплексах ПСВ урана. Промывка скважин кавитационной струйной насадкой обеспечивает амплитуд-

но-частотные колебания жидкости. Гидродинамический генератор кавитационных колебаний представляет собой трубку Винтури. Сущность способа заключается в подаче промывочной жидкости под давлением бурового насоса через гибкий рукав на кавитационно-струйную насадку в фильтровую область, в сечении ковитатора создаются скорости движения жидкости, обеспечивающие падение давления до величин, сопоставимых с давлением насыщенного пара при котором происходит зарождение кавитационных пузырьков. При схлопывании пузырьков внутри которых возникают высокие давления и температуры оказывают разрушающее воздействие на кольматирующие образования, смывая песчаные пробки и поднимая их по колонне напором промывочной жидкости на дневную поверхность. Применение ПАВ способствует хорошей смачиваемости породы водой и снижению поверхностного натяжения на границе раздела вода – кольматант в целом интенсифицирующие процесс. Кольматирующие отложения прилипшие к твердой поверхности хорошо отмываются, способствуя ускоренному разрушению и выносу кольматирующих образований на дневную поверхность. По составу и химическим свойствам все ПАВ делятся на ионогенные (сульфатонатриевые соли, азолят, сульфолон и др.) неионогенные оксиэтилированные препараты типа ОП, продукты конденсации фракции угольных фенолов с окисью этилена. Добавление в промывочную жидкость ПАВ – сульфолон концентрации от 0,01 до 0,1 вес. % позволит улучшить результаты регенерации скважин на 20% по сравнению с промывкой обычной водой. Проведенные исследования установили что промывка скважин с применением кавитационно-струйной насадки и ПАВ наиболее эффективна в скважинах сразу после выявления запескованности.

Анализ эффективности воздействия электрогидродинамического (ЭГ) метода на кольматирующие отложения из литературы [6, 7] основанные на создании электрическими разрядами упругих резонансных колебаний воздействующие на продуктивный пласт. Многократные последовательные импульсные колебания в широком спектре частот рассчитаны на разрушение и диспергирование кольматирующих образований и глубоком проникновении и создание новых трещин в различных по пористости и проницаемости теригенных и карбонатных пород коллекторов. Также при ЭГ – обработке скважины происходит низкочастот-

ное и сверхнизкочастотное воздействие на пласт и его возбуждение на доминантных частотах на значительном расстоянии от скважины увеличивающая проницаемость нефти в породе. При электро взрыве происходит пробой меж электродного промежутка, в котором находится раствор, с образованием канала разрыва, давление в канале повышается, что сопровождается его расширением. на после разрядной стадии канал превращается в газовый пузырь, который в начале расширяется, а затем под давлением гидростатического давления сжимается создавая знакопеременные движения жидкости. Основным преимуществом данного метода заключается в том что ЭГ – обработка могут подвергаться скважины с фильтрами практически из любого материала, в том числе из асбестоцементных, капроновых или винилпластовых труб. Обработка фильтров из различных материалов требует изменение параметров мощности и давления ударной волны, ее длительность и количество импульсов на 1 м его длины, определяющие эффективность электроударной обработки фильтра. Давление ударной волны определяется в основном разрядным напряжением коаксиального кабеля и разрядным промежутком в скважинном разрядном устройстве регулируемая в пределах до 80 МПа, с частотой в пределах 1-10 Гц. Длительность ударной волны зависит главным образом от емкости конденсаторной батареи. Опыт эксплуатации ЭГ установок на технологических скважинах ПСВ комплексах в рыхлых песчано-силикатных породах показывает, что создаваемый относительно низкочастотный спектр колебаний не эффективен из – за отличия физико-химических характеристик пластовой воды от нефти.

Интенсивное снижение производительности скважин после гидродинамических обработок объясняется следующим образом. Воздействие импульсных нагрузок при различных источниках их создания вызывает разрушение и диспергирование прилегающих к фильтру пород и образование большого количества трещин, обеспечивающий большой приток воды в скважину в начальный период эксплуатации после обработки скважины. Под действием ударных волн и гидротока, зерна породы не очищаются от гидроксидных и карбонатных пленок, а отложившиеся в процессе эксплуатации-скважин частично отстаиваются в поровом пространстве и являются центрами кристаллизации, способствующими последующему интенсивному образованию и отложению осадка во вновь образованных

трещинах. При возобновлении эксплуатации скважины происходит засорении солями порового пространства, имеющегося после гидродинамической обработки значительно более развитую поверхность и содержащего зерна, обладающие каталитическими свойствами, в результате чего происходит повторное интенсивное снижение проницаемости пород в прифильтровой зоне.

В работе [2] представлены реагентные способы восстановления производительности скважин относящиеся к химическим методам регенерации. Реагентные методы воздействия на пласт основаны на реагировании водных растворов кислот с кольтирующими образованиями, растворение и удаление продуктов реакции за пределы скважины обычно путем эрлифтной откачки. Выбор типа и способа реагентной регенерации зависит от многих факторов, определяющим которых является состав и состояние кольтирующего осадка, конструкция фильтра и его состояние, структуру обрабатываемой поверхности. Независимо от способа подачи для регенерации скважин широко применяется соляная кислота HCl, эффективно растворяющая железистые ( $Fe_2O_3$ ,  $Fe(OH)_3$ , FeS) и карбонатные ( $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$ ) кольтирующие образования. Оптимальную рабочую концентрацию солянокислотного раствора подбирают с учетом растворяющей способности и скорости растворения породы и нейтрализации кислоты в составе, коррозионной активности и величины пластового давления. В практике химических обработок скважин обычно применяются способ реагентных ванн и способ циклического задавливания в пласт. Способ реагентной ванны подразумевает заливку кислотного раствора в устье скважины, который под влиянием процессов диффузии проникает за контур фильтра. Применение этого способа не требует дополнительного оборудования и герметизации оголовника скважины. Способ циклического задавливания водного раствора кислоты в пласт является более эффективным по сравнению со способом реагентных ванн, однако требует установки дополнительного оборудования, спуска труб и герметизация оголовника скважины. Практика применения серной кислоты при регенерации скважин показала высокую эффективность на первоначальной стадии эксплуатации скважин при появлении осадков гидроксида железа и алюминия. Серная кислота взаимодействует с ними, нарушает целостность кольтирующих соединений и позволяет удалить их последующей эрлифтной прокачкой. Однако

взаимодействие серной кислоты с карбонатом кальция приводит к осаждению сульфида кальция в порах породы. Отсутствует возможность регулировать равномерность очистки фильтра как по длине так по глубине прифилтровой зоны, так как в процессе продавливания рабочими растворами реагент движется по наиболее проницаемым участкам прифилтровой зоны. В закольматированных не проницаемых сцементированных пластах реагентные методы требуют дополнительной интенсификации процесса гидродинамическими методами, так как это позволяет вызвать глубокие процессы взаимодействия кислоты с породой.

Опыт регенерации геотехнологических скважин на карбонатных блоках показывает, что основная причина низкой эффективности многих способов регенерации скважин заключается в том, что каждый из них направлен на решение какой-то одной задачи: разглинизация стенок скважины, очистка фильтра и прискваженной зоны. Необходимо чтобы регенерация была комплексная и включала операции по восстановлению проницаемости прифилтровой зоны и очистку фильтра от разного рода осадкообразований, увеличивая прирост дебита на долгосрочный период сохраняя низкую себестоимость.

В литературе [9] представлены более эффективные методы регенерации скважин основанные на применении пневмообработок непосредственно в растворе химических реагентов. В результате пневмоимпульсного воздействия происходит не только разрушение и диспергирование кольматирующих отложений под действием ударных волн, но и задавливание раствора реагента на значительную глубину в водоносный пласт под давлением, образующегося при расширении парогазового пузыря и составляющего 5 – 10 МПа. Пульсации парогазового пузыря вызывают возвратно-поступательное движение раствора, что способствует лучшему подводу реагирующих компонентов к породе, растворению кольматирующих отложений и удалению продуктов реакции за пределы области реагирования. Пневмореагентную обработку скважин можно производить как при ее герметизации с циклическим задавливанием реагентов воздухом, так и при открытом стволе. Обработку завершают прокачку скважины эрлифтом до полного удаления продукта реагента и продуктов реакции. Опыт регенерации скважин с применения пневмообработок в растворах химических реагентов на скважинах в некоторых случаях позволяет достигнуть увеличение удельных дебитов

до 70-75% от первоначальных, а последовательное проведение электрогидроударной и реагентной обработок в 1,5 – 2 раза. Интенсивность снижения дебита скважин, обработанных комбинированными методами, оказалась в 1,5 – 2 раза ниже, чем по скважинам, которые были обработаны только импульсными способами. Применение герметизирующих устье скважины манжет во время пневмохимической обработки в некоторых случаях более эффективна в отличии безманжетного применения.

В процессе эксплуатации скважин методом ПСВ урана от воздействия химических реагентов и изменения гидродинамического режима, фильтры и филтровые зоны пород кольматируются песком, глиной, солями кальция, алюминия, железа, магния, и другими. Компоненты оседают на водоприемной поверхности фильтров и в порох водоносных пород, дегазируются спрессовываясь под действием пластового давления. В связи с этим увеличиваются гидравлические сопротивления, уменьшается производительность скважин осложняя процесс ПСВ урана и ремонтно-восстановительные работы. Пневмореагентный метод воздействия может быть успешно применен на скважинах ПСВ различных гидрогеологических условий, также в сложных геологических формированиях с большой карбонатностью пластов  $CO_2 > 2\%$  и наличием множества алевро-глинистых прослоек с глубоким залеганием рудоносных пород и большим пластовым давлением. Обеспечивая высокую степень регенерации скважин с кольматирующими отложениями различной прочности, усложняющие процесс ремонтно-восстановительных работ.

#### Список литературы

1. Башкатов Д.Н. Роговой В.Л. Бурение скважин на воду. – М.: Колос, 1976. – 206 с.
2. Блажейвич В.А. Уметбаев В.Г. Справочник мастера по капитальному ремонту скважин. Москва: Недра, 1985. – 208 с.
3. Ивашечкин В.В., Шейко А.М., Кондратович А.Н. Регенерация скважин и напорных фильтров систем водоснабжения. – М.: БНТУ, 2008. – 277 с.
4. Мамилов В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания. – М.: Атомиздат 1980. – 248 с.
5. Пат. РК №26619 25.12.2012. Мамытбеков Г.К., Кожаметов С.К., Айтенов С.М., Раимханов А.Е., Шаванда В.В. Передвижная модульная установка кавитационного действия для освоения и очистки скважин. Заявка № 2012/0299.1 от 11 марта 2012 г.
6. Молчанов А.А. Интенсификация работы нефтегазовых скважин методом упругого резонансного воздействия. НТВ «Каротажник». – Тверь: ГЕРС, 2000. Вып. №74. – С 31-40.
7. Молчанов А.А. Дмитриев Д.Н, Ушкало В.А. Аппаратура импульсного упругого воздействия на нефтяные пласты «Приток – 1» для интенсификации режима работы нефтегазовых скважин. НТВ «Каротажник». – Тверь, 1998. – Вып. №50. – С 16-21.
8. Тураев Н.С. Жерин И.И. Химия и технология урана. Учебное пособие для вузов. – М.: ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. – 407 с.
9. Романенко В.А., Вольницкая Э.М. Восстановление производительности водозаборных скважин. – Л.: Недра, 1986. – 112 с.