

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДЕБИТА СКВАЖИН**

Розглянуто основні методи інтенсифікації дебіту свердловин, надано їх порівняльний аналіз з електророзрядним методом.

## **THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC METHODS OF INTENSIVE ALOCATION OF CHINKS**

In clause the basic methods of intensive alocation of chinks are given, their comparative analysis with electrodigit method is executed.

В процессе многолетней эксплуатации дебит большинства действующих скважин уменьшается, по причинам снижения проницаемости. Поддержания добычи на прежнем уровне можно добиться несколькими способами: наращиванием объема буровых работ, применением прогрессивной технологии вскрытия пласта, применением методов максимального увеличения производительности новых скважин до сдачи в эксплуатацию и введением в практику эффективной технологии восстановления работоспособности старых скважин. Затраты на увеличение производительности уже существующих скважин намного (в 10...50 раз) меньше затрат на перебуривание скважин [1]. Следовательно, применение методов интенсификации дебита существующих скважин принесет большую экономию средств и материальных ресурсов.

Все причины снижения проницаемости призабойной зоны можно разбить на четыре группы: механическое, физико-литологическое, физико-химическое и термохимическое загрязнение [2].

К первой группе относятся причины снижения проницаемости за счет механического засорения твердой фазой проносимого или извлекаемого материала. К этой группе причин относится уменьшение проницаемости призабойных зон вследствие кольматажа трещинно-порового пространства минеральными частицами, движущимися вместе с фильтрующимся флюидом [2].

Взаимодействие пресной воды с минеральным веществом и цементом вмещающих пород, приводящее к их набуханию и уменьшению живого сечения фильтрационных каналов – основа физико-литологических причин. Наиболее часто происходит набухание глинистого материала.

К физико-химическим причинам относится появление блокирующих преград по причине поверхностных натяжений отдельных фаз и снижение проницаемости, как следствие поверхностных явлений на границах раздела фаз.

К термохимическим причинам можно отнести: отложение парафинов, отверждение расплавов и подобные явления в системе гидродинамических каналов в результате снижения температуры естественного флюида или промежуточного теплоносителя; выпадение солей в процессе охлаждения сильно-минерализованных вод и растворов; образование газовых гидратов при добы-

че природного газа. Данная группа причин наблюдается в газонефтяных скважинах.

Снижение производительности водозаборных скважин в ходе эксплуатации в основном связано с уменьшением проницаемости фильтра и прифилтровой зоны [3]. Это является следствием постепенного зарастания фильтра и призабойной зоны различными кольматирующими осадками. Кольматирующий осадок может быть внесен в призабойную зону в процессе сооружения скважины или в ходе ее эксплуатации [1]. Вид структура кольматирующего осадка, его химико-минералогический состав зависят от состава и условий формирования. Различают три вида кольматажа по причинам, вызывающим его появление: механический (из рыхлых песчаных отложений), физико-химический (осадки подземных вод, коррозия фильтра) и биологический (жизнедеятельность микроорганизмов).

Появление осадков различной природы значительно снижает дебит водозаборных, газонефтяных и дегазационных скважин. Дальнейшая их эксплуатация возможна только при условии применения различных способов интенсификации добычи.

Процесс декольматации может быть осуществлен с помощью физических и химических методов. Исходя из этого, выделяют три группы методов: физические, химические и физико-химические. Выбирая метод декольматации необходимо обращать внимание на тип кольматирующего осадка, эксплуатационные и конструктивные характеристики скважины, а также тип фильтра.

Декольматация может происходить под действием следующих факторов:

- механическое воздействие;
- создаваемое гидродинамическое давление;
- ударная волна;
- волна разряжения;
- ультразвуковое поле;
- химическая реакция с реагентом.

Эффективность способа интенсификации значительно повышается, если в нем объединяется несколько факторов воздействия.

Физические методы базируются на механической и гидравлической очистке фильтров и различных физических способах воздействия на пласт. К ним относятся:

а) механическая очистка фильтра когда с помощью разнообразных металлических скребков и ершей удаляется кольматант с внутренней поверхности. Достоинством данного метода является его простота, а недостатком то, что воздействию данного метода поддаются только мягкие осадки, а основная масса кольматанта остается незатронутой;

б) гидравлическая очистка фильтра, основанная на промывке скважин водой и эрлифтной откачке по различным схемам. Данный метод недостаточно эффективен и не обеспечивает полной декольматации;

в) метод взрывания зарядов ВВ, когда взрыв заряда ВВ оказывает декольматирующее воздействие в результате возникновения ударной волны, не-

скольких, следующих одна за другой, волн сжатия, пульсирующего гидропотока переменного направления и фильтрационного потока с большим градиентом; применяются торпеды из детонирующего шнура и большие фугасные заряды. Недостаток метода заключается в том, что он не обеспечивает полной декольматации, и имеют место трудности управления процессом взрыва (изменение давления ударной волны возможно лишь в ограниченных пределах);

г) пневмогидродинамический метод, Данный метод применяется для повышения дебита поверхностных дегазационных скважин. Источник энергии данного метода – пластовое давление газа и энергия сжатого воздуха, закачиваемого в скважину. Рабочее тело двухфазное: вода и сжатый газ (воздух или метан). Интенсификация притока газа в скважину осуществляется путем осуществления циклов подъема и сброса давления в скважине. Экспериментальные работы показали эффективность применения этого метода для декольматации дегазационных скважин [4];

д) пневмовзрывной метод, основанный на использовании энергии сжатого до высокого давления воздуха, выбрасываемого из пневмоизлучателя в водоприемную часть скважины. Недостатком данного метода является то, что рабочее давление, объем рабочей камеры, плотность импульсов и количество рейсов необходимо устанавливать для каждой скважины индивидуально, в зависимости от ее эксплуатационных и конструктивных характеристик;

е) имплозионный метод, основанный на создании мгновенного перепада между пластовым и забойным давлениями, который вызывает интенсивную фильтрацию жидкости из пласта в скважину с одновременной декольматацией фильтрующих каналов; применяются методы с использованием резинового чашеобразного тампона, перекрывающего ствол скважины под основанием верхнего фильтра (недостаток – недостаточно быстрое сжатие камеры тампона) и метод раздавливания стеклянных капсул, находящихся под вакуумом (недостатки: относительно небольшой объем капсул, сложность изготовления капсул с заданной прочностью, опасность их преждевременного разрушения на поверхности);

ж) вибрационный метод, когда приемная часть скважины подвергается воздействию гидродинамического давления, возбуждаемого в столбе воды вибрирующим вдоль оси скважины рабочим органом; данный метод отличается высокой эффективностью и результативностью, однако для его выполнения требуются сложные и дорогостоящие самоходные агрегаты типа АВО с виброустановками типа ВУР;

з) акустический метод, когда в полости фильтра и прифильтровой зоне создается мощное ультразвуковое поле, воздействие которого приводит к диспергированию или отслаиванию кольматанта. Этот метод может быть эффективен при относительно небольшой глубине кольматации прифильтровых зон несцементированным рыхлым кольматантом, преимущественно железистого состава прочностью менее 0,5 МПа;

и) метод вакуумирования, основанный на повышении энергии фильтрационного потока созданием пониженного давления (вакуума) в стволе скважи-

ны, изолированном от проникновения атмосферного воздуха. Следует отметить, что усиленный водоотбор достигается лишь в период создания вакуума, поэтому метод стоит применять только при эксплуатации в сложных условиях водоотбора;

к) гидравлический разрыв пласта. Его сущность заключается в разрыве пласта давлением нагнетаемой жидкости и фиксированием образовавшейся трещины с помощью хорошо проницаемого несжимаемого материала. Данный метод позволяет добиться устойчивого многократного повышения производительности скважин, но ввиду технологической сложности и весьма значительной стоимости работ его стоит применять только при интенсификации отбора в особо сложных условиях;

л) электрофизический метод высокочастотного электромагнитного нагрева – один из перспективных методов. Его идея заключается в снижении вязкости тяжелых углеводородов в порах продуктивного пласта за счет разогрева излученным электромагнитным полем [5];

м) метод предотвращающий образование смоло-парафиновых отложений на основе постоянных магнитов, основанный на том, что в обрабатываемой жидкости (нефти) за счет физико-химической модификации металлосодержащих микропримесей образуется огромное количество дополнительных центров кристаллизации и флотационного выноса [6]. Магнитный эффект усиливается гидравлическим за счет формы корпуса устройства. Данный метод нашел применение на нефтяных скважинах. Его работу, однако, затрудняет наличие значительного количества механических примесей и подброс устройства при запуске скважин с большим газовым фактором.

Помимо физических методов, для декольматации скважин используют методы, основанные на использовании различных химических реагентов – химические методы повышения дебита скважин. Они отличаются высокой эффективностью воздействия и технологической доступностью, могут применяться в различных гидрогеологических условиях на скважинах различного диаметра и глубины, оборудованных фильтрами различных конструкций. Их сущность заключается в воздействии на фильтр, призабойную зону или удаленную от скважины часть пласта реагентами, способными растворять кольматирующее вещество или же саму водовмещающую породу. Однако группа данных методов обладает рядом недостатков. Использование реагентов может привести к коррозионным повреждениям наземного оборудования и различных конструктивных элементов скважин, а также к загрязнению подземных и поверхностных вод, нанесению вреда людям, сельскому хозяйству, природе.

Физико-химические методы совмещают в себе воздействие физических методов с применением химического реагента. К ним можно отнести: термореагентный (применяется в бесфильтровых скважинах с открытым стволом), кислотоструйный (применяется в скважинах с открытой приемной частью ствола), виброреагентный (должно выполняться условие коррозионной устойчивости фильтра), термовиброреагентный (условие то же, что и для виброреагентного метода), пневмореагентный (применяется на скважинах глуби-

ной до 150 м, длине фильтра до 20 м и статическому уровню не ниже 50 м), электровибрационный (целесообразен в сложных условиях), реагентно-акустический. Применение физико-химических методов значительно повышает эффективность декольматации, по сравнению с применением физических и химических методов по отдельности. Однако им присущи недостатки химических методов.

В случае уменьшения нефтеотдачи по причине образования зоны капиллярно-связанной воды при заводнении пластов, когда уменьшается эффективная толщина пласта, что препятствует поступлению нефти в скважину, применяется метод гидрофобизации. Он основан на изменении характера смачиваемости пористой среды в призабойной зоне скважины путем закачки гидрофобизирующей композиции. Это повышает нефтенасыщенность в призабойной зоне пласта и улучшает условия притока нефти (газа) в скважину [7].

Электроразрядный способ декольматации скважин относится к группе физических импульсных методов. Сущность метода заключается в том, что в скважине, заполненной жидкостью глушения, используя высоковольтный импульсный разряд, возбуждаются циклические волны сжатия, пульсирующая парогазовая полость, мощные электромагнитные поля. Электроразрядное воздействие на призабойную зону скважин предназначено для повышения проницаемости, улучшения сообщаемости со стволом скважины и увеличения систем трещин или каналов для облегчения притока и снижения энергетических потерь в этой области пласта. Обработка скважин данным методом характеризуется комплексным воздействием генерируемых электромагнитных и акустических полей, а также гидродинамических течений. Они, в свою очередь, как дополнительный эффект вызывают тепловой прогрев зоны обработки. Технология реализуется электроразрядным скважинным устройством.

С точки зрения очистки призабойной зоны скважины при циклическом электроразрядном воздействии происходит следующее:

- волны сжатия разрушают отложения в зоне перфорационных отверстий;
- волны сжатия, многократно отражаясь и трансформируясь в призабойной зоне в волны напряжения-растяжения, развивают или образуют в ней новые трещинные каналы;

- перепады давления при импульсном воздействии изменяются попеременно по величине и направлению, в результате чего жидкость перемещается из застойных зон и каналов в зоны активного дренирования.

Из исследований [8] следует, что основным критерием процесса разрушения кольматирующих осадков является первичная волна сжатия, а эффективность очистки определяется максимальным давлением на фронте ударной волны. По данным опытных исследований [9, 10] установлено, что при увеличении емкости и напряжения давление ударной волны возрастает. При неизменной энергии разряда давление оказывается большим при меньших значениях емкости, то есть при увеличении напряжения.

Фильтры скважин можно очищать при воздействии одного мощного или нескольких более слабых электрических разрядов. Увеличение количества

разрядов способствует более высокой степени разрушения и выносу осадков. При восстановлении проницаемости фильтров целесообразно использовать многократное воздействие импульсных нагрузок, создаваемых электрическими разрядами с меньшей энергией импульса.

По результатам работ [9, 11, 12] эффективность данного способа восстановления проницаемости фильтров подтверждается тем, что 92% всех обработанных скважин увеличили свою производительность, при этом дебит 25% скважин достиг первоначального значения, а дебит 34% скважин оказался выше первоначального в момент ввода в эксплуатацию.

Хотя для электроразрядного метода декольматации необходимо использовать специальное скважинное устройство; в отличие от вибрационного метода для спуска устройства и его перевозки можно использовать стандартное технологическое оборудование. Данный метод более эффективен, чем механическая и гидравлическая очистка фильтра.

Положительным моментом данного способа является возможность многократного повторения импульсов и регулирование гидродинамических параметров разряда путем изменения электрических характеристик (емкости конденсаторов и напряжения), чем он выгодно отличается от способа с применением ВВ.

Электроразрядный способ является менее затратным, чем гидравлический разрыв пласта. Он не приводит к коррозионным повреждениям наземного оборудования и различных конструктивных элементов скважин (в частности фильтра) и его применение экологически безопасно. Значительным достоинством данного метода является то, что одним устройством можно обработать от 100 до 300 скважин.

#### **Выводы.**

Использование методов интенсификации добычи полезных ископаемых из скважин значительно выгоднее применения других способов поддержания дебита скважин на прежнем уровне.

Электроразрядный способ декольматации скважин является дешевым и экологически чистым методом интенсификации. Практическое применение показало его эффективность. Он ничем не уступает, а по некоторым параметрам превосходит другие существующие методы интенсификации. Перспективы дальнейшего его совершенствования, повышение эффективности связано с изучением процессов, возникающих при разряде. И если процессы в скважине достаточно хорошо изучены, то процессы в призабойной зоне менее исследованы. Изучение этих процессов позволит выбрать и обосновать параметры метода, исследовать их в зависимости от различных внешних условий, а также разработать более эффективные технологические схемы электроразрядного способа декольматации.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду / Д.Н. Башкатов, С.Л. Драхлис, В.В. Сафонов, Г.П. Квашнин. – М.: Недра, 1988. – 268 с.
2. Михалюк А.В., Войтенко Ю.И. Импульсный разрыв пород. – К.: Наук. думка, 1991. – 204 с.

3. Гаврилко В.М. Фильтры водозаборных, водопонижительных и гидрогеологических скважин. – М.: Издательство литературы по строительству, 1968. – 400 с.
4. Звягильский Е.Л., Ефремов И.А., Бобрышев Викт. В, Бобрышев Вас.В., Силин Д.П. Способы повышения дебита поверхностных дегазационных скважин // Геотехническая механика. – Вып. 37. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2004. – С. 3-8. – (Межведомственный сб. науч. тр.).
5. Кицис С.И. К оптимальной частоте высокочастотного нагрева призабойной зоны нефтяной скважины// Изв. ВУЗов: Нефть и газ. – № 2. – 2001. – С. 50-57.
6. Карпов Б.В., Воробьев В.П., Казаков В.Т., Персиянцев М.Н., Ткачук В.И. Использование физических полей для предупреждения отложений парафина при добыче нефти // Нефтяное хозяйство. – Июль. – 1997. – С. 46-47.
7. Старковский А.В., Рогова Т.С. Гидрофобизация призабойной зоны пласта как метод повышения нефтеотдачи // Нефтяное хозяйство. – № 12. – 2003. – С. 36-38.
8. Романенко В.А. Электрофизические способы восстановления производительности водозаборных скважин. – Л.: Недра, 1986. – 79 с.
9. Павлищев А.А., Сахно Н.Е., Кабашный Ф.И. Экспериментальное исследование очистки фильтров водяных скважин электрогидравлическим способом // Электрификация сельского хозяйства. – 1975. – Вып. 32. – С. 33-37.
10. Солоухин Р.И. Ударные волны и детонация газов. – М.: Физматгиз. – 1963. – 175 с.
11. Пути совершенствования проектировки строительства и эксплуатации объектов сельскохозяйственного водоснабжения, повышения их эксплуатационной надежности и увеличения сроков службы // Тезисы докладов республиканского семинара. – М.: Минводхоз РСФСР. – 1977. – 83 с.
12. Романенко В.А., Шабашный Ф.И., Пономаренко В.П. Опыт применения электрогидравлического способа декольматации фильтров водозаборных скважин// Исследование сетей и сооружений систем водоснабжения и канализации. – Межвузовский тематический сборник трудов. – 1978. – № 8. – С. 16-21.

**УДК 622.28**

Канд. техн. наук В.А. Канин  
(УкрНИМИ НАН Украины)

### **О ВОЗМОЖНОСТИ ЛОКАЛЬНОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЛЕГКО ОБРУШАЮЩИХСЯ ПОРОД В ШТРЕКАХ**

Розглянуто можливість рішення задачі з вибору параметрів локального закріплення порід, що легко обрушуються, на ділянці сполучення штреку з лавою на основі методу дискретних елементів

### **ABOUT A POSSIBILITY OF LOCAL ANCHORING EASILY CAVING IN DRIFTS**

Was examined the possibility of solution of problem by the selection of the parameters of the local fastening of the easily falling rock in the section of joining the bord with the longwall on the basis of the method of the discrete elements

Обвалы и обрушения породы по абсолютным значениям смертельного травматизма стали основным травмирующим фактором в угольной промышленности Украины, а наиболее сложным технологическим узлом, в котором происходит более 50 % обрушений породы с групповыми несчастными случаями, является сопряжение выемочной выработки (штрека) с лавой. Надлежащее состояние этого узла в условиях неустойчивой кровли возможно только при химическом закреплении пород [1]. В то же время угольная промышленность заинтересована в снижении себестоимости продукции, и для нее всегда были актуальными вопросы поиска путей снижения непроизводительных расходов, связанных с приобретением вспомогательных материалов и оборудования. Все это оп-