

УДК 622.276.4

**Рахимов А. А.**, кандидат технических наук, доцент,

**Рахимова Л. А.**, старший преподаватель,

**Темурова А. М.**, магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

## **ВЫРАВНИВАНИЕ ФРОНТА ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ В ПЛАСТЕ И ВОВЛЕЧЕНИЯ В РАЗРАБОТКУ СЛАБОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ ЗАГУСТИТЕЛЕЙ**

### **Аннотация**

В статье показаны основные причины и методы определения источника обводнения и мероприятия, применяемые по ограничению водопритока. Сделан упор на применении неупругих гелей как одного из химических способов водоизоляции в прискважинной зоне в нефтяных скважинах.

*Ключевые слова:* скважина, обводненность, дебит, заводнение, углеводородоотдача, пласт, водоизоляция, химические методы.

В сильно неоднородных пластах Узеньского месторождения, которое вступило в позднюю стадию разработки, нагнетаемая вода прорывается к добывающим скважинам по высокопроницаемым слоям и зонам, оставляя не вытесненной нефть в малопроницаемых слоях, участках зонах и др. Это приводит к тому, что участки нефтяных залежей за фронтом заводнения представляют собой бессистемное чередование заводненных высокопроницаемых и нефтенасыщенных менее проницаемых слоев и зон.

Эксплуатация данной площади традиционными методами нерентабельна. В данной работе сделана попытка показать, как месторождение может оказаться рентабельным, если подобрать существующие новые технологии разработки и новые методы повышения коэффициента нефтеизвлечения.

Физико-химические методы повышения нефтеотдачи на месторождениях района применяются со второй половины 80-х годов. За анализируемый период испытано 40 различных технологий. Физико-химические методы можно разделить на следующие направления: потокоотклоняющие технологии, направленные на выравнивание профилей приемистости и изоляцию высокообводненных интервалов пласта с целью вовлечения в разработку недренлируемых зон пласта; технологии интенсификации добычи нефти, направленные на увеличение коэффициента вытеснения и доотмыва остаточной нефти. Приведем некоторые из них:

Обработка алкилированной серной кислотой (АСК). АСК – промышленные отходы серной кислоты, которые существенно удешевляет технологию. В результате реакции АСК с нефтью образуются сульфокислоты, являющиеся анионоактивными ПАВ; реагируя с солями кальция, они образуют малорастворимые соли, которые частично закупоривают поры промытых пропластков, что способствует повышению охвата пласта заводнением; вступая в реакцию с карбонатными составляющими породы пласта, позволяет увеличивать проницаемость, а в качестве продукта реакции образуется углекислота, которая обладает повышенными нефтевымывающими свойствами; при смешении концентрированной серной кислоты с водой выделяется тепло, обусловленное теплом разбавления.

Полиакриламид (ПАА). Технология обеспечивает повышение нефтеотдачи частично заводненных полимиктовых коллекторов и заключается в создании оторочки полиакриламида, что ведёт к перераспределению закачиваемого агента на неохваченные вытеснением нефтенасыщенные зоны.

Кислотный поверхностно-активный состав (ПКВ). Состав состоит из поверхностно-активных веществ, соляной и плавиковой кислоты. Закачка ПКВ в продуктивные пласты направлена на повышение охвата пласта заводнением методом перераспределения

фильтрационных потоков закачиваемых вод и выравниванием фронта вытеснения; увеличение скорости вытеснения нефти водой за счет повышения приемистости скважин; усиление противоточной капиллярной пропитки низкопроницаемых разностей пород за счет создания разности электрических потенциалов между промытыми и непромытыми ПКВ интервалами; доотмыв остаточной нефти [1].

Углеводородный эмульсионно-дисперсный состав (УЭДС). Технология создана на основе продукта РДН (реагент для добычи нефти) и углеводородных растворителей, которые представляют собой обратные эмульсии типа «вода в масле» и предназначена для регулирования заводнения, но в отличие от гелеобразующих составов имеет иной механизм воздействия на призабойную зону и пласт. Гидроизоляция происходит по причине повышения вязкости закачиваемой в пласт эмульсии и снижения фазовой проницаемости по воде при фильтрации закачиваемой воды через гидрофобизированную эмульсию, ранее гидрофильную часть высокопроницаемого, промытого водой пласта. Происходит «мягкое» перераспределение фильтрационных потоков по толщине и площади пласта.

Водный эмульсионно-дисперсный состав (ВЭДВ). Технология водного эмульсионно-дисперсного воздействия основана на комплексном применении реагента РИД, углеводородных растворителей и ПАВ. Композиция представляет собой прямую эмульсию типа «масло в воде». Технология направлена на перераспределение фильтрационных потоков и вовлечение в разработку слабодренлируемых и застойных зон пласта за счет гидрофобизации пор водопромытых интервалов и создания в них повышенного сопротивления.

Биополимер (БП). Технология направлена на увеличение текущего и конечного коэффициентов нефтеотдачи за счет увеличения охвата пласта воздействием при заводнении, достигаемым закачкой через водонагнетательные скважины водных растворов химреагентов, способных образовывать гели непосредственно в пластовых условиях. Образующиеся в пласте гели сдерживают прорыв воды из нагнетательных в добывающие скважины, что приводит к стабилизации, либо снижению обводненности продукции добывающих скважин, гидродинамически связанных с нагнетательными, увеличению добычи нефти.

Гелеобразующий состав ГОС «МЕТКА». Технология направлена на повышение текущего и конечного значений коэффициента нефтеотдачи за счёт увеличения охвата пласта заводнением, достигаемым закачкой через нагнетательные скважины водных растворов химреагентов, способных образовывать гели непосредственно в пластовых условиях. Образующиеся в пласте гели сдерживают прорыв воды из нагнетательных в добывающие скважины, что приводит к стабилизации, либо снижению обводненности продукции добывающих скважин, гидродинамически связанных с нагнетательными, увеличению добычи нефти. Областью применения технологического процесса являются пласты группы АВ, БВ и ЮВ с пластовой температурой 50-90°С юрских и меловых отложений разрабатываемых или вводимых в разработку с заводнением.

Гелеобразующий состав ГОС «ГАЛКА». Применяется для снижения обводненности продукции добывающих скважин вследствие перераспределения фильтрационных потоков, выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин. ГОС «Галка» представляет собой маловязкие растворы с рН 2,5-3,0. В результате образования геля снижается проницаемость породы пласта по воде.

Гелеобразующий состав ГОС «ГИВПАН». Закачка в пласт термостойкого синтетического полимера «Гивпан». Гидролизованное волокно полиарилонетрильное относится к ряду акриловых водорастворимых полимеров. Сущность применения таких реагентов заключается в устойчивости к размыву водой и нефтью гелеобразного осадка, который образуется непосредственно в пласте при взаимодействии макромолекул полимера с агентом сшивателем.

Силикатно-полимерный гель (ГОС СПГ). Технология основана на закачке в пласт силикатно-полимерных гелей. Целью технологии является избирательное уменьшение водопроницаемости промытых высокопродуктивных зон нефтяного пласта в призабойной зоне нагнетательных скважин при сохранении проницаемости низкопроницаемых нефтенасыщенных зон. Механизм действия рабочих агентов сводится к селективной изоляции высокопроницаемых пропластков и трещин за счёт перехода закачиваемого в скважину

силикатно-полимерного раствора в гель при повышенной температуре пласта.

Полимерно-гелевая система «Темпоскрин». Система получается путем добавки к водным системам 0,1-1% реагента типа «Темпоскрин». Особенность этой системы заключается в том, что она сочетает в себе качества двух разных способов введения гелей в пласт: способа синтеза гелей в пласте и способа непосредственной закачки геля в пласт. Благодаря дисперсной структуре геля «Темпоскрин», состоящего из множества мелких гелевых частиц размером 0,2-4 мм, он обладает высокой подвижностью и проникающей способностью по отношению к трещинам и крупным порам, сопоставимыми с аналогичными показателями для жидкостей.

Осадкогелеобразующие технологии на основе избыточного ила и полиакриламида (ИЛ+ПАА). Технология увеличения нефтеотдачи пластов с применением избыточного ила, очистных сооружений, химических предприятий с добавками полиакриламида- предназначена для увеличением охвата пласта заводнением, выравнивания профиля приемистости, селективной закупорки высокопроницаемых пропластков со снижением проницаемости породы пласта и снижением подвижности закачиваемой воды [2].

Гелеобразующая технология на основе метилцеллюлозы (ММЦ). Технология повышения выработки обводненных полимиктовых коллекторов заключается во введении в пласт водных растворов эфира целлюлозы, образующих в пласте гель с ранее известными свойствами. Закачка состава в пласт приводит к изменению; гидродинамической связи между нагнетательной и, подверженными влиянию, добывающими скважинами.

Композиции на основе сульфата натрия и хлористого кальция (ССС). Новой технологией повышения нефтеотдачи является "Осадкообразующая система на основе сульфатно-содовых смесей. Технология близка по-своему принципу действия технологии силикатно-полимерных составов и СМК, ее разработчиком является НТФ «Тюменьнефтеотдача».

Эмульсионно-суспензионные системы (ЭСС). Применяются для избирательного снижения проницаемости выработанных высокопродуктивных зон пласта, при сохранении проницаемости призабойных зон. Это приводит к подключению в интенсивную разработку трудноизвлекаемых запасов из зон пониженной проницаемости.

Водоизолирующий состав на основе алюмохлорид и щелочей (ГОК ЩСПК). Технология заключается в последовательно-чередующейся закачке А1С13 и щелочного стока производства капралактама (ЩСПК). Образующих в пласте гелеобразную композицию с высокими адсорбционными свойствами. Гелеобразная композиция повышает фильтрационное сопротивление промытых зон нефтяного пласта, за счет чего закачиваемая вода начинает фильтроваться в низкопроницаемые нефтенасыщенные пропластки, которые вовлекаются в разработку.

Волокнисто-дисперсные системы (ВДС). В 1999 году были проведены опытно-промышленные испытания по закачке волокнисто-дисперсных систем. Эта технология закачки создана для снижения или стабилизации обводненности добываемой продукции путем закачки в нагнетательные скважины дисперсных систем (полимер, древесная мука, шина, эмульсии на углеводородной или нефтяной основе) в определенной последовательности.

Технология «ЭМКО». В основе отходы крупнотоннажного производства с добавлением масел. Эффект достигается за счет кальматации промытых зон пласта и селективной избирательности кальматации. За счет образования устойчивой эмульсии в водопромытых интервалах происходит перераспределение потоков закачиваемой воды и включение в работу ранее не дренируемых нефтенасыщенных пропластков.

Технология на основе углеводородного растворителя «Нефрас». Основана на снижении проницаемости ПЗП в нагнетательных и добывающих скважинах в процессе эксплуатации, вследствие закачки в пласт сильнозагрязненной нефтепродуктами и продуктами коррозии подтоварной воды, выпадения в ПЗП твердых компонентов нефти, солей, сложного химического состава и др.

Технология «Нефтенол». Основными компонентами являются эмульгатор нефтенол, углеводородная жидкость и бентонитовая глина. Технология направлена на повышение охвата пласта. Перераспределение потоков достигается путем фильтрации раствора в наиболее проницаемые и промытые водой каналы и трещины пласта и образовании эмульсии способной

к структурообразованию в поровом пространстве.

Полимергелевая система «Ритин-10». Технология состоит из сшитого полиакриламида (ПАА) и карбоксилметилцеллюлозы (КМЦ) и направлена на снижение промытых пропластков и зон пласта. Закачка в пласт водного раствора реагента, представляющего собой взвесь вязкоупругих частиц, которые, воздействуя на неоднородные обводненные пропластки, обеспечивают выравнивание профиля приемистости.

Сшитые полимерные системы (СПС). Проведение обработки нагнетательных скважин сшитыми полимерными системами обусловлено опережающим вытеснением нефти водой и обводнением отдельных пропластков. Это происходит вследствие высокой слоистой неоднородности продуктивных пластов по проницаемости; совместной эксплуатации монолитных высокопроницаемых песчаников и низко проницаемых прослоев, опережающего продвижения воды по нефтенедонасыщенным интервалам в зоне ВНК.

Применение полимерно-дисперсных систем на основе растворов частично гидролизованного полиакриламида (ПАА) и глинистой суспензии со стабилизирующими добавками или без них снижает степень неоднородности обводненного пласта путем образования только в водной среде полидисперсной системы с повышенной устойчивостью.

Гелеобразующая композиция «Кристаллит». Технология основана на закачивании в пласт алюмосиликата и соляной кислоты. Через определенное время компоненты технологии образуют устойчивый гель, перераспределяя фильтрационные потоки и увеличивая охват пласта заводнением.

Кремнийорганический эмульсионный состав (КРОЭС). Технология направлена на перераспределение фильтрационных потоков и вовлечение в разработку слабо дренируемых и застойных зон пласта за счет гидрофобизации пор водопромытых интервалов и создания в них повышенного фильтрационного сопротивления. Основной компонент эмульсионного состава - полиметилсилоксан.

На Узеньских месторождениях применяются следующие группы потокорегулирующих физико-химических технологий повышения нефтеотдачи пластов.

1. Технологии, основанные на применении водорастворимых полимеров. К ним относятся технологии СПС (сшитые полимерные системы), ВУС, ГОС. В данных технологиях в качестве реагентов используются полиакриламидные полимеры и различные «сшиватели» для гелеобразования. Достоинствами композиции с использованием ацетата хрома является простой двухкомпонентный состав, возможность регулирования времени гелеобразования путем изменения концентрации полимера и ацетата хрома, подбора марки полимера.

2. Технологии, основанные на применении силиката натрия (жидкого стекла). Эта технология ГОС (гелеобразующий состав), силикатно-полимерные системы и лигнин-силикатно-щелочные композиции. При этом используется свойство растворов жидкого стекла с соляной кислотой образовывать гель через некоторый промежуток времени, или же образование геля происходит при смешении в пласте композиции жидкого стекла с другими химическими реагентами (хлористый кальций, лигнин и др.), закачиваемыми последовательно эффект гелеобразования усиливается добавлением а малых количествах полиакриламида.

3. Технологии, основанные на применении карбамида. Композиция, содержащая карбамид и хлористый алюминий (ГОС «ГАЛКА»), образует неорганическую гель и углекислый газ при пластовой температуре (70-80°C). Композиция, содержащая карбамид и метилцеллюлозу (ГОС «МЕТКА») при пластовых температурах 50-90°C), образует гель, при низких температурах представляет вязкую жидкость. Образование геля на путях преимущественной фильтрации закачиваемой воды приводит к перераспределению фильтрационных потоков, выравниванию профиля приемистости нагнетательных скважин, снижению обводненности продукции добывающих скважин.

4. Технологии, основанные на применении бентонитовой глины. К ним относятся технологии СПДС (сшитые полимерно-дисперсные системы), ВДПС (волокнисто-дисперсно-полимерные составы), ПДС (полимерно-дисперсные системы). Основным реагентом является бентонитовая глина, способная набухать в воде. Ее водная суспензия склонна к структурированию, а при добавлении полимера образуются гели с регулируемой прочностью. С целью повышения устойчивости дисперсных составов используются добавки древесной муки, полиоксиэтилена, карбоксиметилцеллюлозы.

5. Технологии, основанные на применении алюмохлорида. Используется свойство алюмохлорида образовывать гель при взаимодействии с породой (при карбонатных породах 2% и более), с каустической содой и щелочными стоками производства капролактама.

6. Технологии, основанные на применении высоковязких эмульсий. Применяется для избирательного снижения проницаемости выработанных зон с целью подключения в разработку трудноизвлекаемых запасов из зон с пониженной проницаемостью. К ним относятся технологии ЭСС (эмульсионно-суспензионные системы), ЭМКО (эмульсионная композиция) и БЭС (высоковязкая эмульсионная система). При реализации технологий ЭСС и БЭС применяются эмульгатор, гидрофобизатор, углеводородный растворитель, наполнитель и стабилизатор эмульсии Реагент ЭМКО (отход производства) поставляется в готовом виде,

7. Комбинированные технологии, использующие и нефтевытесняющие свойства поверхностно-активных веществ (ПАВ). К ним относятся технологии ПКВ (ПАВ-кислотное воздействие), СПС+ПКВ, ЭСС+ПКВ, СПС+ЭСОПКВ, ГО+ПАВ, био ПАВ+ лигнин.

Комбинированные технологии сочетают в себе процессы из упомянутых выше технологий и позволяют регулировать фронт вытеснения, подключать в разработку неработающие (не принимающие) пропластки пониженной проницаемости.

На основе проведенного аналитического обзора и обобщения результатов внедрения физико-химических методов на Узеньских месторождениях сформулированы пути повышения их эффективности.

- отбор наиболее эффективных технологий;
- изыскание более дешевых и технологических реагентов;
- адаптация технологий к условиям месторождений региона;
- научно-технологическое сопровождение внедрения технологий.

С целью увеличения темпа отбора нефти из залежи и повышения её конечной нефтеотдачи предлагается совершенствование процесса заводнения за счет повышения эффективности разработки выравниванием фронта вытеснения и вовлечения в разработку слабопроницаемых коллекторов путем введения загустителей в высокопроницаемые пропластки, в частности, гелеобразующих композиций на основе силиката натрия (ГОС). Сущность метода заключается в закачке в пласт водного раствора жидкого стекла (6%) и соляной кислоты (0.6%) с незначительным добавлением полимеров.

При взаимодействии силиката натрия с кислыми агентами выделяется кремниевая кислота, образующая золь, переходящий со временем в гель, который служит водоизолирующим материалом в промытых высокопроницаемых зонах пласта. При этом используется свойство растворов жидкого стекла с соляной кислотой образовывать гель через некоторый промежуток времени, или же образование геля происходит при смешении в пласте композиции жидкого стекла с другими химическими реагентами (хлористый кальций, лигнин и др.), закачиваемыми последовательно, эффект гелеобразования усиливается добавлением в малых количествах полиакриламида.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Лысенко В.Д. Разработка нефтяных месторождений / В.Д. Лысенко. – М., Недра, 2007. – 408 с.
- 2 Боровков В.М. Тепловой насос с двухступенчатым конденсатором / В.М. Боровков, А.А. Аль Алавин // Промышленная энергетика. – 2007. – №8. – С. 40-43.

#### **ТҮЙІН**

Мақалада суландырудың негізгі себептері және оның көзін анықтаудың әдістері мен судың ағып кетуін шектеу бойынша қолданылатын шаралар көрсетілген. Мұнай ұңғымаларындағы аймақтарда судан қорғаудың химиялық әдістерінің бірі ретінде серпімсіз сірнелерді қолдануға ерекше назар аударылған.

#### **RESUME**

The main reasons and methods of definition of a source of flood and possible actions for water inflow restriction are shown in the article.

The attention is focused on application of inelastic gels as one of chemical ways of water isolation in a well zone in oil wells.