

16 Батулин В.В., Шепелев И.А. Аэродинамические коэффициенты некоторых компоновок промышленных зданий. Сб. «Современные вопросы вентиляции». Госстройиздат, М.-Л., 1941.

17 Батулин В.В., Эльтерман В.М. Аэрация промышленных зданий. М. Госстройиздат, 1953.

18 Беккер Й. Менеджмент процессов [пер. с нем.] / Й. Беккер, Л. Вилкова, В. Таратухин, М. Кугелер, М. Роземанн; под ред. Й. Беккера. – М.: Эксмо, 2007. – 384 с.

19 Березнюк, А.Н. Совершенствование организационно-технологических решений строительства и реконструкции с учетом ресурсосбережения /

20 А.Н. Березнюк, Р.Б. Папирный, В.Т. Шалённый // Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. – 2011. – № 3. – С. 22-28.

21 Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика. М.: Техносфера, 2004. – 480 с.

22 Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Сравнительный анализ ресурсо- и энергосберегающих характеристик применения геотекстиля в строительстве // Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2016. № 1. С. 10-14.

УДК 622.276.43
МРНТИ 52.47.27

Купешова А.С.

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана 51

Kupeshova A.S.

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan

**ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫПАДЕНИЕ РЕТРОГРАДНОГО КОНДЕНСАТА В ПЛАСТЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
FACTORS INFLUENCING THE DEPOSITION OF RETROGRADE CONDENSATE IN THE FORMATION DURING THE DEVELOPMENT OF OIL AND GAS CONDENSATE FIELDS**

Аннотация

В последнее время геологоразведочные работы на газовых скважинах нацелены на глубокие пласты, где температура и давление очень высоки. Высокая температура (более 200 °С) и давление (более 55 МПа) приводят к разложению сложных органических молекул в сухой газ или газовый конденсат. При добыче газа пластовое давление будет снижаться ниже точки росы газа и образовывать скопление конденсата в призабойной зоне скважины. Установлено, что конденсат приводит к серьезному снижению эффективной проницаемости газа, продуктивности газа и приводит к повреждению пласта.

Многочисленные методы были адаптированы для уменьшения последствий скопления газового конденсата в газовых скважинах. Эти подходы включают закачку растворителей и химических веществ для изменения смачиваемости пласта с целью минимизации закупорки конденсата. Другие методы включают закачку кислот, обработку гидроразрыва пласта и бурение горизонтальных скважин. Применяемые методы снизят скорость падения пластового давления и позволят получать однофазный газ.

При разработке месторождения Карачаганак, фильтрация газа в однофазном состоянии, очень важна, без выпадения конденсата в пластовых условиях. Рассмотрение факторов влияния выпадения конденсата и методов его удаления связаны с увеличением добычи конденсата, как наиболее высокоценного нефтехимического сырья.

ANNOTATION

Recently, exploration work on gas wells has been aimed at deep formations where the temperature and pressure are very high. High temperature (more than 200 °C) and pressure (more than 55 MPa) lead to the decomposition of complex organic molecules into dry gas or gas condensate. During gas production, the reservoir pressure will decrease below the dew point of the gas and form a condensate accumulation in the bottom-hole zone of the well. It has been established that condensate leads to a serious decrease in the effective permeability of gas, gas productivity and leads to damage to the reservoir.

Numerous methods have been adapted to mitigate the effects of gas condensate accumulation in gas wells. These approaches include the injection of solvents and chemicals to change the wettability of the formation in order to minimize condensate blockage. Other methods include acid injection, hydraulic fracturing treatment, and horizontal well drilling. These methods will reduce the rate of pre-pressure drop and allow for the production of single-phase gas.

During condensate production at the Karachaganak field, gas filtration in a single-phase state is very important, without its precipitation in reservoir conditions. Consideration of the impact factors of condensate precipitation and methods of its removal are associated with an increase in condensate production, as the most highly valuable petrochemical raw materials.

Ключевые слова: конденсат, газовые резервуары, карбонатные породы, термохимическая обработка, ретроградный конденсат

Keywords: condensate, gas reservoirs, carbonate rocks, thermochemical treatment, retrograde condensate

Введение. Нефтегазоконденсатное месторождение Карачаганак с приоритетной добычей конденсата, зависит от фильтрации его в пластовых условиях как газа, поэтому при понижении пластового давления ниже давления конденсации, происходит выпадение конденсата, это так называемый ретроградный конденсат будет мешать фильтрации газа.

Газовый конденсат вокруг ствола скважины подразделяется на четыре области, основанные на фазовом распределении, поведении флотации и распределении пластового давления:

1. При однофазном отходе газа от ствола скважины пластовое давление выше точки росы.
2. Однофазный газовый поток с неподвижным конденсатом, при котором происходит выпадение конденсата, но насыщенность конденсатом ниже остаточной насыщенности жидкостью.
3. Двухфазное течение как газа, так и жидкости, но с учетом петрофизических признаков пласта (высокая или низкая проницаемость, неоднородность и др.).
4. Преобладание газового потока непосредственно вокруг ствола скважины обусловлено его более высокой скоростью по сравнению с жидкостью.

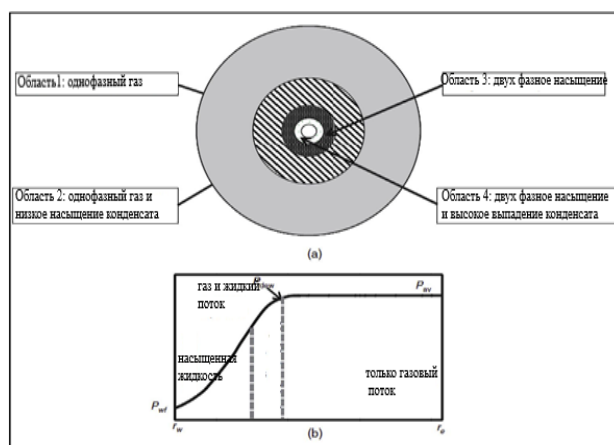
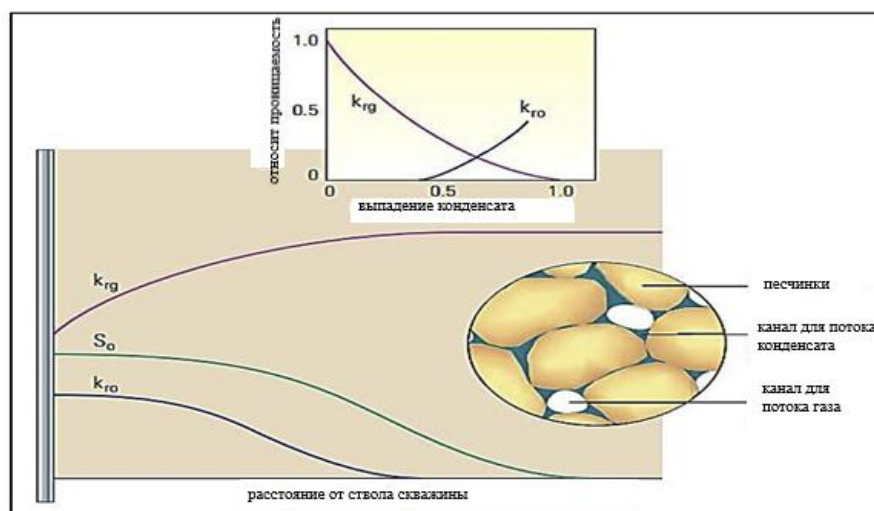


Рисунок 1 – Области вокруг ствола скважины в газоконденсатном коллекторе и распределение насыщения по радиальному расстоянию

Накопление конденсатной жидкости вокруг ствола скважины наносит серьезный ущерб снижению относительной проницаемости газа по мере уменьшения насыщения и, следовательно, значительного снижения проницаемости газа [1]. Эта проблема становится серьезной в условиях низкой проницаемости или плотных резервуаров, где накопленная конденсатная жидкость значительно подвижна и действует как блок против образующихся газовых пузырьков, на которых производительность газа может снизиться до нуля [2]. На рис. 2 показано влияние засорения конденсатом на снижение относительной проницаемости газа. Поскольку влияние жидкого конденсата в газовых коллекторах является значительным, моделирование его накопления / выпадения стало очень важным для планирования наилучшего плана смягчения последствий его снижения.



Материалы и методы исследования. Исследования на испарение и выпадение конденсата, непосредственно зависят от условий ствола скважины, таких как тип жидкости в скважине, изменения скорости и динамика жидкости [3]. Хотя предполагается, что конденсат будет повторно испаряться из-за повышения давления во время испытания на испарение, подтвердили, что испарение произойдет только в том случае, если закрытию предшествовали высокие скорости отбора. Однако в случае плотных газовых коллекторов не ожидается, что скважина будет истощена с высокими скоростями, при которых вероятность испарения жидкости невелика. Это связано с градиентом давления, приписываемой эффекту гистерезиса, и высоким уровнем накопления конденсата вблизи ствола скважины (Fussell, 1973) [4]. Кроме того, по мере получения более легких компонентов более тяжелые компоненты конденсируются вблизи ствола скважины и их насыщение увеличивается, что давление точки росы может стать выше из-за изменения состава углеводородов; легкие углеводороды образуются раньше тяжелых компонентов.

При испытании скважины первые три области из всех вышеупомянутых четырех областей могут быть захвачены с помощью производной кривой давления (Daungkaew, 2002) [5]. С использованием однофазной псевдонапряжения. Накопление конденсата увеличивает скин-фактор и последовательно изменяет наклон кривой производной давления, как показано на рисунке 1. Если радиус конденсата очень мал, резервуар в стволе скважины может исказить данные о давлении, и радиус конденсата может быть определен неточно.

Радиус области конденсатного накопления должен быть достаточно большим, чтобы его можно было обнаружить по данным испытаний скважины. Кроме того, эффект хранения в стволе скважины может быть сведен к минимуму с помощью методов закрытия скважины, что уменьшит искажение данных раннего времени и улучшит прогноз радиуса конденсата. Анализ данных о переходных процессах давления газового конденсата помогает количественно оценить эффективную проницаемость пласта, повреждение пласта и подвижность жидкости в

различных областях. Как правило, накопление конденсата в труднопроходимых газовых коллекторах окажет большое влияние на проведение испытаний скважин. Газоконденсатные скважины могут иметь столь же высокое аномальное давление, как и пласты из-за засорения конденсатом. При анализе данных испытаний газоконденсатных скважин следует соблюдать осторожность, чтобы избежать неправильного и неточного определения пластового давления и проницаемости.

Результаты исследования. Механизмы химического взаимодействия с горной породой и конденсатной системой различны в зависимости от минералогии горных пород и состава углеводородов. Понимание механизмов изменения смачиваемости очень важно для корректировки условий смачивания пласта таким образом, чтобы можно было добывать больше газового конденсата [6]. Термический процесс, такой как закачка пара, может привести к повышению температуры в области вблизи ствола скважины. Достаточный теплообмен между закачиваемыми флюидами и пластовыми жидкостями приведет к переводу конденсата в газовую фазу и снижению конденсации конденсата. Методы удаления конденсата можно разделить на две группы временные (кратковременного действия) и постоянные (длительного действия), исходя из их воздействия на пластовую систему. Влияние временных методов на пластовую систему исчезает через короткий промежуток времени, в то время как постоянные методы создают долгосрочные изменения в пласте, такие как гидроразрывы пласта или горизонтальное бурение скважин.

Кислотные обработки для стимулирования продуктивности скважин путем устранения повреждений в песчаниковых пластах или создания червоточин в карбонатных пластах, что, следовательно, улучшает проницаемость вокруг ствола скважины. Кислотные обработки применяются в газоконденсатных коллекторах для повышения проницаемости вокруг ствола скважины и улучшения состояния потока конденсатной жидкости. Таким образом, захваченный конденсат может быть получен, и выпадение конденсата будет сведен к минимуму. При стимуляции как карбонатные, так и экранирующие газовые резервуары смесями метанола и кислот. Они выяснили, что закачанные смеси могут восстановить первоначальную продуктивность газовых скважин. Применение спирта служил для улучшения относительной проницаемости газа после кислотной обработки благодаря его роли в снижении межфазного натяжения на границе раздела газа и конденсата [7]. Однако было отмечено, что спиртовые кислоты обладают более медленной реакционной способностью с горными породами, чем обычные кислоты. Они проводили свои исследования, добавляя метанол к кислотам, что вызывало более глубокое проникновение кислоты и достигало пониженного межфазного натяжения, что позволяло производить больше газа. Спирт также способствовал предотвращению вероятного выпадения осадков в случае стимуляции образований с содержанием силикатов фтористоводородной кислотой.

В целом кислотная обработка представляет собой хорошее коррективное решение проблемы образования газового конденсата, учитывая его обилие и проектную возможность реализации для различных типов пород-коллекторов. Однако, учитывая ситуации с высокотемпературными резервуарами, кислотные характеристики могут быть значительно снижены. Например, соляная кислота и карбонат реагируют очень быстро, прежде чем создать червоточины при температурах выше 200°F, вызывая растворение поверхности из-за высокого расхода кислоты. Кислотная обработка является очень сложной задачей в сложной минералогии плотного газового песчаника. Минералогия песчаников очень сложна, она состоит из глин, полевых шпатов, карбонатов, минералов железа и др. Насколько известно авторам, до сих пор не существует эффективного решения для подкисления сложной минералогии песчаников. Большинство доступных методов либо имеют низкую эффективность, либо дают после кислотной обработки [8].

Применение растворителей применяется для снижения межфазного натяжения на границе раздела конденсат-газ путем растворения части жидкого конденсата в газообразной фазе. В конечном счете, применение растворителей повышает эффективную проницаемость газа и улучшает его подвижность. Метанол является наиболее часто используемым растворителем как в лабораторных, так и в полевых условиях. Они обнаружили, что закачка метанола может значительно уменьшить закупорку конденсата и увеличить общую добычу газа. Однако они заметили, что конденсат снова накапливается, а добыча газа сокращается.

Использование растворителей для смягчения проблемы выпадения конденсата является эффективным и было адаптировано во многих полевых случаях в промышленности.

Однако несколько случаев показали, что улучшение исчезнет через несколько месяцев, что связано с истощением растворителей во время добычи скважины, что приводит к значительному снижению их эффективности. Поэтому закачку растворителей можно рассматривать как временный метод удаления конденсата, и обработку следует повторять каждые 3-6-месяцев в зависимости от ситуации в резервуаре.

Использование повторной закачки природного газа, CO_2 или азота в газовые коллекторы помогает поддерживать давление выше точки росы[9]. Следовательно, это будет противодействовать значительному явлению конденсации в пористой среде. Добыча конденсата имеет вероятность увеличения до 75% при повторной закачке сухого газа в пласт. Однако в связи с недавним увеличением экономической ценности природного газа стало не целесообразно использовать его для проектов круговорота газа. Поэтому в качестве альтернатив были представлены закачка углекислого газа и азота. Закачка газа может повысить потенциал раннего прорыва газа в дополнение к прохождению газа через высокопроницаемые слои. Циклическое использование газа обеспечивает идеальный метод смягчения проблем с конденсатом. Однако, учитывая растущее использование и применение газа в различных отраслях промышленности, экономические оценки могут быть связаны с его использованием для проектов круговорота газа. Закачка CO_2 является распространенным и очень эффективным решением для уменьшения повреждения конденсата в более плотных газовых коллекторах. Проблема закачки CO_2 заключается в том, что она является временным решением и должна часто повторяться в полевых условиях в дополнение к ограничениям поставок CO_2 в некоторых районах. Кроме того, инфраструктура, необходимая на поверхности для обработки закачки CO_2 , делает дорогостоящим применение закачки CO_2 для удаления конденсата.

Закачка газа может привести к раннему прорыву газа из-за высокой подвижности закачиваемого газа. Поэтому жидкости используются для снижения подвижности газа и формирования стабильного процесса вытеснения. В неоднородных проницаемых слоях закачиваемая вода будет отводить закачиваемый газ из высокопроницаемых каналов и выталкивать его в низкопроницаемые. Этот метод также поддерживает добычу газа при благоприятной подвижности воды и гравитационной сегрегации, так как вода будет вытеснять оставшийся газ в нижних частях пластов пласта. Несколько находок посвящены этой методике, позволяющей задерживать газ за фронтом воды. Но, тем не менее, их работа показывает, что добыча газа будет улучшена, даже если объем закачиваемой воды ограничен.

Химические вещества, изменяющие смачиваемость, могут повысить продуктивность газовых скважин за счет изменения условия смачиваемости в сторону газо-влажного состояния. В процессе разработки и извлечения конденсата условие смачиваемости может быть исследовано с помощью экспериментов спонтанного воздействия и угла контакта. Кроме того, анализ окружающей среды с помощью сканирующего электронного микроскопа может быть использован для оценки изменения смачиваемости на уровне масштаба пор[10]. Для изменения смачиваемости горных пород, снижения насыщенности конденсатом и повышения относительной проницаемости газа в газоконденсатные коллекторы закачиваются различные химические обработки. Основной целью обработки конденсата является снижение концентрации конденсата вокруг ствола скважины. Закачиваемые химикаты изменяют смачиваемость породы до слабого жидко-влажного состояния, поэтому конденсатная жидкость будет мобилизована и может быть удалена. Первоначально конденсатная жидкость действует как пробка и блокирует поток газа из-за высокого насыщения жидкости вокруг ствола скважины. Однако после обработки насыщенность конденсатом будет значительно снижена, что приведет к повышению относительной проницаемости газа.

Химические обработки для повторного перемещения захваченного конденсата и поддержания высокой производительности. Цель состояла в том, чтобы повысить относительную проницаемость газа путем изменения смачиваемости породы в сторону газо-смачиваемости. Испытания на затопление керна и измерения контактного угла проводились с использованием образцов песчаника и карбоната, химических и сил новых, которые мы повторно закачивали в разных концентрациях для удаления захваченного конденсата и задержки кумуляции жидкого. Исследовано влияние типа поверхностно-активного вещества,

объема обработки, проницаемости пласта, температуры и времени старения на эффективность обработки. Замена одного или нескольких атомов водорода из углеродной основы, которая собирает гидрофобную часть, приводит к образованию фторированных поверхностно-активных веществ. Фтор полимеры также предназначены для изменения смачиваемости поровых пространств горных пород. Фторированные поверхностно-активные вещества и полимеры способствуют снижению поверхностного натяжения и отличаются высокой химической и термической стабильностью [11].

Горизонтальные скважины увеличивают площадь контакта пласта со стволом скважины, что, в свою очередь, повышает продуктивность скважины за счет распределения перепада давления по этой площади. Поэтому падение давления не будет эффективно значительным, что, следовательно, задержит возникновение явления конденсации. При эксплуатации как горизонтальных, так и вертикальных скважин горизонтальная скважина требует более низкого давления просадки, чем вертикальная скважина, что проявляется в более низком объеме конденсата вокруг ствола скважины для горизонтальной скважины [12].

Горизонтальные скважины широко адаптированы в большинстве резервуаров по всему миру. Они обеспечивают повышенную производительность и более эффективную борьбу с проблемами конденсата, чем вертикальные скважины в большинстве условий. Однако их применение для смягчения проблем конденсата не является постоянным решением. Горизонтальные скважины могут только задерживать выработку газового конденсата вокруг ствола скважины. Ожидается, что после периода истощения давление упадет ниже точки росы, и конденсат будет соответственно накапливаться. Кроме того, затраты на горизонтальное бурение скважин очень высоки по сравнению с вертикальным бурением.

Трещины создают более длинные проводящие пути между пластом и трещиноватой скважиной. Этот проводящий путь помогает уменьшить перепад давления. Гидроразрывы пласта аналогичны горизонтальному бурению скважин, они задержат начало выпадения конденсата. Кроме того, эти проводящие пути будут способствовать добыче конденсата и снижению его насыщения вблизи ствола скважины.

Гидроразрыв пласта обеспечивает аналогичную горизонтальным скважинам задачу снижения перепада давления над стволом скважины. Кроме того, он эффективно увеличивает добычу как газа, так и жидкости, подвергающейся трещиноватости с высокой проводимостью. Эффективность гидроразрыва пласта зависит от нескольких факторов, в том числе от свойств пласта, состава углеводородов и типа закачиваемых флюидов. Однако эти переломы только задержат возникновение феномена конденсации, поскольку они не представляют собой постоянного метода смягчения последствий. По истечении достаточного времени жидкости будут накапливаться в созданных трещинах и снижать подвижность газа. Кроме того, гидроразрыв пласта считается дорогостоящей обработкой, эксплуатационные расходы варьируются от \$ 300 тыс. до \$ 800 тыс. для обработки вертикальных скважин, а для горизонтальных скважин они могут достигать \$ 2 млн. Кроме того, операции гидроразрыва пласта могут привести к ряду экологических проблем, таких как загрязнение подземных вод или небольшие землетрясения.

Заключение. Методы удаления конденсата можно разделить на два метода по их воздействию на пластовую систему: постоянный и временный. Среди всех методов удаления конденсата наиболее распространенными являются химическая обработка, гидроразрыв пласта и газообмен. В таблице 1 приведено сравнение различных методов удаления конденсата с точки зрения ситуационной таблицы применения каждого метода, частоты применения и эксплуатационных затрат по каждому методу. Хотя эксплуатационные затраты варьируются от одного места к другому и со временем, средняя стоимость скважины приведена в таблице 1 для каждого метода.

Тип пласта играет значительную роль в выборе подходящего метода смягчения уклона для удаления конденсата и повышения добычи газа можно использовать гидроразрыв пласта или бурение горизонтальных скважин. Однако основным недостатком, связанным с этими операциями, является то, что эксплуатационные расходы очень высоки, они могут достигать нескольких миллионов в случае бурения горизонтальных скважин.

Комбинация вышеупомянутых методов смягчения последствий обеспечивает коллективное улучшение результатов удаления газового конденсата. Например, смесь CO₂ и

растворителей может быть введена в коллекторы, растворители уменьшат разрыв между закачиваемыми растворами и пластовыми жидкостями, α_{CO_2} увеличит подвижность закачиваемых жидкостей.

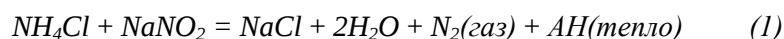
Высокотемпературный режим газовых коллекторов может привести к снижению эффективности химической закачки. Разработка новой технологии постоянного удаления конденсата крайне необходима для повышения продуктивности пласта в течение длительного периода, а также снижения эксплуатационных затрат [13].

Химически-индуцированный импульсный гидроразрыв пласта - одна из перспективных новых технологий, которая может быть использована для повышения подвижности углеводородов за счет изменения фазового поведения и снижения капиллярных сил. Термохимические жидкости могут быть закачаны в резервуар для реакции и генерации тепла на месте и давления газообразного азота.

Таблица 1 – Сравнение различных методов удаления конденсата

Методы	Тип	Подходящая ситуация	Частота применения	Стоимость на скважину (USD)
Кислотные обработки	кратковременное	повреждение или низкая проницаемость вокруг ствола скважины	3-6-месяцев	300,000- 700,000
Применение растворителей	кратковременный	Высокий ИФТ между конденсатом и газом	4-8-месяцев	400,000- 800,000
Рециркуляция газа	кратковременное	Значительное снижение давления	6-8-месяцев	от 300 000 до 600
Вода переменный газ	кратковременный	вертикальный гетерогенный резервуар	8-12-месяцев	от 400 000 до 700
Изменение смачиваемости	долгосрочные	жидко-влажные резервуары	Один раз	от 400 000 до 800
Горизонтальные скважины	долгосрочное	формирование тонких пластов	Один раз	от 2 500 000 до 4 000 000
Гидроразрыв пласта	долгосрочные	плотные пласты	Один раз	от 500 000 до 1 000 000

Температура резервуара может быть использована для запуска термохимической реакции, и это сократит время реакции. Следующее уравнение может представлять химическую реакцию во время термохимической обработки [1] (Hassan et al., 2018):



Термохимическая обработка приводит к значительным изменениям фазового поведения пластовых флюидов. Использовались фактический состав газа и реальное состояние пласта. На рис. 6 показано, что жидкий конденсат может быть переведен в газовую фазу путем повышения давления в конденсатной области, что приводит к значительному снижению вязкости углеводородов и испарению жидкого конденсата в газовой фазе. Кроме того, значительно повысится продуктивность пласта за счет удаления плотных осадков. Новизна этого метода заключается в том, что импульс давления, генерируемый вследствие реакции, и высокая температура способны создавать микротрещины, и это уменьшает капиллярные силы, удерживающие конденсат, и это можно рассматривать как постоянное удаление газового конденсата.

Термохимическая обработка показала значительное снижение сил, удерживающих конденсат, что приведет к повышению подвижности газа. Улучшение капиллярных условий за счет термохимической обработки определялось с использованием модели капиллярных сил.

Поэтому закачка термохимических флюидов в газоконденсатные коллекторы может привести к снижению насыщенности конденсатом вокруг ствола скважины и, следовательно, к увеличению общей добычи газа.

Выводы. Газовые резервуары вносят значительный вклад в мировую потребность в энергетических ресурсах. Однако по мере истощения запасов они подвергаются потенциальным проблемам накопления конденсата, которые могут быть столь же серьезными, как и сведение добычи к нулю. Рассмотренное множество средств численного и аналитического моделирования газового конденсата, позволяющих перечислить его потенциальный эффект и разработать оптимальную методику смягчения последствий. Хотя эти модели при разработке могли иметь несколько допущений, тем не менее они учитывают факторы и параметры, определяющие поведение конденсации в газовых коллекторах.

Методы смягчения последствий были тщательно рассмотрены с подробным описанием их роли в уменьшении или предотвращении проблем накопления конденсата и выделением некоторых недостатков каждого из них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Малеки М.Р., Рашиди Ф., Махани Х., Хамехчи Э., 2012. Имитационное исследование повышения извлечения конденсата из одного из иранских конденсатных коллекторов с естественными трещинами. *J. Pet. Sci. Eng.* 92, 158-166.
- 2 Лю, Х., Кан, Ю., Ло, П., Ты, Л., Тан, Ю., Конг, Л., 2015. Изменение смачиваемости фторидом и его применение для устранения повреждений, связанных с улавливанием водной фазы, в герметичных резервуарах из песчаника. *J. Pet. Sci. Eng.* 133, 201-207.
- 3 Бозоргзаде, М., Грингартен, А.С., 2006. Характеристика залежей конденсата на основе данных испытаний скважин и свойств PVT жидкости. *SPE Reservoir Eval. Eng.* 9 (05), 596-611.
- 4 Фасселл, Д.Д., 1973. Прогнозирование производительности одной скважины для газоконденсатных коллекторов. *J. Pet. Технология.* 25 (07), 860-870.
- 5 Даункэу, С., 2002. Новые разработки в анализе результатов испытаний скважин (докторская диссертация, Имперский колледж Лондона (Лондонский университет)).
- 6 Мохаммед М., Бабадагли Т., 2015. Изменение смачиваемости: всесторонний обзор материалов/методов и тестирование выбранных из них на системах, содержащих тяжелую нефть и пропитанных маслом. *Adv. Colloid Interface Sci.* 220, 54-77
- 7 Walker, J.G., 2000. Лабораторная оценка спиртов и поверхностно-активных веществ для увеличения добычи из газоконденсатных залежей. Техасский университет в Остине, Остин, Техас, магистерская диссертация
- 8 Камаль, М.С., Махмуд, М., Ханфи, М., Элькататный, С., Хуссейн, И., 2018. Количественная оценка повреждений глинистых минералов в песчаниковых породах с использованием кернового обводнения и ЯМР. *J. Технология производства бензина* Exp 1-11.
- 9 Сэнгер П.Дж., Хагоорт Дж., 1998. Извлечение газового конденсата путем закачки азота в сравнении с закачкой метана. *SPE J* 3 (01), 26-33. <https://doi.org/10.2118/30795> - PA. SPE-30795-PA.
- 10 Аль-Анази Х.А., Сяо Дж.Дж., Аль-Эйдан А.А., Бухидма И.М., Ахмед М.С., Аль-Файфи М., Ассири У.Дж., 2007. Повышение газоотдачи за счет изменения смачиваемости газоконденсатных коллекторов. В документе SPE 107493. Представлен на Европейской конференции по повреждению пластов, проходившей в Схевенингене, Нидерланды, 30 мая - 1 июня.
- 11 Шульц М.М., Барофски Д.Ф., Филд Дж.А., 2003. Фторированные алкильные поверхностно-активные вещества. *Окружающая среда. Англ. наука.* 20 (5), 487-501.
- 12 Миллер Н., Насрабади Х., Чжу Д., 2010. О применении горизонтальных скважин для уменьшения засорения конденсатом газоконденсатных коллекторов. В: SPE-130996-MS Представлен на Международной нефтегазовой конференции и выставке в Китае, Пекин, 8-10 июня. <https://doi.org/10.2118/130996-MS>.
- 13 Сайед М.А., Аль-Мунташери Г.А., 2016. Смягчение последствий накопления конденсата: критический обзор. *SPE Prod.* Номер 31 (02), 85-102.

ТҮЙІН

Соңғы кезде газ ұңғымаларында барлау жұмыстары температура мен қысым өте жоғары терең қабаттарға бағытталған. Жоғары температура (200 °C-тан жоғары) және қысым (55 МПа-

дан жоғары) күрделі органикалық молекулалардың құрғақ газға немесе газ конденсатына ыдырауына әкеледі. Газды өндіру кезінде қабат қысымы газдың шық нүктесінен төмен түсіп, ұңғыманың төменгі бөлігінде конденсаттың жиналуын тудырады. Конденсат газдың тиімді өткізгіштігінің, газ өнімділігінің айтарлықтай төмендеуіне әкелетіні және қабаттың зақымдалуына әкелетіні анықталды.

Газ ұңғымаларында газ конденсатының жиналуының әсерін азайту үшін көптеген әдістер бейімделді. Бұл тәсілдерге конденсаттың бітелуін азайту мақсатында қабаттың сулануын өзгерту үшін еріткіштер мен химиялық заттарды айдау кіреді. Басқа әдістерге қышқылдарды айдау, фрекинг және көлденең ұңғымаларды бұрғылау жатады. Қолданылатын әдістер қабат қысымының төмендеу жылдамдығын төмендетеді және бір фазалы газ алуға мүмкіндік береді.

Қарашығанақ кен орнын игеру кезінде бір фазалы күйдегі газды сүзу қабаттық жағдайда конденсат түспей өте маңызды. Конденсаттың түсуінің әсер ету факторларын және оны жою әдістерін қарастыру ең жоғары құнды мұнай-химия шикізаты ретінде конденсат өндірісінің ұлғаюымен байланысты.

УДК 628.16:546.18
МРНТИ 70.27.19

Бегалиева Р.С., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, <https://orcid.org/0000-0003-0522-6028>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, rabesa@mail.ru

Монтаев С.А., техника ғылымдарының докторы, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, montaevs@mail.ru

Begaliyeva R.S., master of technical sciences, senior lecturer, <https://orcid.org/0000-0003-0522-6028>
West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, 090009, Zhangir Khan Street 51, Uralsk., Republic of Kazakhstan, rabesa@mail.ru

Montayev S.A., doctor of technical sciences, professor, <https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>
West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, 090009, Zhangir Khan Street 51, Uralsk., Republic of Kazakhstan, montaevs@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ АККЫСТАУ RESEARCH OF SOME NATURAL SORBENTS FOR DESALINATION OF GROUNDWATER IN AKKYSTAU

Аннотация

Очистка воды становится все более распространенным технологическим процессом, что делает вопрос снижения затрат на очистку питьевой, технической и сточной воды особенно актуальным. В этом контексте привлекательным является использование природных сорбентов, которые доступны на территории Республики Казахстан, включая Западно-Казахстанскую область. В настоящей обстановке наиболее многообещающим методом обеспечения населения и сельскохозяйственных угодий РК высококачественной питьевой водой является применение дополнительных средств и методов очистки и подготовки воды на месте ее использования. Поэтому применение природных сорбентов, таких как бентонит, диатомит и монтмориллонит, представляет собой перспективное решение для опреснения подземных водных ресурсов. Этот подход обещает эффективное решение проблемы загрязнения подземных вод в Казахстане.