

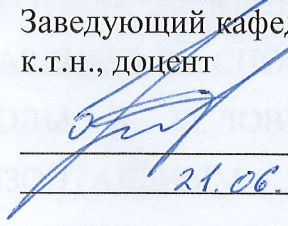
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра прикладной и технической физики

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент


Б.В. Григорьев


21.06. 2023 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
магистерская диссертация

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЕПРЕССИИ,
ПРЕДОТВРАЩАЮЩЕЙ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПРОРЫВА ПОДОШВЕННОЙ
ВОДЫ ЧЕРЕЗ ГЛИНИСТУЮ ПЕРЕМЫЧКУ, РАЗДЕЛЯЮЩУЮ ГАЗОВУЮ И
ВОДЯНУЮ ЗОНЫ, К ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ДОБЫВАЮЩИМ СКВАЖИНАМ

16.04.01 Техническая физика
Магистерская программа «Физика недр»


Выполнил работу
студент 2 курса
очной формы обучения


Гердт Владимир Евгеньевич

Руководитель
к.ф.-м.н.


Гильмиев Денис Рустамович

Рецензент
главный специалист,
ООО «ТННЦ»


Вершинин Владимир Евгеньевич

Тюмень
2023 год

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	5
1.1 ПОНЯТИЕ ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ.....	5
1.2 МЕХАНИЗМЫ ПРОРЫВА ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ ЧЕРЕЗ ГЛИНИСТУЮ ПЕРЕМЫЧКУ	7
1.3 МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРОРЫВА ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ....	10
1.4 АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ПРОРЫВОМ ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ ГЛИНИСТОЙ ПЕРЕМЫЧКИ К ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ СКВАЖИНАМ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ ГАЗОВУЮ ЗАЛЕЖЬ	15
1.5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ПРОРЫВОМ ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ	17
1.6 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ДАННОЙ ТЕМАТИКЕ	18
1.7 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ РИСКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ПРОРЫВОМ ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ	24
ГЛАВА 2. СОЗДАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	27
2.1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	27
2.2 СОЗДАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ...	34
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	40
3.1 АНАЛИЗ ОТДЕЛЬНО ВЗЯТЫХ ГРУПП ВАРИАНТОВ	40
3.2 ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГАЗА ОТ ДЕПРЕССИИ	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	51

ВВЕДЕНИЕ

В процессе разработки нефтяных месторождений с имеющейся глиняной перемычкой, разделяющей воду и газ, при определенной депрессии происходит прорыв воды, с последующим образованием призматического гребня волны.

Экранирующие свойства глин зависят от их состава, мощности, песчаности, трещиноватости и пластичности. Пластичность – важнейшее свойство глин, обеспечивающее способность к перестройке структуры под влиянием приложенной нагрузки без нарушения сплошности сложенного глинами пласта. Она исключает механическое разрушение при прорыве флюида под избыточным давлением (до определенного предела). Однако при росте давлений в течение достаточно продолжительного времени предел пластичности может быть пройден, глина становится ломкой и хрупкой и теряет свои экранирующие свойства. Между этими пределами – текучести и пластичности – можно выделить много градаций изменения свойств глин как флюидоупоров.

Прорыв газа и нефти через тонкие поры глинистых пород происходит в том случае, если создается достаточная сила для вытеснения капиллярной воды из этих пор (и может быть, некоторой части рыхло связанной воды). Таким образом, экранирующая способность глинистых пород определяется во многом величиной капиллярного давления воды в системе поровых каналов.

Вопрос о минимальной мощности глинистой крыши не имеет однозначного решения. Величина эта зависит от состава и структурно-текстурных особенностей глин, а также от глубин, на которых образуются скопления углеводородов, их гидродинамического режима и т. д. Принято, что пятиметровый слой глины достаточен для того, чтобы удержать самостоятельную залежь. Можно считать установленным, что при однородном составе высота залежи находится в прямой зависимости от мощности глинистой крыши, т. е. чем более мощная крышка, тем полнее ловушка заполнена углеводородом, залежь является более крупной.

Цель:

Повышение рентабельности разработки газовых залежей за счет подбора оптимального режима эксплуатации горизонтальной добывающей скважины, предотвращающего прорыв подошвенных вод через глинистую перемычку, разделяющую газовую и водную зоны.

Задачи:

1. Анализ опыта борьбы прорыва подошвенных вод через глинистую перемычку к горизонтальным скважинам, эксплуатирующих газовую залежь.
2. Формирование базы данных фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) глинистых отложений, характерных для основных продуктивных газовых отложений западной Сибири, на основе анализ литературных источников.
3. Построить синтетическую гидродинамическую модель газового месторождения.
4. Выявить зависимость предельной депрессии, предотвращающей прорыв воды к добывающей скважине через глинистую перемычку, разделяющую газовую и водную зоны для различных геологических условий.

Положения, выносимые на защиту:

Зависимость депрессий, предотвращающих прорыв воды через глинистую перемычку, разделяющих газовую и водную зоны, от различных ФЕС перемычки.

Научная новизна заключается в исследовании влияния различных режимов эксплуатации горизонтальной скважины на прорыв воды через глинистую перемычку в газовую часть залежи.

Практическая значимость: Созданная матрица решений позволит выбирать режимы работы горизонтальных скважин, эксплуатирующих газовую залежь предотвращающих прорыв подошвенных вод через глинистую перемычку, разделяющую газовую и водную часть в зависимости от ФЕС перемычки.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 ПОНЯТИЕ ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ

Подошвенная вода – это вода, находящаяся в насыщенном слое грунта, который расположен ниже уровня дна рек, озер, морей и других природных водоемов. Данный слой обычно содержит большое количество воды и находится под действием гидростатического давления. Основным источником подошвенной воды является дождевая вода, которая просачивается через пористые и глинистые грунты и скапливается в просветах между частицами грунта. На рисунке 1 приведено сечение газового месторождения с наличием подошвенной воды [Прозорова, с. 47].

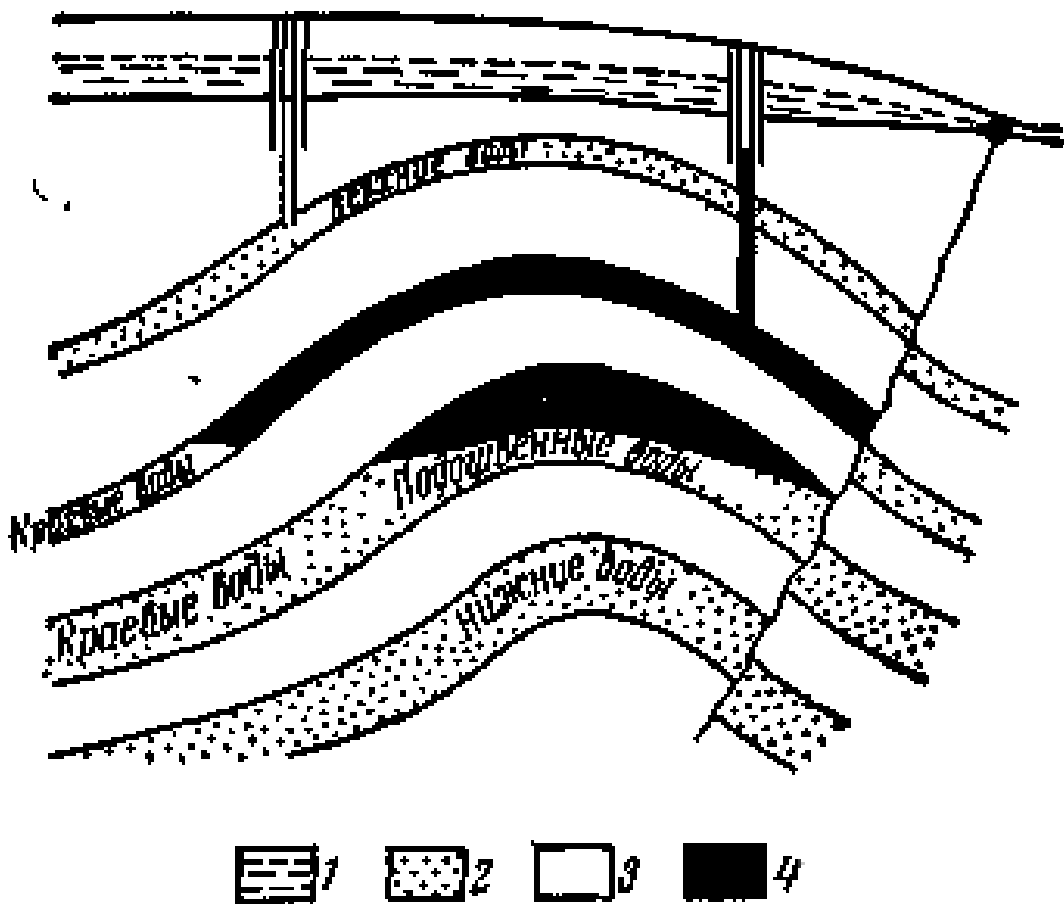


Рис. 1. Подошвенная вода газового месторождения,

1 – грунтовые воды, 2 – артезианские водоносные горизонты, 3 – глинистые перемычки, 4 – залежи газа

Особенности подошвенной воды в условиях эксплуатации газовых залежей заключаются в ее потенциальном воздействии на процессы добычи газа.

Образующиеся в процессе добычи депрессионные внутрипластовые пространства могут привести к перераспределению напряжений в массиве около скважины, что может привести к изменению характеристик грунта, а в отдельных случаях – к прорыву подошвенных вод. Особый интерес для исследования представляет прорыв подошвенной воды через глинистую перемычку. Глина – это грунтовая порода, которая обладает высокой гидрофобностью и плохо пропускает воду. Поэтому если скважина проходит через глинистую перемычку, то риск пробоя подошвенной воды возрастает значительно.

Полное понимание механизмов прорыва подошвенной воды через глинистую перемычку может быть получено только путем проведения экспериментальных исследований. Важной задачей является определение предельного значения депрессии, при котором происходит пробой подошвенной воды через глинистую перемычку. Для этого необходимо учитывать плотность подошвенной воды и характеристики пористости глинистой перемычки.

В литературе описываются различные методы борьбы с прорывом подошвенной воды. Например, для предотвращения прорыва подошвенной воды могут использоваться грунтовые экраны, зональные изоляции, специальные инъекционные материалы и другие методы. Каждый из методов обладает своими преимуществами и недостатками, поэтому выбор технического решения должен проводиться исходя из конкретных геолого-технических условий и исходных данных. Важно также оценить эффективность различных подходов к борьбе с прорывом подошвенной воды. Для этого необходимо учитывать не только стоимость и технологические особенности каждого метода, но и риски, связанные с его применением.

В обзоре литературы могут быть рассмотрены как позитивные, так и негативные примеры использования различных методов борьбы с прорывом подошвенной воды, что позволяет сделать выводы о эффективности тех или иных технических решениях. Наконец, важно отметить, что разнообразие методов борьбы с прорывом подошвенной воды продолжает расти, поэтому в

обзоре литературы необходимо уделить внимание тенденциям развития методов борьбы с прорывом подошвенной воды в условиях глинистой перемычки к горизонтальным скважинам, эксплуатирующих газовую залежь.

Также нужно следить за появлением новых инноваций и технологий в этой области, получать опыт от других компаний и проводить собственные исследования.

1.2 МЕХАНИЗМЫ ПРОРЫВА ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ ЧЕРЕЗ ГЛИНИСТУЮ ПЕРЕМЫЧКУ

Механизмы прорыва подошвенной воды через глинистую перемычку часто встречаются при эксплуатации горизонтальных скважин, особенно при добыче газовой залежи. Прорыв подошвенных вод может привести к серьезным последствиям, таким как потеря продуктивности скважины, загрязнение газовой залежи или даже к опасным экологическим последствиям. Поэтому детальное изучение механизмов прорыва подошвенной воды через глинистую перемычку является критически важным для обеспечения безопасной и эффективной добычи.

Одним из механизмов, приводящих к прорыву подошвенной воды, является дисбаланс давления (Рисунок 2) [Соколов, с. 3]. Если давление в скважине слишком низкое относительно давления подошвенной воды, то происходит движение воды через глинистую перемычку. Это может произойти, например, если в скважине происходит задержка газа, что приводит к формированию депрессии вокруг газового пласта. В этой ситуации подошвенная вода будет стараться компенсировать разницу давления, двигаясь через глинистую перемычку и поступая в скважину.

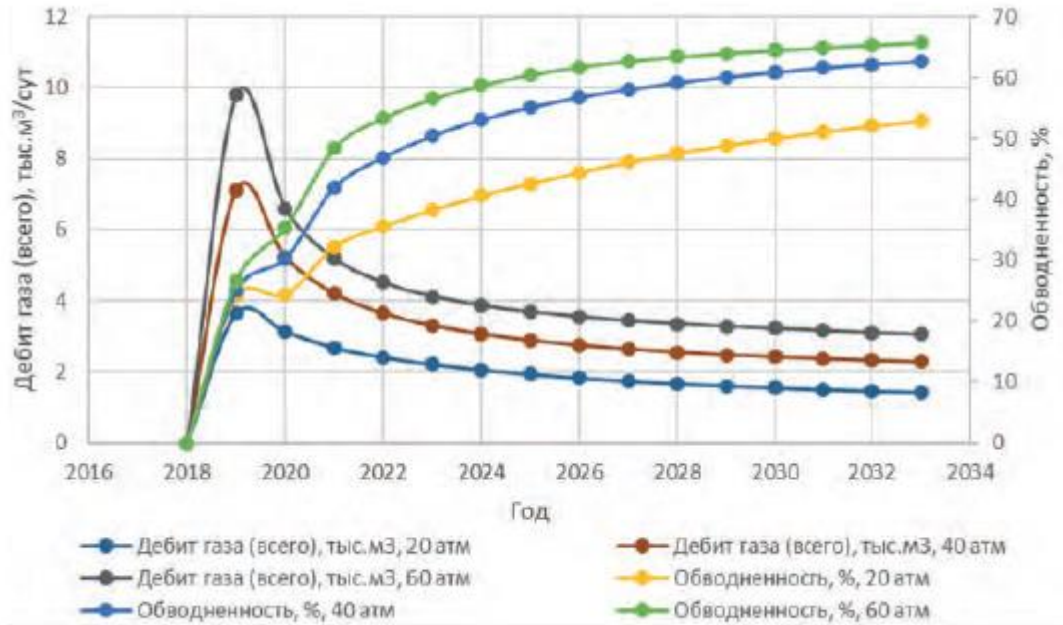


Рис. 2. Динамика показателей работы скважины газового месторождения при различных депрессиях

Еще одним механизмом прорыва подошвенной воды может являться разрушение глинистой перемычки. Если скважина находится в глинистой формации, то перекрытие между скважиной и подошвенной водой не может быть оставлено без должного внимания. Глинистая перемычка может находиться в состоянии стресса, что может привести к ее деформации, разрушению и, следовательно, к возможному прорыву подошвенной воды в скважину. Данный механизм прорыва подошвенной воды может стать вероятным при использовании поддерживающих растяжек и закреплений в скважине.

Также стоит отметить, что механизмы прорыва подошвенной воды через глинистую перемычку могут быть связаны с геологическими факторами. Например, пористый слой, находящийся под глинистой перемычкой, может испытывать повышенное давление воды, что также может привести к прорыву подошвенной воды через перемычку.

Наконец, риск прорыва подошвенной воды может возрастать при увеличении времени эксплуатации скважины и ухудшении ее состояния. Большое количество перемещений газа, а также перекрытые геологические

формации могут привести к ухудшению интегритета глинистой перемычки, что увеличивает вероятность дальнейшего прорыва подошвенной воды в скважину.

Таким образом, механизмы прорыва подошвенной воды через глинистую перемычку включают несколько факторов, таких как дисбаланс давления, разрушение перемычки и геологические факторы. Для эффективного предотвращения прорыва подошвенной воды необходимо учитывать представленные факторы и проводить целенаправленные мероприятия для минимизации рисков.

При прорыве подошвенных вод к горизонтальным скважинам, эксплуатирующим газовую залежь, могут возникнуть серьезные социальные и экономические последствия. Прорыв подошвенных вод может привести к ухудшению экологической обстановки в районах добычи газа, загрязнению почвы и повышению уровня подземных вод. Последствия для экономики могут быть значительными, так как вызывается необходимость ремонта скважин и возможно приостановление добычи газа. Методы предотвращения прорыва подошвенных вод могут быть физическими, включая усиление глинистых перемычек для предотвращения их расслоения и защита скважин от проникновения воды. Еще одним методом является использование химических и биологических добавок для снижения проницаемости глинистых перемычек и создания барьера для проникновения воды. Оценка социальных и экономических последствий прорыва подошвенных вод необходима, чтобы правильно оценить степень риска при добыче газа. Экологические последствия, такие как загрязнение почвы и воды, могут привести к значительному ущербу для здоровья людей и животных. Методы борьбы с прорывом подошвенных вод должны быть эффективными и экономически обоснованными, чтобы они не приводили к дополнительным расходам. Важно, чтобы компании в сфере добычи газа тщательно планировали стратегии борьбы с прорывом подошвенных вод, особенно при работе в чувствительных экологических зонах. Глубокое понимание гидродинамических и фильтрационных характеристик газовых залежей и глинистых перемычек необходимо для разработки эффективных

методов предотвращения прорыва подошвенных вод. Взвешивание социальных и экономических последствий важно при принятии решений относительно технологий добычи газа и методов борьбы с прорывом подошвенных вод.

1.3 МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРОРЫВА ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ

Типичные методы предотвращения прорыва подошвенной воды через глинистую перемычку к горизонтальным скважинам, эксплуатирующих газовую залежь, были изучены во многих исследованиях. В условиях, когда приспособление к техническим эксплуатационным решениям невозможно или сложно, применение химических материалов может быть эффективным методом для предотвращения прорыва подошвенной воды.

Важным методом предотвращения прорыва подошвенной воды является управление депрессией, то есть поддержание установленного снижения давления насыщенных пород в зоне повышенного давления ниже уровня прорыва подошвенной воды. В данном случае применение многокомпонентных методов управления депрессией может оказаться эффективным решением проблемы. Также следует использовать расчетную методику, позволяющую оценить уровень снижения давления, необходимый для предотвращения прорыва подошвенной воды.

Другой метод предотвращения прорыва подошвенной воды – гидроизоляция. Гидроизоляция осуществляется путем заполнения скважины гидроизоляционными материалами, такими как техническая глина или пробковый порошок. Это позволяет блокировать перемычку, что предотвращает прорыв подошвенной воды.

На рисунке 3 [Тупысев, с. 3] представлена схема заводнения многопластовой газовой залежи подтоварной водой. В процессе эксплуатации газовой скважины давление в дренируемой части газовой залежи ($P_{пл}$) снижается в соответствии с законами фильтрации, а уровень призабойной воды повышается зеркально уменьшению давления (Рисунок 3а). При поступлении воды в скважину обычно проводят гидроизоляцию: на забой скважины

устанавливают цементный мост с изоляцией обводненного газоносного пласта и формированием в верхней части дополнительного барьера для предотвращения преждевременного прорыва воды при дальнейшей эксплуатации скважины. (Рисунок 3б).

После преодоления этой преграды поднимающейся забойной водой при дальнейшей эксплуатации скважины может быть установлена вторая цементная перемычка с изоляцией новой обводненной части продуктивной секции (с некоторым запасом) и созданием дополнительной преграды (путем откачки изоляционный состав в пласт на некоторое расстояние в верхней части перемычки) до водяного конуса (Рисунок 3в).

Пояснение обозначений к рисункам 3-4:

ГВК – газоводяной контакт,

1 – скважина

2 – интервал вскрытия продуктивных пластов,

3 – цементный мост;

I – водоносный пласт

II, III – газонасыщенные пласты разной проницаемости

IV – линии тока газа в газовой залежи

V – линии тока подошвенной воды

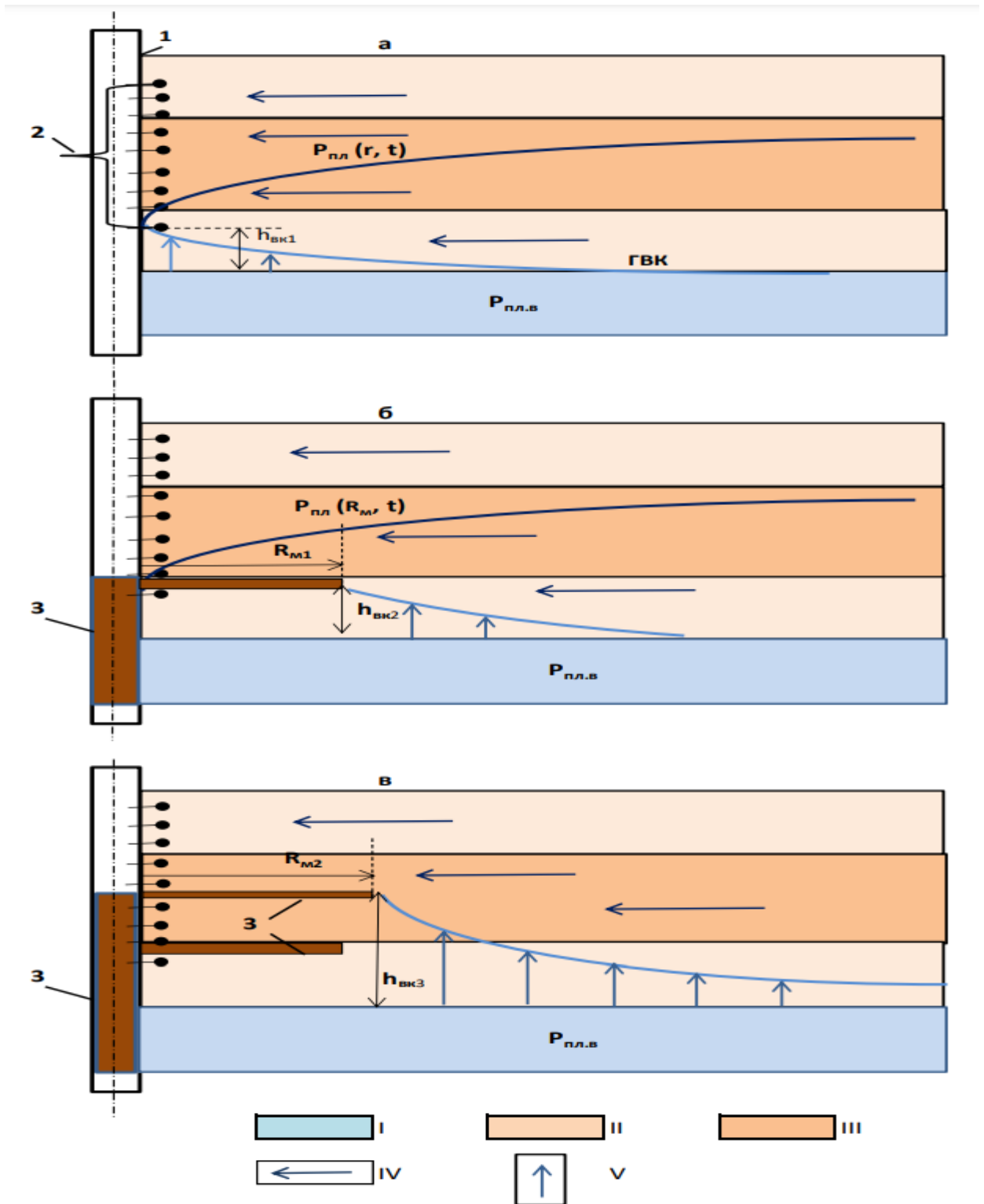


Рис. 3. Схема обводнения газовой скважины подошвенной водой: а) динамика «водяного конуса» до первого прорыва подошвенной воды в скважину; б) динамика образования «водяного конуса» в призабойной зоне скважины после установки 1-го цементного моста; в) динамика образования «водяного конуса» в призабойной зоне скважины после установки 2-го цементного моста

На рисунке 4 показан пример обводнения скважины подошвенной водой при наличии глинистой перемычки, которая практически является преградой для подхода подошвенной воды. В таких случаях достаточно одной операции для установки цементного моста и изоляции нижнего резервуара.

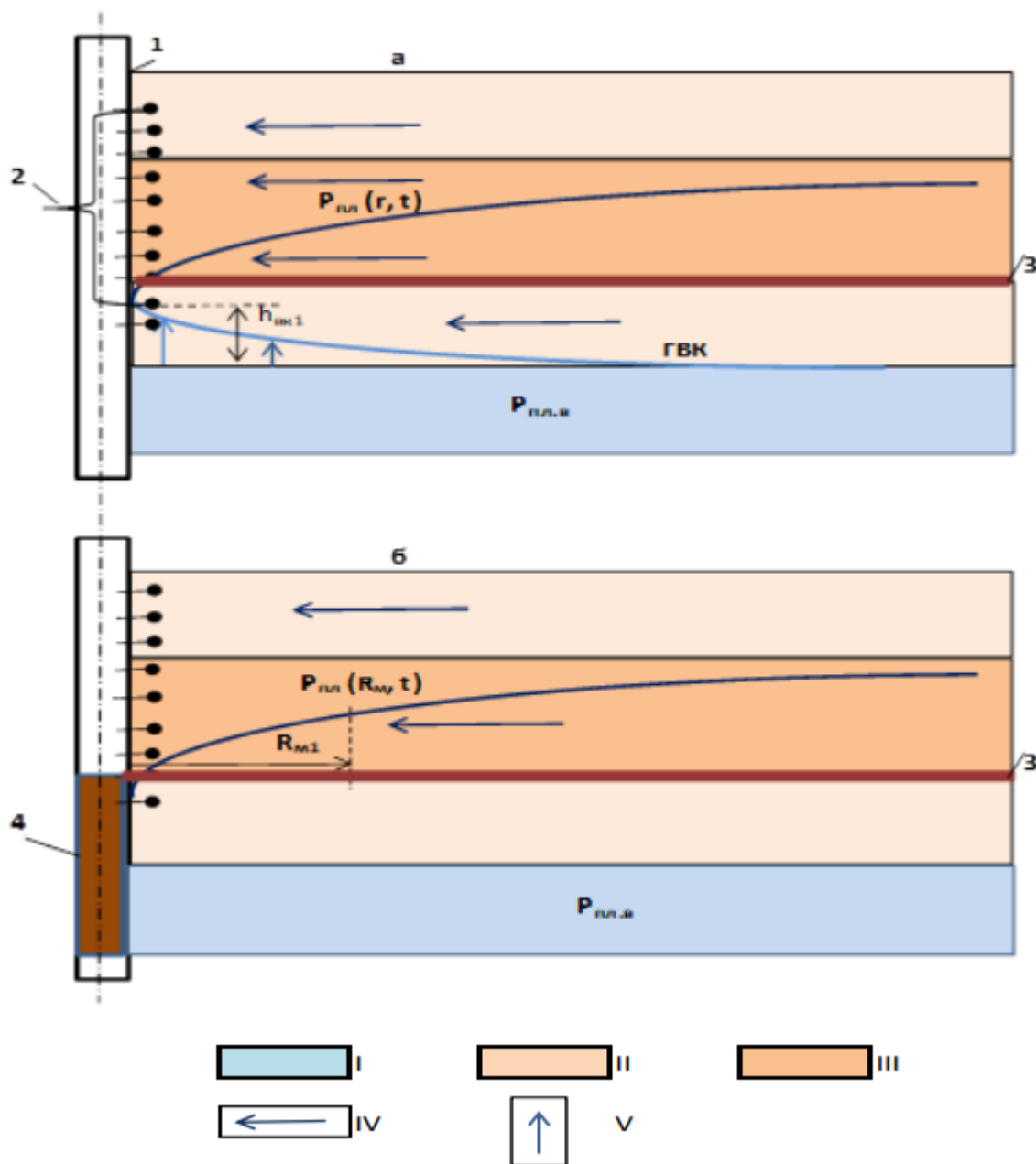


Рис. 4. Схема обводнения газовой скважины подошвенной водой в залежи, имеющей в интервале пропластков с низкой проницаемостью: а) динамика образования «водяного конуса» до первого прорыва подошвенной воды в скважину; б) работа скважины после установки цементного моста ниже низкопроницаемого пропластка

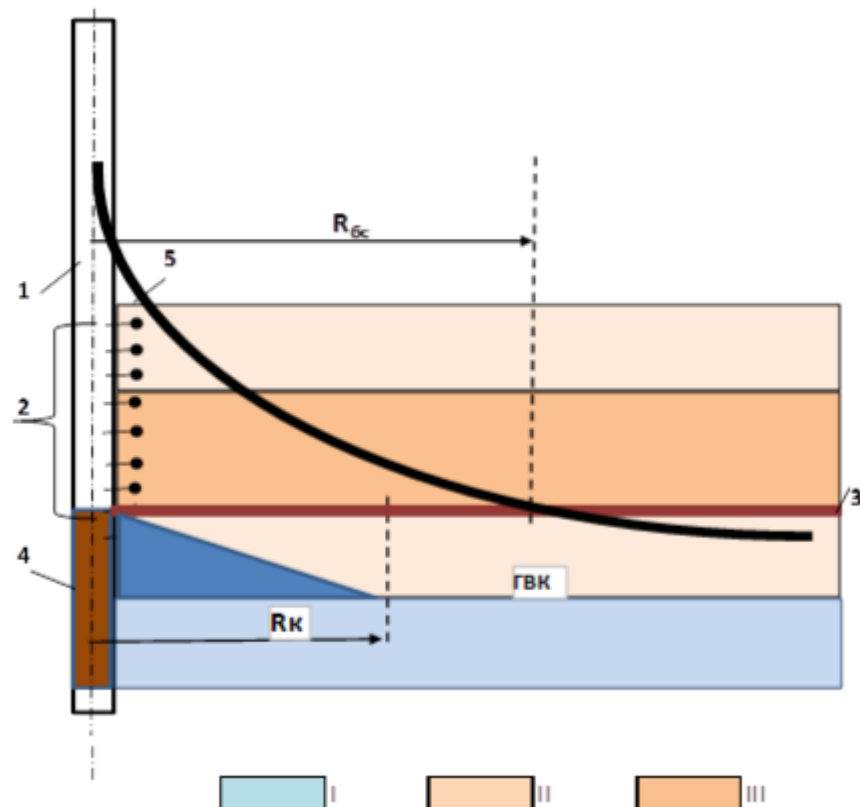


Рис. 5. Схема бурения бокового ствола после обводнения газовой скважины подошвенной водой,

ГВК – газовойодяной контакт, 1 – скважина, 2 – интервал вскрытия продуктивных пластов («перфорации»), 3 – пропласток с низкой проницаемостью, 4 – цементный мост, 5 – боковой ствол,

I – водоносный пласт, II, III – газонасыщенные пласты разной проницаемости

На рисунке 5 показана схема бурения такого наклонного ствола с созданием горизонтального участка в пласте с остаточными запасами газа для рассматриваемого случая. Существенным моментом при сооружении второго ствола является проектирование его траектории таким образом, чтобы при вхождении в пласт с остаточными запасами верхние отверстия спускаемого фильтра были на расстоянии от первоначального забоя вертикального участка скважины (R_{bc}), превышающем радиус конуса обводнения скважины (R_k) на момент проведения водоизоляционных работ

Также были выявлены и другие методы предотвращения прорыва подошвенной воды, такие как методы гравитационной транспортировки, методы механических защитных заслонок и методы управления расходом жидкости. Однако, эти методы менее эффективны в условиях глинистой перемычки к горизонтальным скважинам, эксплуатирующих газовую залежь, чем методы, описанные выше.

Одним из проблемных аспектов методов предотвращения прорыва подошвенной воды является их стоимость. Химические методы, например, могут быть недоступны при технологическом давлении в газовых пластах на большой глубине. Также, механические методы может быть сложно применять, если геологические условия не позволяют их использовать.

Существует множество исследований, в которых рассматриваются различные методы для предотвращения прорыва подошвенной воды. Однако, важно принимать во внимание технические и геологические процессы, протекающие в газовых залежах, и выбирать наиболее подходящий и эффективный метод, не забывая о его стоимости. Также следует проводить надежные мониторинговые работы, чтобы оперативно определять появление подошвенной воды и предотвращать ее прорыв.

1.4 АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ПРОРЫВОМ ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ ГЛИНИСТОЙ ПЕРЕМЫЧКИ К ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ СКВАЖИНАМ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ ГАЗОВУЮ ЗАЛЕЖЬ

Анализ применимости различных способов борьбы с прорывом подошвенной воды в условиях глинистой перемычки к горизонтальным скважинам, эксплуатирующих газовую залежь, является одним из основных вопросов, которые необходимо рассмотреть при проведении эксперимента для определения предельного значения депрессии, при котором происходит прорыв подошвенной воды через глинистую перемычку.

На данный момент существует несколько методов борьбы с прорывом подошвенной воды, каждый из которых характеризуется своими преимуществами и недостатками. Одним из наиболее распространенных методов является установка механических фильтров на забое скважины.

Преимуществом этого метода является высокая эффективность в предотвращении прорыва подошвенной воды, однако его недостатком является высокая стоимость и сложность установки.

Другим методом борьбы с прорывом подошвенной воды является применение растворов, направленных на закручивание глины в перемычке. Этот метод отличается относительно невысокой стоимостью и простотой применения, однако его эффективность зависит от качества раствора и не всегда может привести к положительным результатам.

Кроме того, существуют методы, основанные на создании вокруг скважины непроницаемого слоя, который бы предотвратил прорыв подошвенной воды. Например, одним из таких методов является установка цементного кольца вокруг скважины. Несмотря на свою относительную эффективность, данный метод характеризуется высокой стоимостью и сложностью его применения.

Помимо перечисленных методов существует также возможность применения химических реагентов для предотвращения прорыва подошвенной воды через глинистую перемычку. В зависимости от характеристик конкретной залежи газа и организации процесса добычи, могут быть использованы различные реагенты.

Следует отметить, что каждый из методов борьбы с прорывом подошвенной воды имеет свои преимущества и недостатки, и выбор метода зависит от многих факторов, включая специфику геологических условий подземного пространства, доступность технических ресурсов и экономические возможности. Важно отметить, что данный аспект исследования требует глубокого анализа и оценки всех факторов, влияющих на прорыв подошвенной воды, и определения оптимального метода борьбы с ним.

Необходимо также учитывать все возможные последствия применения каждого из методов, включая последствия для экономических и экологических показателей исследуемого процесса.

1.5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ПРОРЫВОМ ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ

Одним из наиболее важных аспектов борьбы с прорывом подошвенной воды через глинистую перемычку к горизонтальным скважинам является оценка эффективности различных методов борьбы с этим явлением. Это важно для того, чтобы выбрать наиболее подходящий метод для конкретной ситуации на месторождении.

Одним из наиболее распространенных методов является введение в зону перемычки специальных геохимических реагентов, которые способствуют формированию прочной гидрофобной мембраны на поверхности глинистой перемычки. Это позволяет существенно увеличить коэффициент фильтрации и уменьшить риск прорыва подошвенной воды. Кроме того, такой метод не требует затрат на строительство дополнительных сооружений и может быть применен на практике сравнительно быстро. Однако, этот метод имеет и свои недостатки.

Во-первых, использование геохимических реагентов может привести к загрязнению окружающей среды и водных ресурсов. Во-вторых, введение реагентов требует определенных затрат на их закупку и доставку на место эксплуатации скважин.

Другой метод борьбы с прорывом подошвенной воды — это создание сопротивления потоку подошвенной воды путем установки барьеров в зоне перемычки. Барьеры могут быть выполнены из различных материалов, как естественных, так и искусственных. Одним из примеров естественных барьеров является гравийный слой, который устанавливается на поверхности перемычки. Это создает устойчивую и прочную защиту от прорыва подошвенной воды. Хотя подобный метод является наиболее дешевым, его использование ограничено

только местными условиями и наличием необходимого материала на месторождении.

Искусственные барьеры, такие как слои бентонитовых материалов или многорядные фильтровые трубы, также могут быть использованы для создания защиты от прорыва подошвенной воды. Данный метод может быть применен в ситуациях, когда естественные материалы отсутствуют на месторождении. Однако, этот способ требует дополнительных затрат на материалы и строительство, что увеличивает экономические затраты на добычу.

Таким образом, при выборе метода борьбы с прорывом подошвенной воды в условиях глинистой перемычки к горизонтальным скважинам необходимо учитывать как стоимость выбранного метода, так и возможность создания устойчивой защиты от прорыва подошвенной воды.

Оценка эффективности различных методов борьбы с прорывом подошвенной воды должна проводиться на основе комплексного анализа экономических, технических и управленческих факторов, что поможет выбрать оптимальный метод борьбы с прорывом подошвенной воды для конкретных условий добычи.

1.6 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ДАННОЙ ТЕМАТИКЕ

Обзор существующих исследований по данной тематике является важным этапом любого исследования. Он позволяет выявить актуальность и новизну темы, рассмотреть уже проведенные исследования по данной проблеме, выделить основные результаты предыдущих исследований, выявить их преимущества и недостатки.

Исследования по проблеме прорыва подошвенных вод через глинистую перемычку к горизонтальным скважинам, эксплуатирующим газовую залежь, были проведены в разных странах мира. Эти исследования позволили выявить особенности данной проблемы, а также выделить наиболее эффективные методы ее решения.

Так, проведенные исследования показали, что прорыв подошвенной воды через глинистую перемычку является довольно распространенной проблемой при добыче газа из горизонтальных скважин. Одним из наиболее часто используемых методов борьбы с этой проблемой является применение гидроизоляционных материалов. Одним из преимуществ использования гидроизоляционных материалов является высокая эффективность в предотвращении прорыва подошвенной воды.

Однако, несмотря на это, использование данных материалов может привести к ряду проблем. Так, доступ к скважинам может значительно усложниться, а стоимость работ возрастет. Кроме того, исследования подтвердили, что одним из наиболее эффективных методов борьбы с проблемой прорыва подошвенной воды является применение электрической методики.

При этом использование современного оборудования, такого как системы мониторинга и контроля, позволяет существенно улучшить качество проводимых работ и снизить риски возникновения аварийных ситуаций.

Таким образом, обзор существующих исследований по данной тематике позволяет выделить наиболее эффективные методы борьбы с проблемой прорыва подошвенной воды через глинистую перемычку к горизонтальным скважинам, эксплуатирующим газовую залежь. Это позволит улучшить качество проводимых работ и снизить риски возникновения аварийных ситуаций.

Производственный опыт показывает, что прорыв подошвенной воды является одной из наиболее распространенных проблем при эксплуатации газовых залежей и может привести к серьезным последствиям, таким как снижение производительности скважин, выход из строя оборудования, аварийные ситуации и потерю доходов. Поэтому существует необходимость в развитии и применении эффективных методов борьбы с этой проблемой.

Производственный опыт показывает, что наиболее эффективным методом предотвращения прорыва подошвенной воды является применение систем заземления. Эти системы предполагают создание заземленной зоны вокруг

скважины для того, чтобы уменьшить гидравлический градиент между скважиной и подошвенной водой и предотвратить ее прорыв.

Важно, что такие системы должны быть установлены сразу после бурения скважины, чтобы обеспечить максимальную эффективность. Еще одним методом борьбы с прорывом подошвенной воды является применение откачивающих систем. Они могут быть использованы вместе с системами заземления для того, чтобы создать отрицательное давление в заземленной зоне и предотвратить прорыв подошвенной воды.

Важно отметить, что откачивание подошвенной воды может привести к изменению гидрогеологического режима и потере водозапаса, поэтому необходимо производить систематический мониторинг и оценку влияния на окружающую среду.

Существуют также методы борьбы с прорывом подошвенной воды, основанные на гидрохимическом воздействии на глинистую перемычку. Одним из методов гидрохимического воздействия является применение химических растворов для разрушения глинистой перемычки и создания дополнительных пор на пути движения подошвенной воды. Однако, применение таких методов может привести к непредвиденным последствиям, таким как загрязнение грунтовых вод или изменение химического состава продукции.

Оптимальным подходом для предотвращения прорыва подошвенной воды является комбинирование систем заземления и откачивания, что позволяет достичь максимальной эффективности и минимизировать отрицательное воздействие на окружающую среду. Однако, при выборе метода борьбы с прорывом подошвенной воды необходимо учитывать специфические условия месторождения, характеристики глинистой перемычки и другие факторы, влияющие на процесс добычи газа и окружающую среду.

Таким образом, производственный опыт показывает, что прорыв подошвенной воды является серьезной проблемой для эксплуатации газовых залежей. Для борьбы с ней необходимо использование инновационных методов, разработанных на основе последних научных исследований и практического

опыта в данной области. Важно также учитывать влияние выбранных методов на окружающую среду и производить систематический мониторинг для оценки эффективности и минимизации негативных последствий.

Одним из главных направлений развития методов борьбы с прорывом подошвенной воды является разработка новых технологий и материалов, способных улучшить качество глинистой перемычки и увеличить ее прочностные характеристики.

Таким образом, одним из методов предотвращения прорыва подошвенной воды является использование специальных добавок к глине, которые позволяют повысить ее прочность и минимизировать уровень проницаемости. Кроме того, существуют методы компенсации давления подошвенной воды, в том числе применение мероприятий по снижению давления в скважинах. В этом случае может использоваться специальное оборудование, такое как системы контроля давления, которые позволяют в реальном времени мониторить состояние скважин и регулировать процесс добычи газа.

Анализ результатов моделирования прорыва подошвенных вод через глинистую перемычку к горизонтальным скважинам включает в себя определение предельных значений депрессии, которые предотвращают прорыв воды в газовую залежь. Результаты показали, что на основе имеющихся данных предлагаемый порог безопасности должен быть выбран на уровне не менее 50% от первоначального дебита скважины.

Кроме того, обнаружено, что допускать более высокие значения депрессии дает более высокую вероятность прорыва воды через перемычку, что может привести к потере более 40% газа. В то же время, слишком низкий порог безопасности может снизить добычу и уменьшить прибыльность проекта.

Поэтому, чтобы анализ результатов моделирования был оптимальным, необходимо определить точку баланса между безопасностью и эффективностью добычи. Также важно учитывать фактор неопределенности в данных, так как он может повлиять на определение оптимального порога безопасности. Для уточнения рекомендуется проводить новые исследования и учитывать больший

объем данных при анализе результатов моделирования прорыва воды через глинистую перемычку к горизонтальным скважинам.

Кроме того, одним из современных методов борьбы с прорывом подошвенной воды является использование новых технологий ремонта скважин, которые основаны на применении современных материалов и усовершенствованных методов монтажа оборудования в скважинах. Некоторые исследователи также рассматривают возможность применения гидравлических затворов, которые позволяют блокировать поток подошвенной воды в случаях прорыва.

Также ведется работа по созданию технологий, которые позволяют предотвращать прорыв подошвенной воды на стадии проектирования и строительства скважин. Одним из направлений развития методов борьбы с прорывом подошвенной воды является использование компьютерных моделей, которые позволяют точнее оценивать вероятность прорыва подошвенной воды и выбирать наиболее эффективные методы борьбы с прорывом. Таким образом, в настоящее время существует множество перспективных методов борьбы с прорывом подошвенной воды.

Однако каждый конкретный случай требует индивидуального подхода и выбора оптимального решения на основе анализа конкретных условий и особенностей добычи газа в данной залежи.

В нефтегазовой промышленности, где горизонтальные скважины используются все чаще для добычи полезных ископаемых, проблема прорыва подошвенных вод в горизонтальных скважинах, эксплуатирующих газовую залежь, становится все более актуальной. Часто для предотвращения прорыва подошвенных вод используют глинистые перемычки, которые разделяют газовую и водную зоны. Однако, наличие подошвенных вод в резервуаре может привести к значительным трудностям в процессе добычи. Прорыв подошвенных вод может привести к снижению производительности, увеличению добычи воды и отказу оборудования. Поэтому необходимо провести сравнительный анализ применения различных мероприятий для предотвращения прорыва

подошвенной воды из глинистой перемычки при добыче горизонтальными скважинами.

Существует несколько методов борьбы с прорывом подошвенных вод через глинистую перемычку в горизонтальных скважинах, эксплуатирующих газовую залежь. Один из таких методов - использование гидроизоляционных материалов, которые помогают предотвратить прорыв подошвенных вод. Эти материалы могут быть использованы как для создания новых глинистых перемычек, так и для усиления уже существующих. Другой метод - использование системы гравитационной дренажной скважины, которая позволяет отводить подошвенные воды из газовой зоны и уменьшать депрессию в этой зоне.

Проведение сравнительного анализа методов борьбы с прорывом подошвенных вод может позволить определить наиболее эффективные способы предотвращения прорыва подошвенной воды из глинистой перемычки в горизонтальных скважинах, эксплуатирующих газовую залежь. Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых технологий и методов добычи полезных ископаемых в нефтегазовой промышленности.

Важно также учитывать экономические и экологические аспекты каждого метода. Например, использование гидроизоляционных материалов может быть дороже, но может иметь меньший экологический след, чем использование системы гравитационной дренажной скважины. В то же время, система гравитационной дренажной скважины может быть более эффективной в долгосрочной перспективе, что может оказаться более выгодным с экономической точки зрения.

Таким образом, проведение сравнительного анализа и выбор наиболее подходящего метода должны основываться на многих факторах, таких как геологические условия, экономические возможности и экологические последствия.

1.7 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ РИСКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ПРОРЫВОМ ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ

Оценка возможных рисков при использовании различных методов борьбы с прорывом подошвенной воды является одним из важнейших аспектов в эксплуатации горизонтальных скважин на газовые залежи.

В данном контексте риск можно определить как вероятность негативных последствий от применения методов борьбы с прорывом подошвенной воды и их потенциальную силу. В связи с этим необходимо подробно рассмотреть каждый метод борьбы с прорывом подошвенной воды и оценить возможные риски и последствия их применения.

Первым методом борьбы с прорывом подошвенной воды является погружение в скважины водоотводных скважин и их дальнейшее эксплуатация. Такой метод может предотвратить накопление воды в призабойной зоне скважины и, соответственно, прорыв подошвенной воды. Однако при применении такого метода существуют некоторые риски.

Среди них можно выделить возможность снижения давления в зоне газовой залежи, что может повлечь за собой снижение объема добычи газа, а также возможность прорыва подземных вод и загрязнения водоносных горизонтов. Вторым методом борьбы с прорывом подошвенной воды - инжектирование полимеров и других реагентов в зону призабойной фильтрации.

Этот метод позволяет существенно снизить вероятность прорыва подошвенной группы, однако применение химических веществ может повлиять на состояние горных пород скважины и снизить проницаемость зоны призабойной фильтрации.

Кроме того, существует риск загрязнения окружающей среды приемлемыми для использования реагентами. Третьим методом борьбы с прорывом подошвенной воды - ограничение депрессии в призабойной зоне. Оценка этого метода должна учитывать взаимосвязь общего гидрорежима месторождения, а также вероятность рисков, связанных с необходимостью расщепления зон призабойной фильтрации.

Однако при использовании этого метода существует риск проявления разрывных зон, что может повлечь за собой появление негативных последствий и уменьшение скорости добычи газа. Четвертый метод борьбы с прорывом подошвенной воды - ограничение дебита скважины. Этот метод применяется в качестве резервного для рассматриваемых выше методов. При этом должна осуществляться оценка потери объемов добычи и потери эффективности работы скважины в целом.

Существуют риски снижения объема добычи газа и уменьшения эффективности работы скважины. Таким образом, оценка рисков при использовании различных методов борьбы с прорывом подошвенной группы - необходимый этап при эксплуатации горизонтальных скважин на газовые залежи. При этом необходимо оценивать вероятность и потенциальную силу негативных последствий, а также сопоставлять данные с потенциальными выгодами от применения каждого метода.

При добыче из горизонтальных скважин, эксплуатирующих газовую залежь, прорыв подошвенной воды через глинистую перемычку является нежелательным явлением, которое может привести к снижению производительности скважин и непредвиденным затратам на ликвидацию прорыва.

Для предотвращения прорыва подошвенной воды существуют разнообразные методы. В этом разделе мы рассмотрим и сравним различные мероприятия, применяемые для предотвращения прорыва подошвенной воды в условиях глинистой перемычки к горизонтальным скважинам, эксплуатирующих газовую залежь.

Одним из наиболее эффективных методов предотвращения прорыва подошвенной воды является комбинированное применение глинистых пробок и огнестойких полимерных материалов, таких как полимочевина.

Глинистые пробки создают механический барьер, который предотвращает прорыв подошвенной воды в скважину, а полимерные материалы уменьшают проницаемость глинистой перемычки. Однако, данный метод требует

значительных затрат на материалы и может быть сложен в реализации. В качестве альтернативы комбинированному методу можно использовать буровые жидкости с высокими свойствами удержания частиц. Эти свойства могут быть достигнуты за счет добавления полимерных веществ или блокирующих агентов, таких как крахмал.

Данный метод требует меньших затрат, чем комбинированный метод, и может быть эффективным при правильном подборе состава буровой жидкости. Другим методом предотвращения прорыва подошвенной воды является использование глинистых частично зарастающих материалов (ГЧЗМ). ГЧЗМ создают непроницаемый барьер за счет нанесения слоя материала на забой скважины. Данный метод менее затратный, чем комбинированный метод, но может быть менее эффективным в условиях глинистой перемычки.

Одним из простых методов предотвращения прорыва подошвенной воды является использование остановки добычи на время, необходимое для улучшения условий работы скважины. Однако данный метод может существенно снижать производительность скважины и увеличивать затраты на добычу.

В целом, эффективность каждого из методов предотвращения прорыва подошвенной воды может зависеть от конкретных условий эксплуатации скважин. Следует подбирать наиболее эффективный метод, основываясь на данных местных условий и доступных ресурсах. Также необходимо учитывать единичные производственные эксперименты и тенденции развития методов в отрасли.

ГЛАВА 2. СОЗДАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

2.1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Гидродинамическая модель имеет исходные данные, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Параметры гидродинамической модели

Параметр	Значение
Размер ячеек, м	100*100*1
Количество ячеек	DX:30 DY:30 DZ:30
Пористость, д. ед.	0.35
Проницаемость по X, Y , мД	400
Проницаемость по Z , мД	120
Экономическое ограничение по дебиту газа, м ³ /сут	22700
ГВК, м	1159
Локальное измельчение сетки	В 2 раза по X В 2 раза по Y В 4 раза по Z
PVT, ОФП, плотности, св-ва породы	Заданы с реального месторождения X
Запасы газа, млн. м ³	1927.2
Плотность газа, кг/м ³	0.683
Плотность воды, кг/м ³	998.3

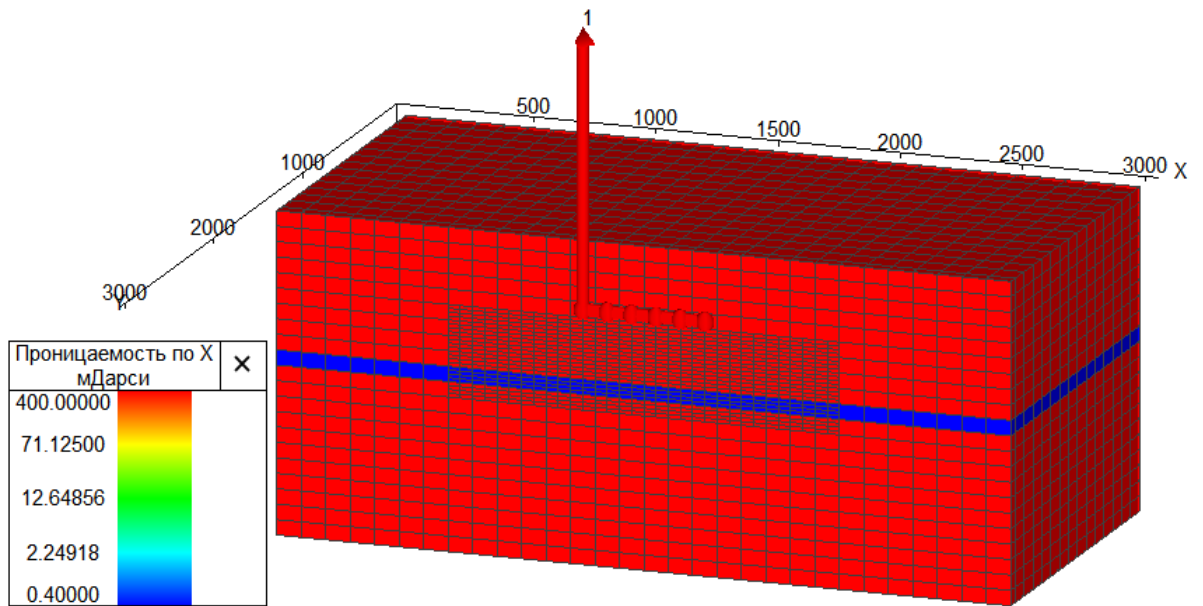


Рис. 6. Куб пористости с сечением по скважине

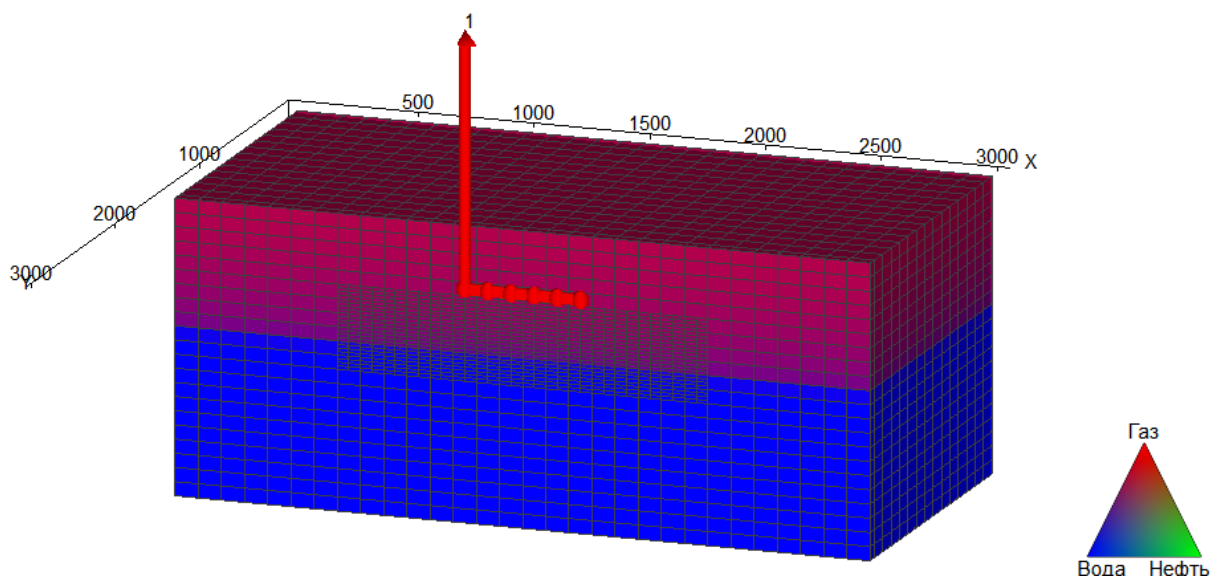


Рис. 7. Тернарная диаграмма насыщенности фазами

На рисунке 6 показан куб пористости гидродинамической модели с глинистой перемычкой.

На рисунке 7 представлен куб насыщенности с тернарной диаграммой, на котором видно расположение границ водогазового контакта.

В районе прорыва воды через глинистую перемычку произведено локальное измельчение сетки с целью улучшения точности расчета, тем самым уменьшая погрешность всего исследования.

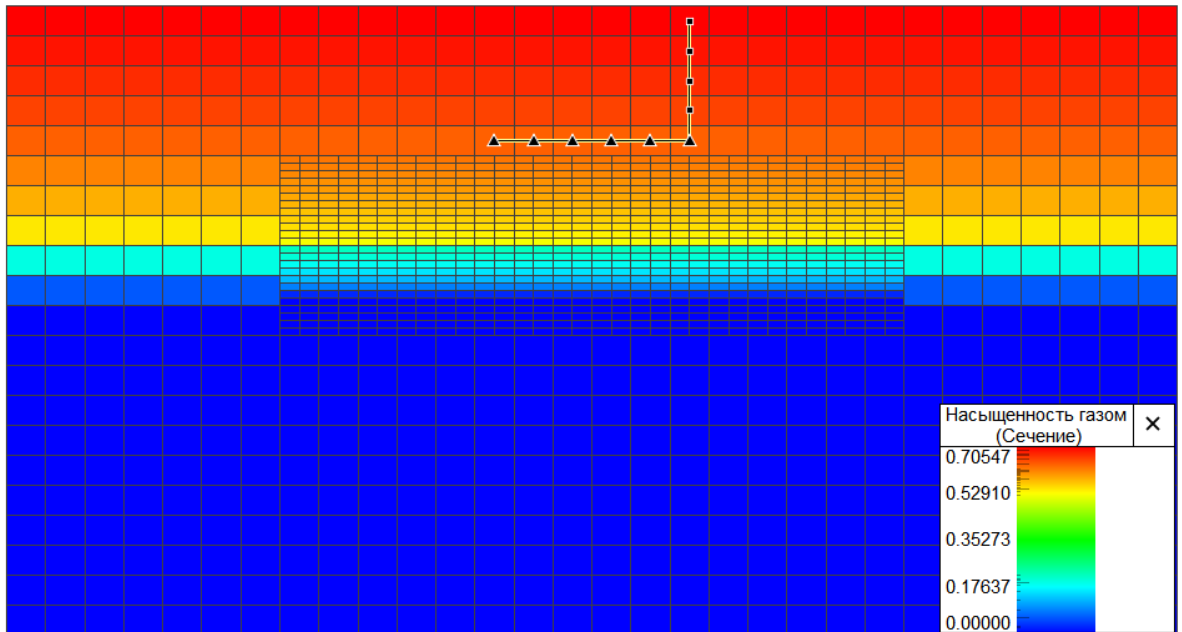


Рис. 8. Распределение насыщенности газом

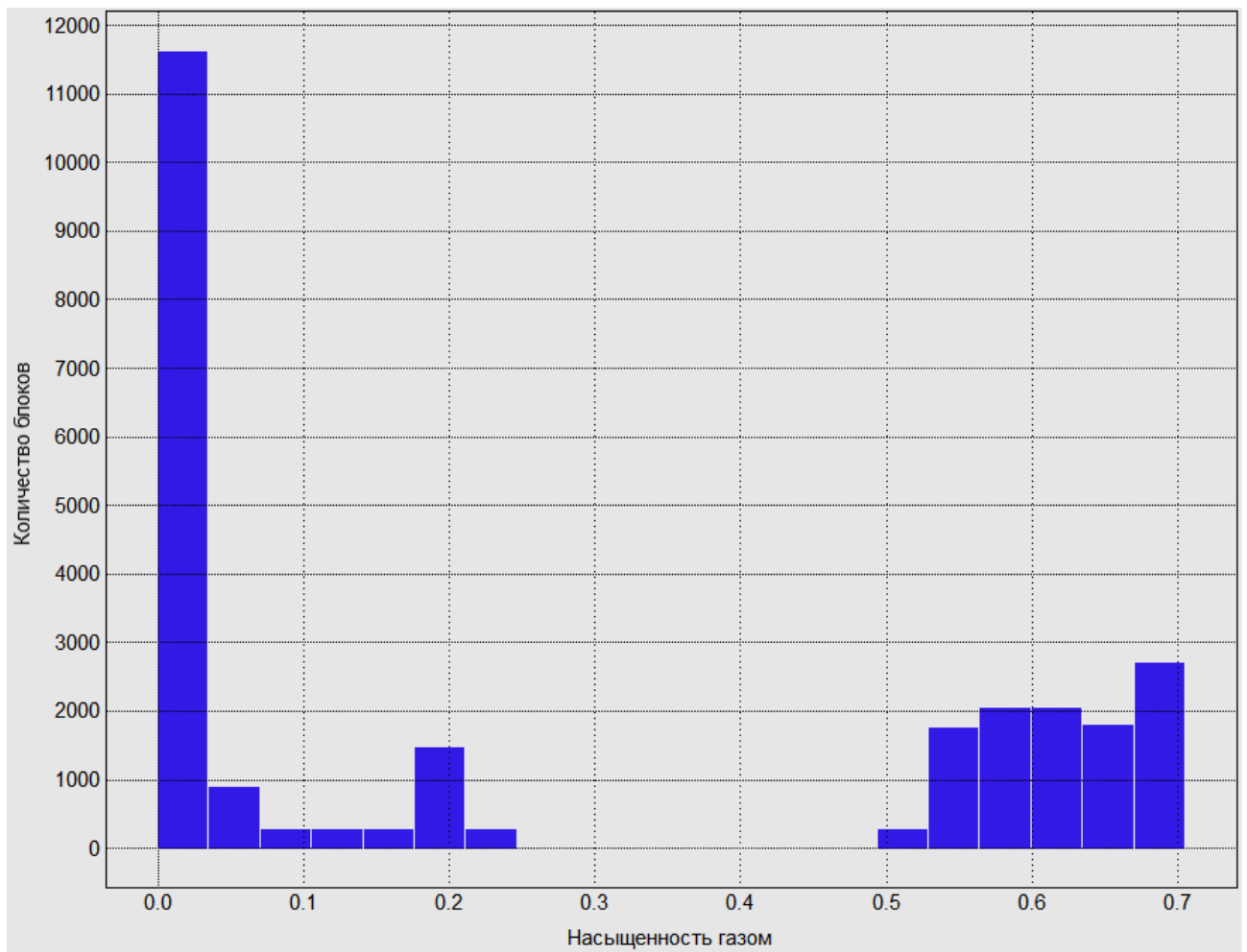


Рис. 9. Гистограмма распределения насыщенности газа

На рисунках 8 и 9 представлена насыщенность газа в гидродинамической модели. При построении был произведен градиент распределения насыщенности фаз в связи с фактическими данными ОФП таблиц месторождения X.

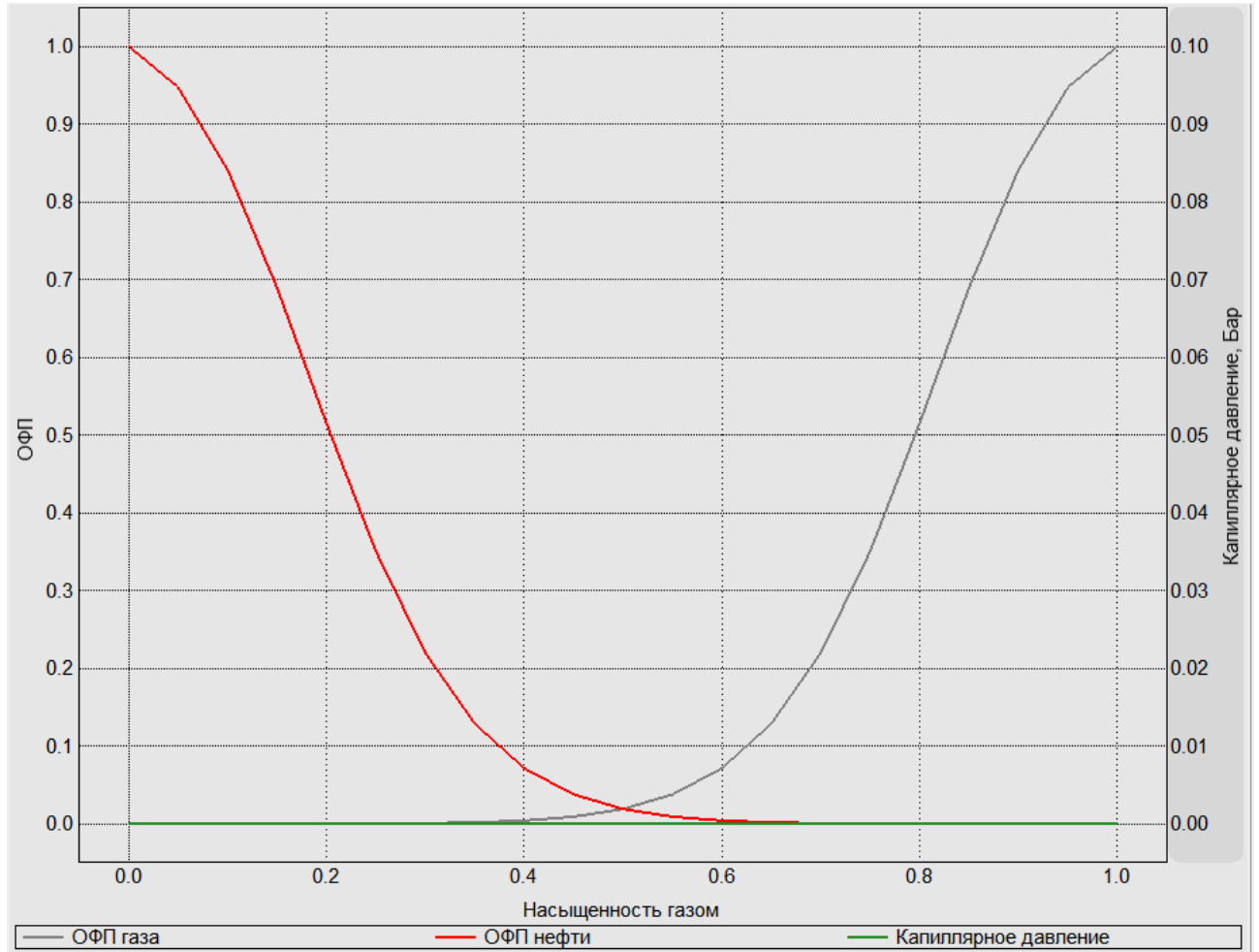


Рис. 10. ОФП нефть-газ

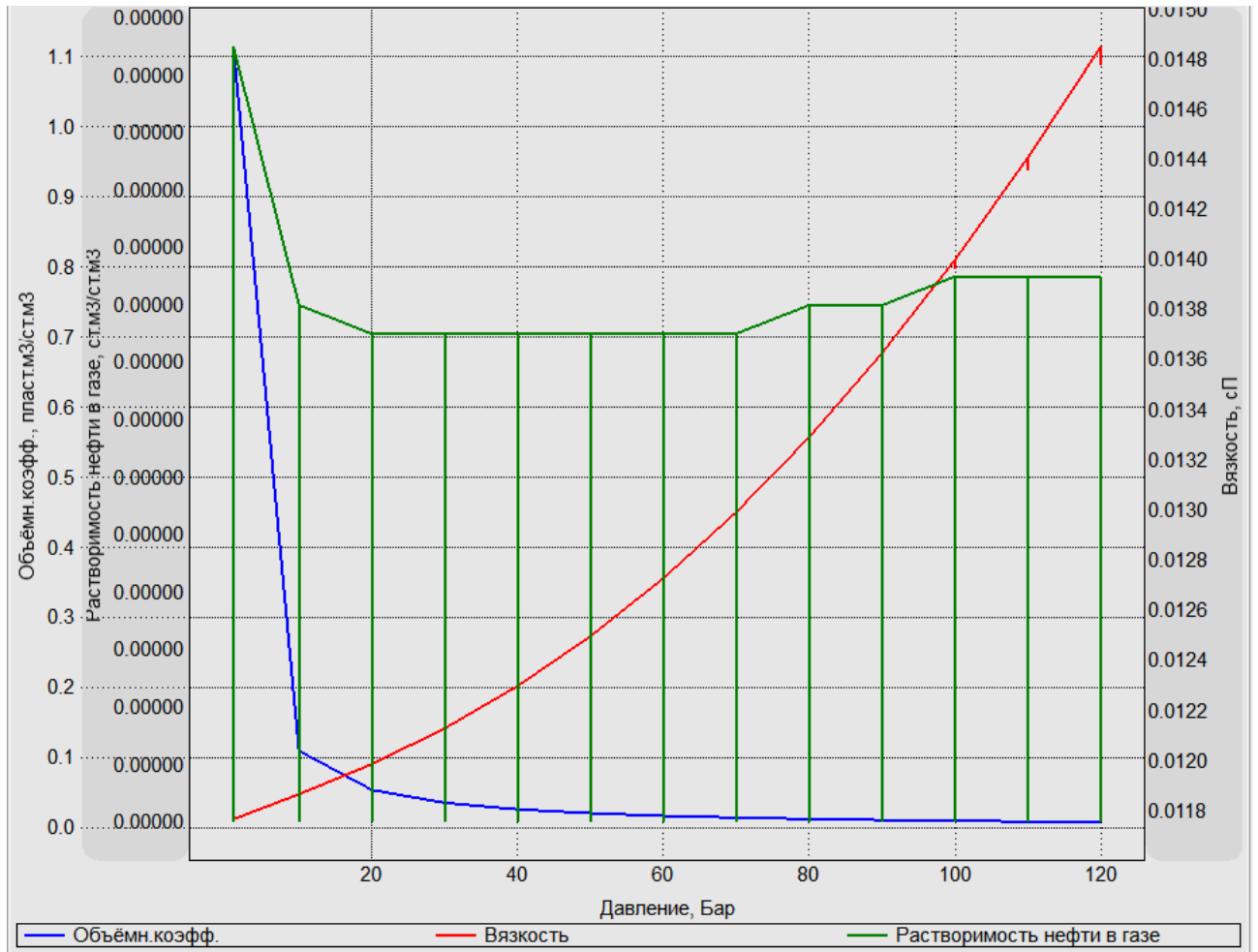


Рис. 11. PVT таблица газа

На рисунках 9 и 10 представлены фактические данные с месторождения X, которые использовались при построении гидродинамической модели.

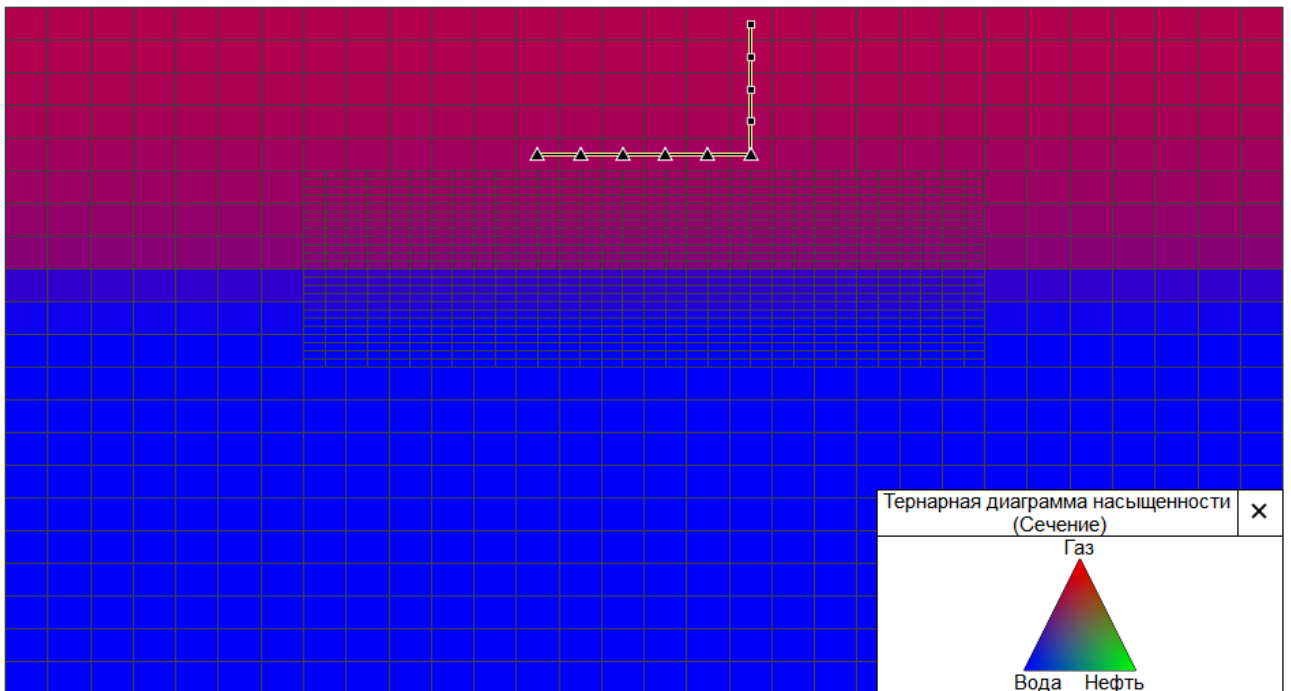


Рис. 12. Начальное равновесное состояние месторождением с распределением по фазам

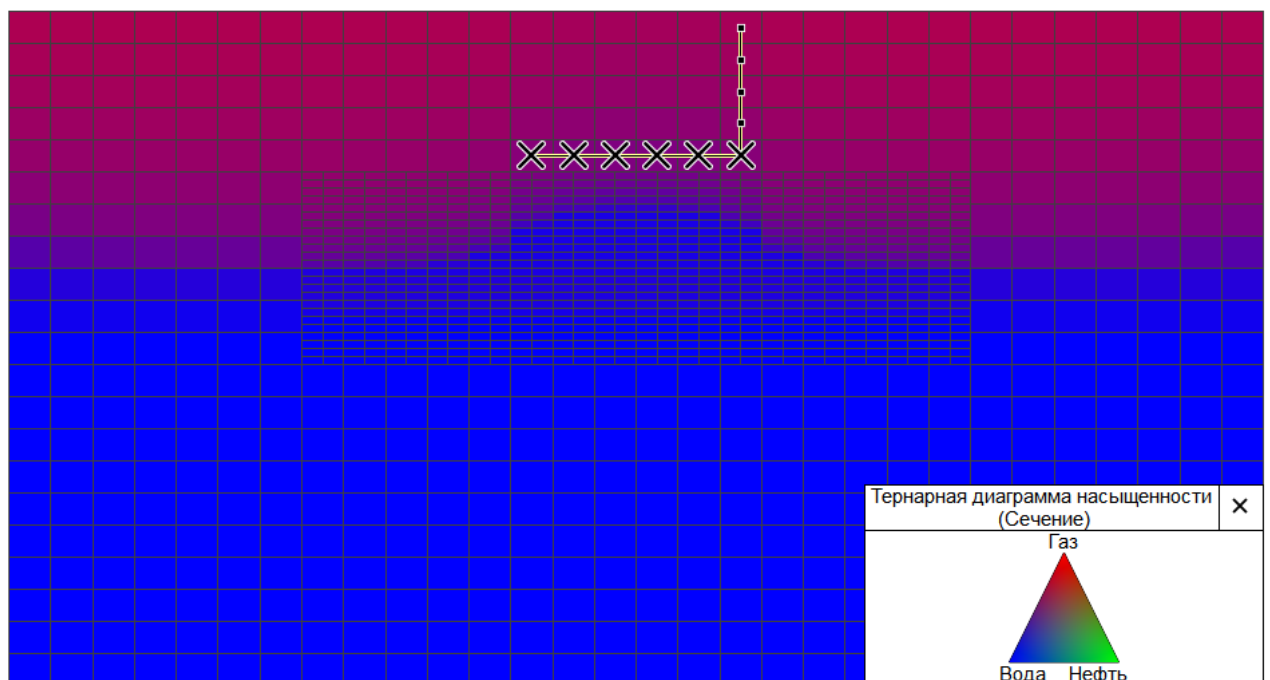


Рис. 13. Демонстрация прорыва подошвенной воды через глинистую перемычку

На рисунках 11 представлено начальное равновесное состояние модели, далее на рисунке 12 представлена работа скважины с прорывом воды через глинистую перемычку с образованием конуса воды.

В таблице 2 приведена таблица зависимости давления, множителя порового объема и множителя проводимости.

Таблица 2

Давление, Бар	Множ. порового объёма	Множ. проводимости
-150	0,9744	0,83
-135,3	0,9744	0,83
-128,2	0,9753	0,83
-113,9	0,9773	0,84
-99,7	0,9795	0,85
-92,6	0,9806	0,86
-85,5	0,9818	0,87
-78,3	0,983	0,87
-64,1	0,9856	0,89
-57	0,987	0,9
-42,7	0,9899	0,92
-35,6	0,9915	0,94
-28,5	0,993	0,95
-21,4	0,9947	0,96
-14,2	0,9964	0,97
-7,1	0,9982	0,99
0	1	1
10	1,0027	1,02

Работа скважины определена несколькими параметрами:

- 1 – максимальный период работы скважины (21 год);
- 2 – экономическое ограничение по дебиту газа равное 22700 м³/сут, при достижении данного значения, скважина отключается;
- 3 – управление скважиной осуществляется значением депрессии.

С целью определения пределов фильтрационно-емкостных свойств глинистой перемычки взяты исследования с месторождения X.

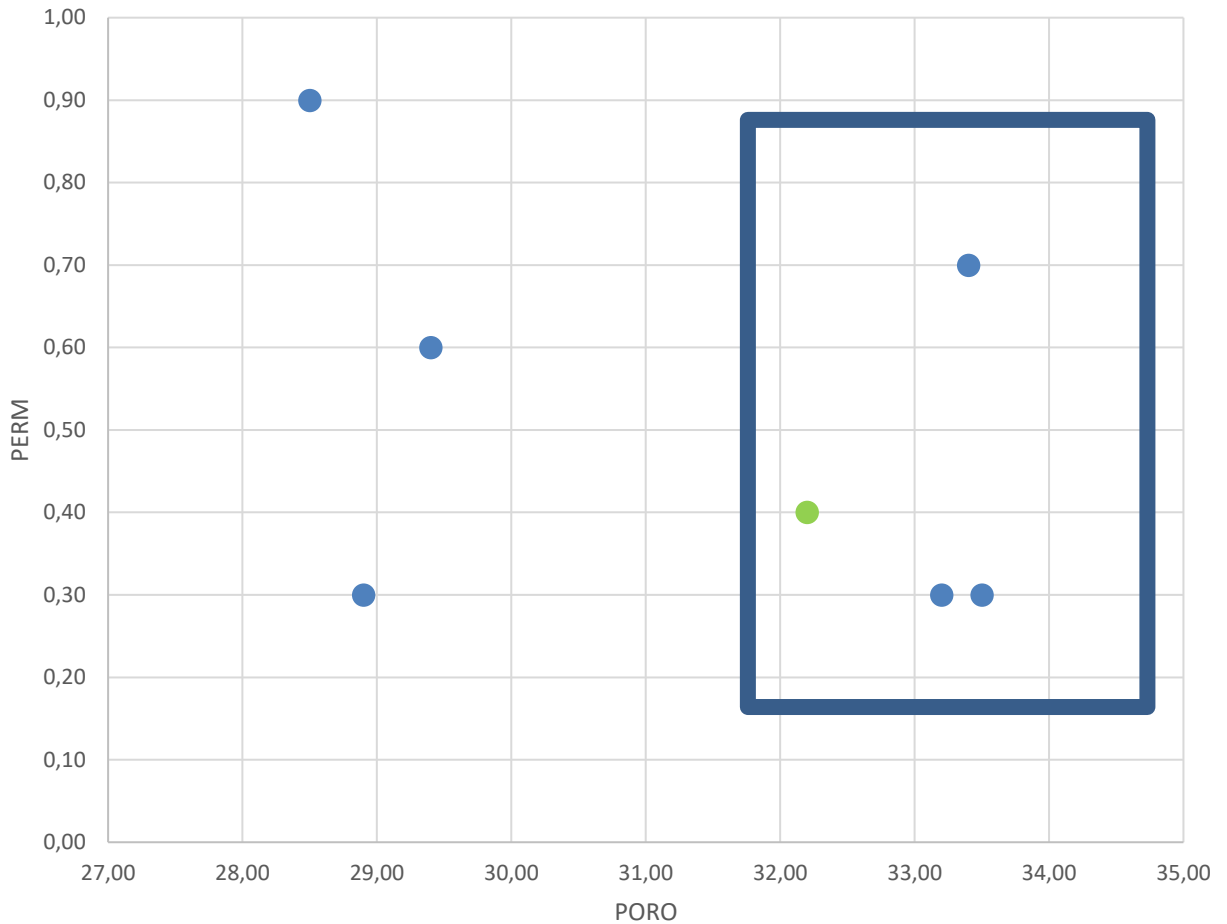


Рис. 14. Результаты исследования глинистой перемычки

Для определенного значения глубины были выбраны фильтрационно-емкостные свойства глинистой перемычки, также облако примерных значений, которыми можно варьировать, показанных на рисунке 14.

Фильтрационно-емкостные свойства глинистой перемычки:

пористость – 32,2;

проницаемость – 0,4 мД;

мощность перемычки – 1 м.

2.2 СОЗДАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Для моделирования прорыва воды через глинистую перемычку необходимо определить ее геометрические и физические свойства, влияющие на процесс прорыва. В качестве геометрических параметров используются толщина перемычки, ее длина и ширина, а также расположение скважин и их глубина.

Чтобы определить физические свойства глинистой перемычки, проводятся исследования ее пористости, проницаемости и плотности.

Также необходимо учесть изменение свойств глинистой перемычки при насыщении ее водой и изменении давления в системе. Для моделирования скважин необходимо определить их параметры, такие как радиус, длину, уровень депрессии и скорость добычи газа. Эти параметры влияют на процесс прорыва воды и определяются на основе данных об эксплуатации реальных скважин.

Анализ результатов моделирования позволяет определить предельные значения депрессии, которые должны быть соблюдены при эксплуатации скважин, чтобы предотвратить прорыв воды в газовую залежь. Также анализ результатов позволяет определить влияние различных параметров на процесс прорыва воды.

Для успешного моделирования прорыва воды через глинистую перемычку к горизонтальным скважинам необходимо определить параметры модели скважины, которые будут включены в моделирование. Это важный этап создания гидродинамической модели, так как правильно выбранные параметры гарантируют точность результатов моделирования.

Первым параметром, необходимым для моделирования, является размер горизонтальной скважины. Он влияет на расстояние между скважинами и может варьироваться в зависимости от геологических условий. Также необходимо учитывать глубину скважины, которая определяет количество поверхностей соприкосновения глинистой перемычки и пористой структуры.

Второй параметр – проницаемость, которая определяет возможность проникновения жидкости через горизонтальную скважину в газовую залежь. Этот параметр может быть определен на основе результатов бурения скважины и лабораторных исследований проб почвы и породы.

Третий параметр – прочность глинистой перемычки, определяющая ее способность выдерживать давление воды. Также необходимо учитывать площадь контакта перемычки и скважины, чтобы определить скорость проникновения влаги и ее влияние на газовую залежь. Кроме того, необходимо

учитывать характеристики газовой залежи, такие как объем газа и давление, которые будут определять параметры газоотдачи при добыче.

Созданная в рамках магистерской диссертации фильтрационная модель, состоит из нескольких файлов, которые регулируются головным файлом, имеющим формат .data. В данном файле описаны основные характеристики, которыми обладает гидродинамическая модель. Например, задаются размеры сеточной области, начальные запасы нефти и газа, проницаемость, вязкость, расположение скважин и многое другое. Так же, при помощи .data файла происходит подключение второстепенных, блоков параметров. С помощью ключевого слова «INCLUDE», к модели подключаются PVT-свойства, ОФП, Так же отдельно от .data файла подключается раздел «SUMMARY», в которой находится список данных, записываемых в файлы с результатами расчёта.

Всего в data-файле контроль модели происходит с помощью данных основных модулей:

1. RUNSPEC – задает начало секции, содержащей данные, необходимые для спецификации модели нефтегазового месторождения.
2. GRID – задает начало секции, содержащей данные, необходимые для описания гидродинамической модели на прямоугольной сетке.
3. PROPS – задает начало секции, содержащей данные, необходимые для задания свойств флюидов, содержащихся в пласте, и самого пласта.
4. REGIONS – задает начало секции, содержащей данные, описывающие регионы.
5. SOLUTION – задает начало секции, содержащей данные, определяющие начальное состояние каждого сеточного блока пласта.
6. SUMMARY – задает начало секции, содержащей список данных, которые будут записываться в файлы с результатами расчета.
7. SCHEDULE – задает начало секции, содержащей данные по скважинам.

За начальное пластовое давление взято значение с месторождения X (115 бар). Варианты гидродинамической модели составлены с учетом изменения данных параметров:

1. Проницаемость.
2. Мощность глинистой перемычки.
3. Значение депрессии скважины, при котором производится эксплуатация.

Суммарно было создано и рассчитано 72 варианта гидродинамической модели, представленных в таблице 3.

Таблица 3

№ варианта	Проницаемость, мД	Мощность глинистой перемычки, м	Депрессия, бар
1 (1)	0,4	1	5,77
1 (2)	0,4	2	5,77
1 (3)	0,4	3	5,77
1 (4)	0,5	1	5,77
1 (5)	0,5	2	5,77
1 (6)	0,5	3	5,77
1 (7)	0,3	1	5,77
1 (8)	0,3	2	5,77
1 (9)	0,3	3	5,77
2 (1)	0,4	1	11,54
2 (2)	0,4	2	11,54
2 (3)	0,4	3	11,54
2 (4)	0,5	1	11,54
2 (5)	0,5	2	11,54
2 (6)	0,5	3	11,54
2 (7)	0,3	1	11,54
2 (8)	0,3	2	11,54
2 (9)	0,3	3	11,54
3 (1)	0,4	1	17,31
3 (2)	0,4	2	17,31
3 (3)	0,4	3	17,31

Продолжение таблицы 3

3 (4)	0,5	1	17,31
3 (5)	0,5	2	17,31
3 (6)	0,5	3	17,31
3 (7)	0,3	1	17,31
3 (8)	0,3	2	17,31
3 (9)	0,3	3	17,31
4 (1)	0,4	1	23,08
4 (2)	0,4	2	23,08
4 (3)	0,4	3	23,08
4 (4)	0,5	1	23,08
4 (5)	0,5	2	23,08
4 (6)	0,5	3	23,08
4 (7)	0,3	1	23,08
4 (8)	0,3	2	23,08
4 (9)	0,3	3	23,08
5 (1)	0,4	1	28,85
5 (2)	0,4	2	28,85
5 (3)	0,4	3	28,85
5 (4)	0,5	1	28,85
5 (5)	0,5	2	28,85
5 (6)	0,5	3	28,85
5 (7)	0,3	1	28,85
5 (8)	0,3	2	28,85
5 (9)	0,3	3	28,85
6 (1)	0,4	1	34,62
6 (2)	0,4	2	34,62
6 (3)	0,4	3	34,62
6 (4)	0,5	1	34,62
6 (5)	0,5	2	34,62
6 (6)	0,5	3	34,62
6 (7)	0,3	1	34,62
6 (8)	0,3	2	34,62
6 (9)	0,3	3	34,62

Продолжение таблицы 3

7 (1)	0,4	1	40,39
7 (2)	0,4	2	40,39
7 (3)	0,4	3	40,39
7 (4)	0,5	1	40,39
7 (5)	0,5	2	40,39
7 (6)	0,5	3	40,39
7 (7)	0,3	1	40,39
7 (8)	0,3	2	40,39
7 (9)	0,3	3	40,39
8 (1)	0,4	1	46,16
8 (2)	0,4	2	46,16
8 (3)	0,4	3	46,16
8 (4)	0,5	1	46,16
8 (5)	0,5	2	46,16
8 (6)	0,5	3	46,16
8 (7)	0,3	1	46,16
8 (8)	0,3	2	46,16
8 (9)	0,3	3	46,16

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

3.1. АНАЛИЗ ОТДЕЛЬНО ВЗЯТЫХ ГРУПП ВАРИАНТОВ

Для повышения точности моделирования необходимо учитывать воздействие физических и геологических факторов на прорыв воды. Это могут быть внешние факторы, такие как изменение давления и температуры внутри скважины, а также геологические факторы, включая состав и толщину породы. В итоге, определение параметров модели скважины включает в себя учет множества факторов, влияющих на процесс прорыва воды через глинистую перемычку.

Для подробного описания процесса прорыва была разработана модель глинистой перемычки и ее свойств, влияющих на данную задачу, такие как пористость и проницаемость. Определение параметров модели скважины также является важным шагом в моделировании прорыва воды, так как они сильно влияют на депрессию и тем самым на вероятность прорыва воды в газовую залежь.

Было проведено моделирование прорыва воды при различных условиях, например, при изменении давления или скорости добычи газа. Эти параметры оказывают значительное влияние на вероятность прорыва воды, поэтому было важно проанализировать результаты моделирования при различных условиях. Анализ результатов моделирования позволил определить предельные значения депрессии, при которых вероятность прорыва воды в газовую залежь становится критически высокой.

Этот анализ позволил выявить оптимальные значения параметров скважины и глинистой перемычки для того, чтобы минимизировать вероятность прорыва воды и увеличить производительность скважин. Таким образом, проведение гидродинамического моделирования прорыва воды через глинистую перемычку к горизонтальным скважинам при различных условиях позволило более точно определить оптимальные параметры модели, что в свою очередь может существенно повлиять на производительность газовой скважины и предотвращение прорыва воды в газовую залежь.

Представлены графики с группировкой по депрессии скважины.

Расшифровка вариантов и его параметров указана в таблице 3.

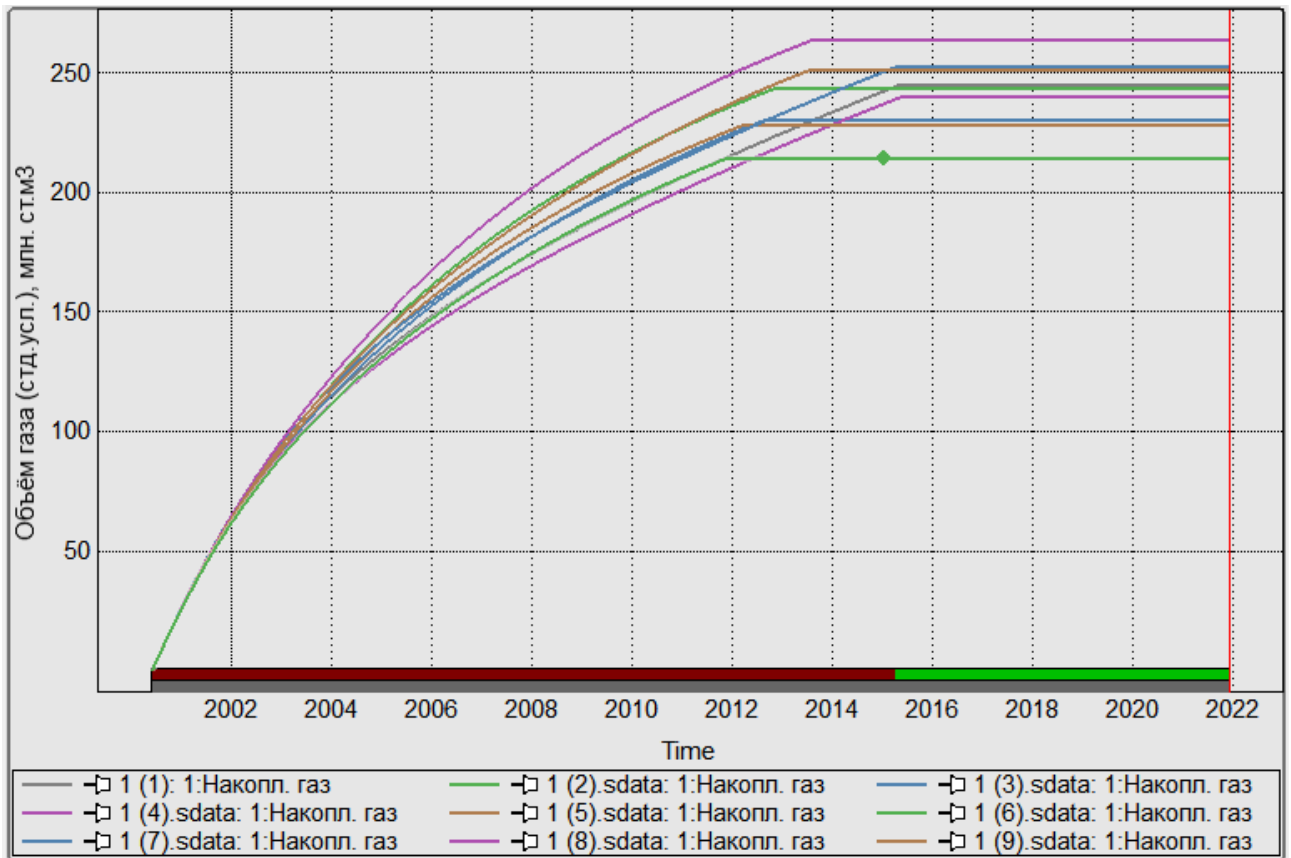


Рис. 15. График сравнения результатов моделирования при депрессии 5.77 бар

Результаты моделирования при значении депрессии 5.77, представленные на рисунке 15, наибольшее значение накопленного газа у варианта 1(8), наименьшее значение накопленного газа у модели 1(6).

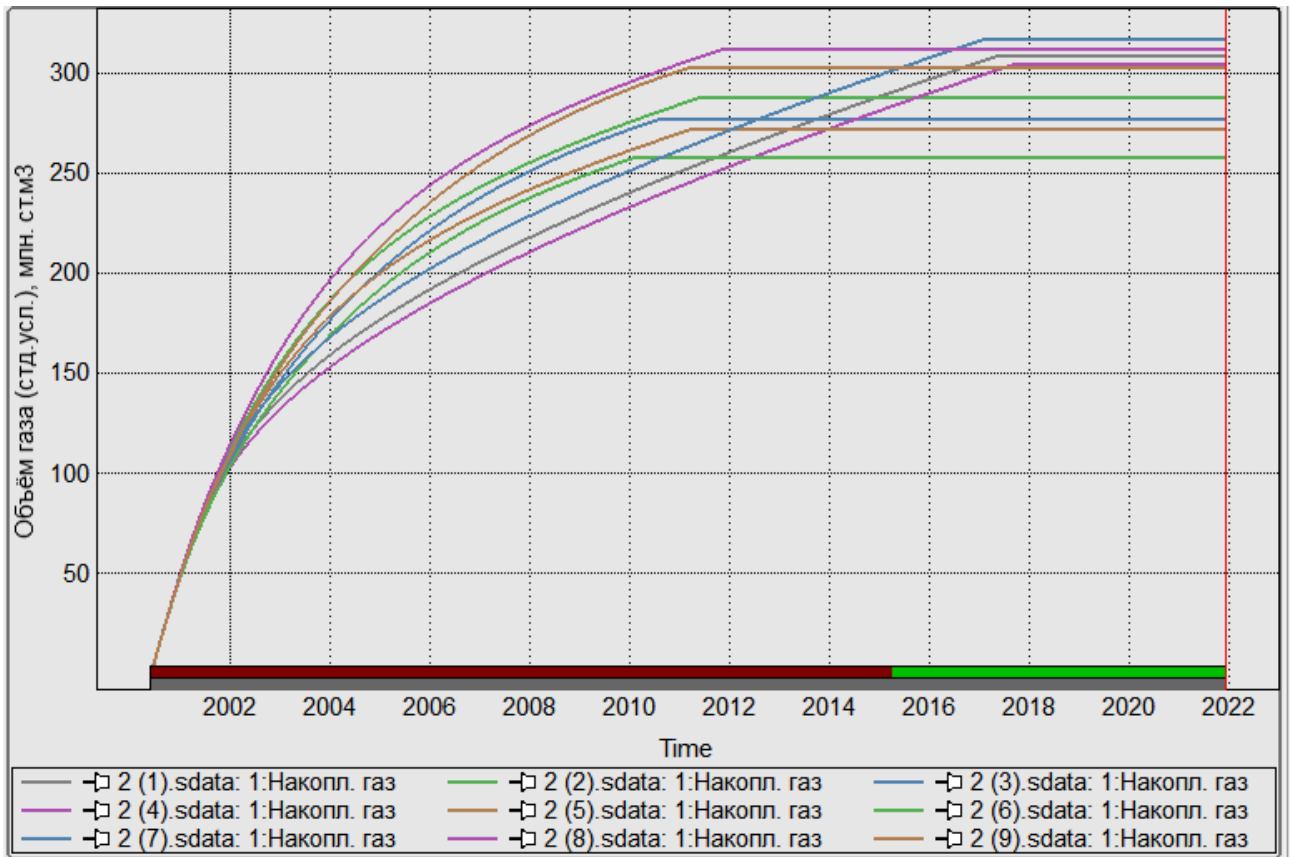


Рис. 16. График сравнения результатов моделирования при депрессии 11.54 бар

Результаты моделирования при значении депрессии 11.54, представленные на рисунке 16, наибольшее значение накопленного газа у варианта 2(7), наименьшее значение накопленного газа у модели 2(6).

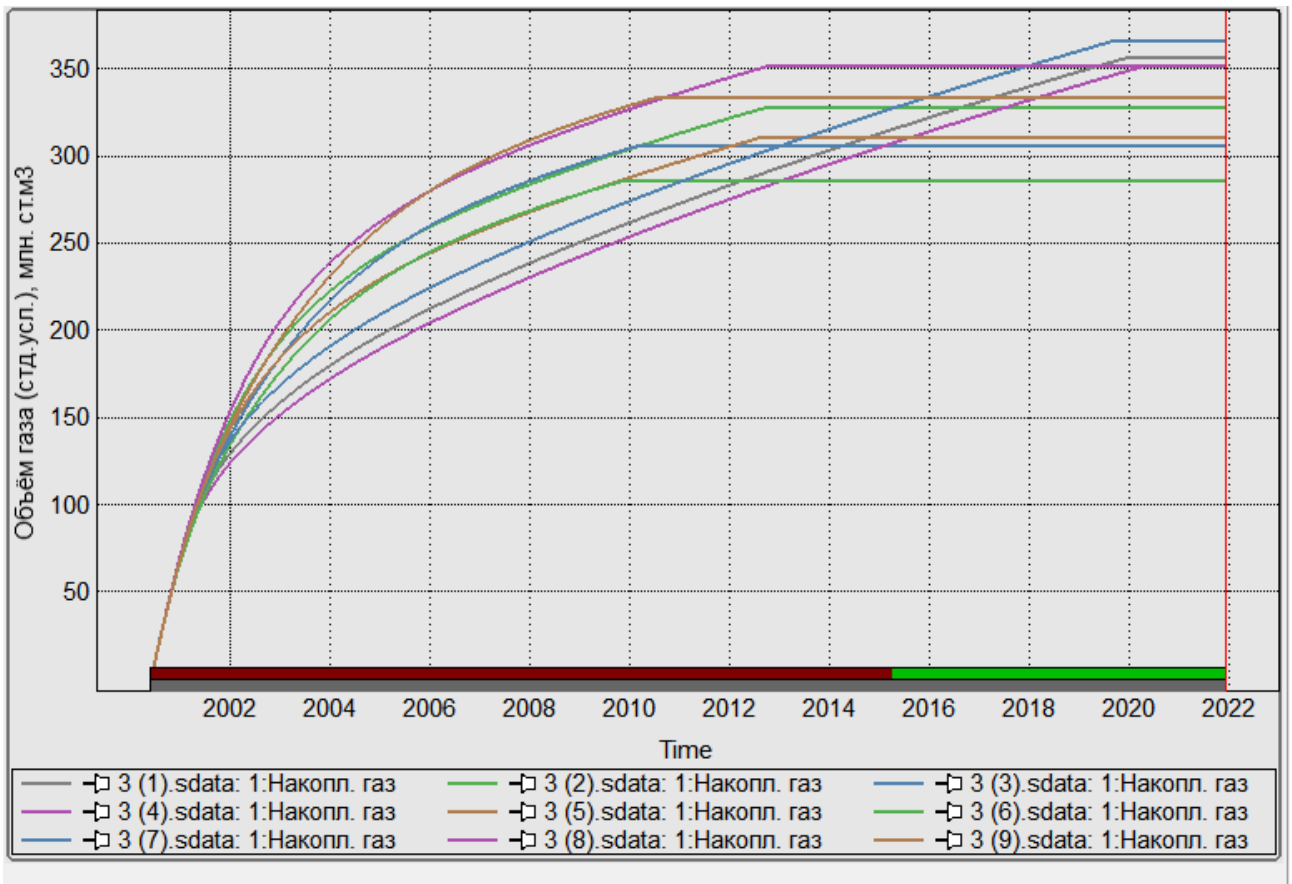


Рис. 17. График сравнения результатов моделирования при депрессии 17.31 бар

Результаты моделирования при значении депрессии 17.31, представленные на рисунке 17, наибольшее значение накопленного газа у варианта 3(7), наименьшее значение накопленного газа у модели 3(6).

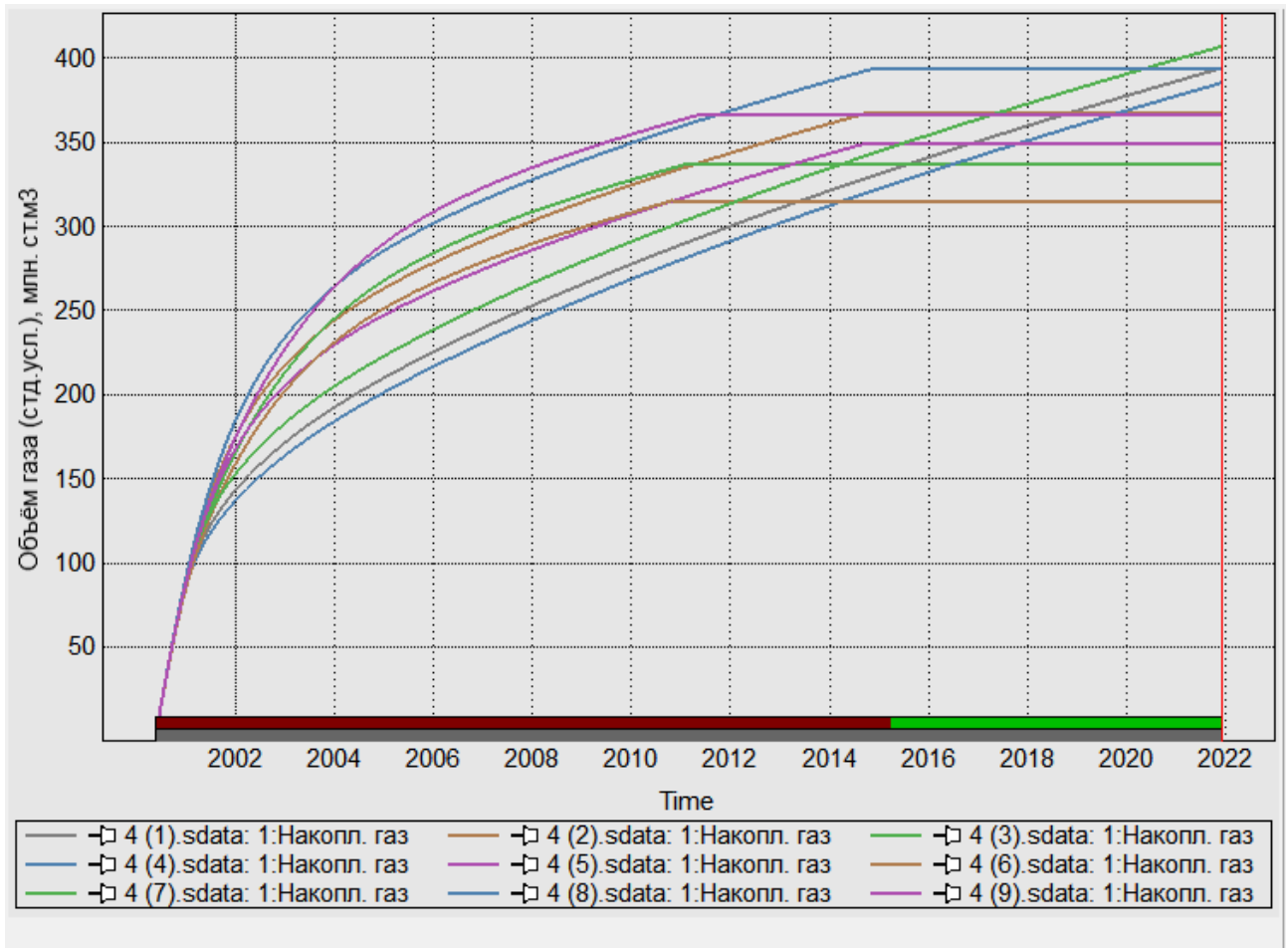


Рис. 18. График сравнения результатов моделирования при депрессии 23.08 бар

Результаты моделирования при значении депрессии 23.08, представленные на рисунке 18, наибольшее значение накопленного газа у варианта 4(7), наименьшее значение накопленного газа у модели 4(6).

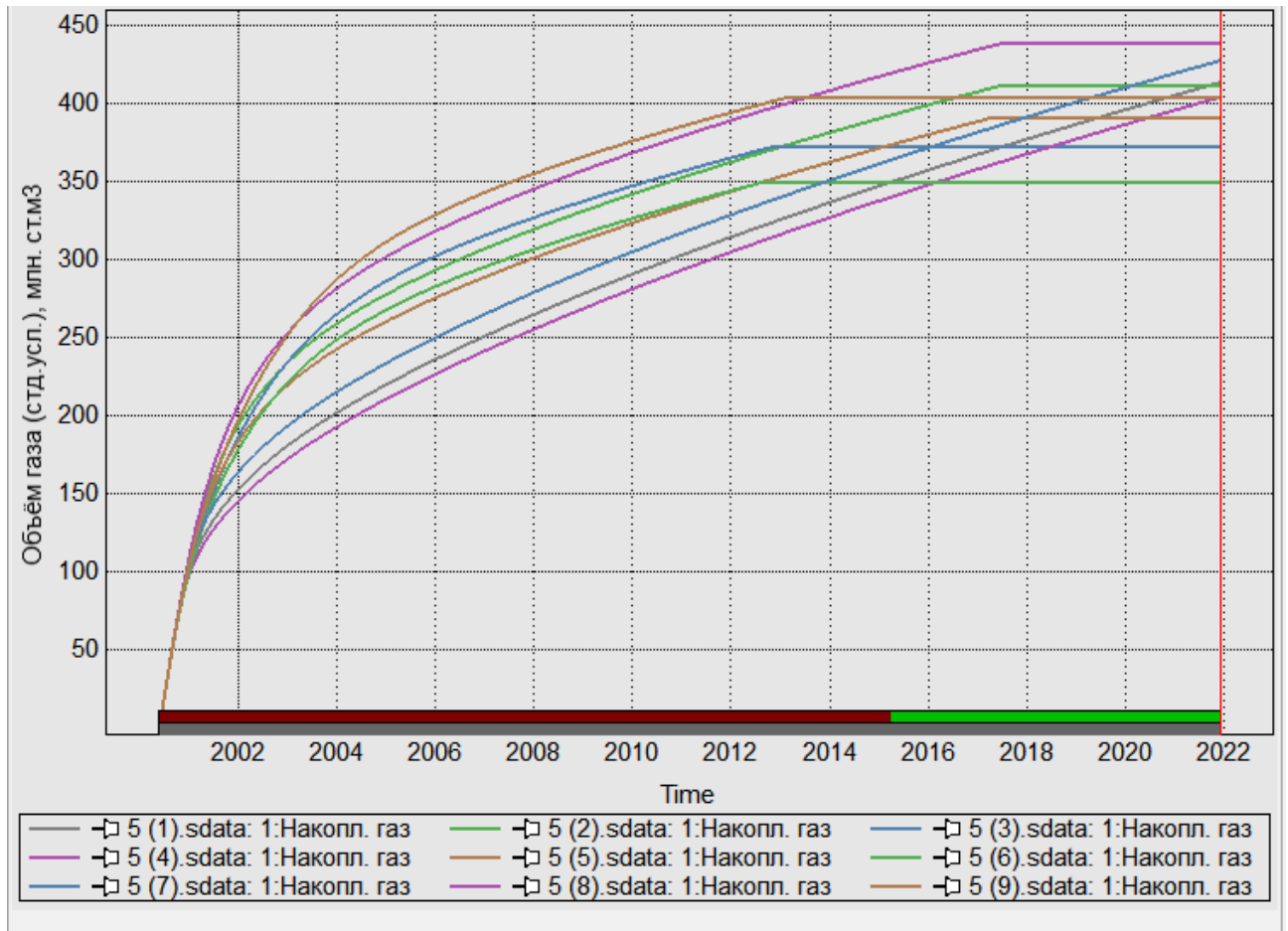


Рис. 19. График сравнения результатов моделирования при депрессии 28.85 бар

Результаты моделирования при значении депрессии 28.85, представленные на рисунке 19, наибольшее значение накопленного газа у варианта 5(8), наименьшее значение накопленного газа у модели 5(6).

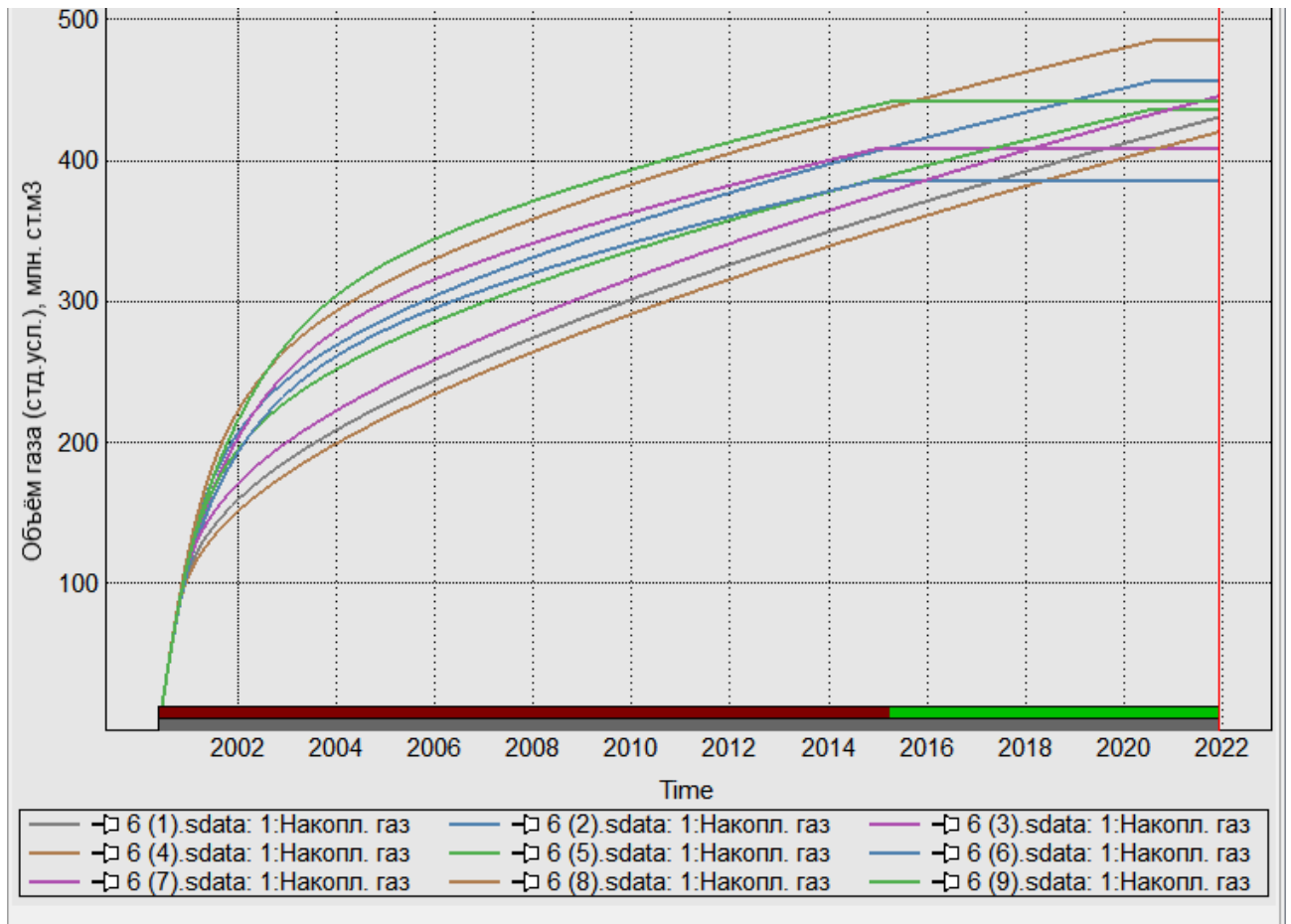


Рис. 20. График сравнения результатов моделирования при депрессии 34.62 бар

Результаты моделирования при значении депрессии 34.62, представленные на рисунке 20, наибольшее значение накопленного газа у варианта 6(8), наименьшее значение накопленного газа у модели 6(6).

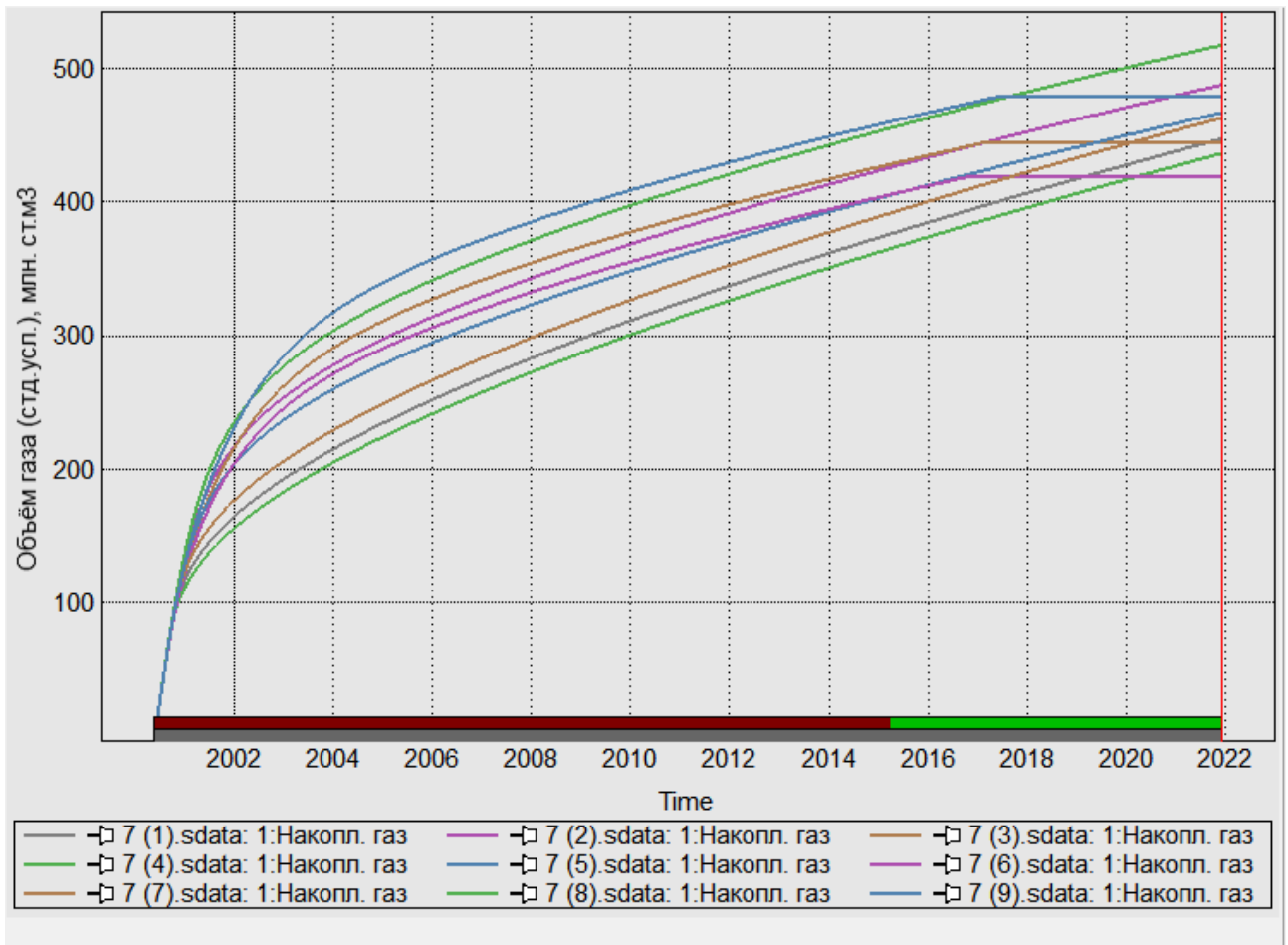


Рис. 21. График сравнения результатов моделирования при депрессии 40.39 бар

Результаты моделирования при значении депрессии 40.39, представленные на рисунке 21, наибольшее значение накопленного газа у варианта 7(8), наименьшее значение накопленного газа у модели 7(6).

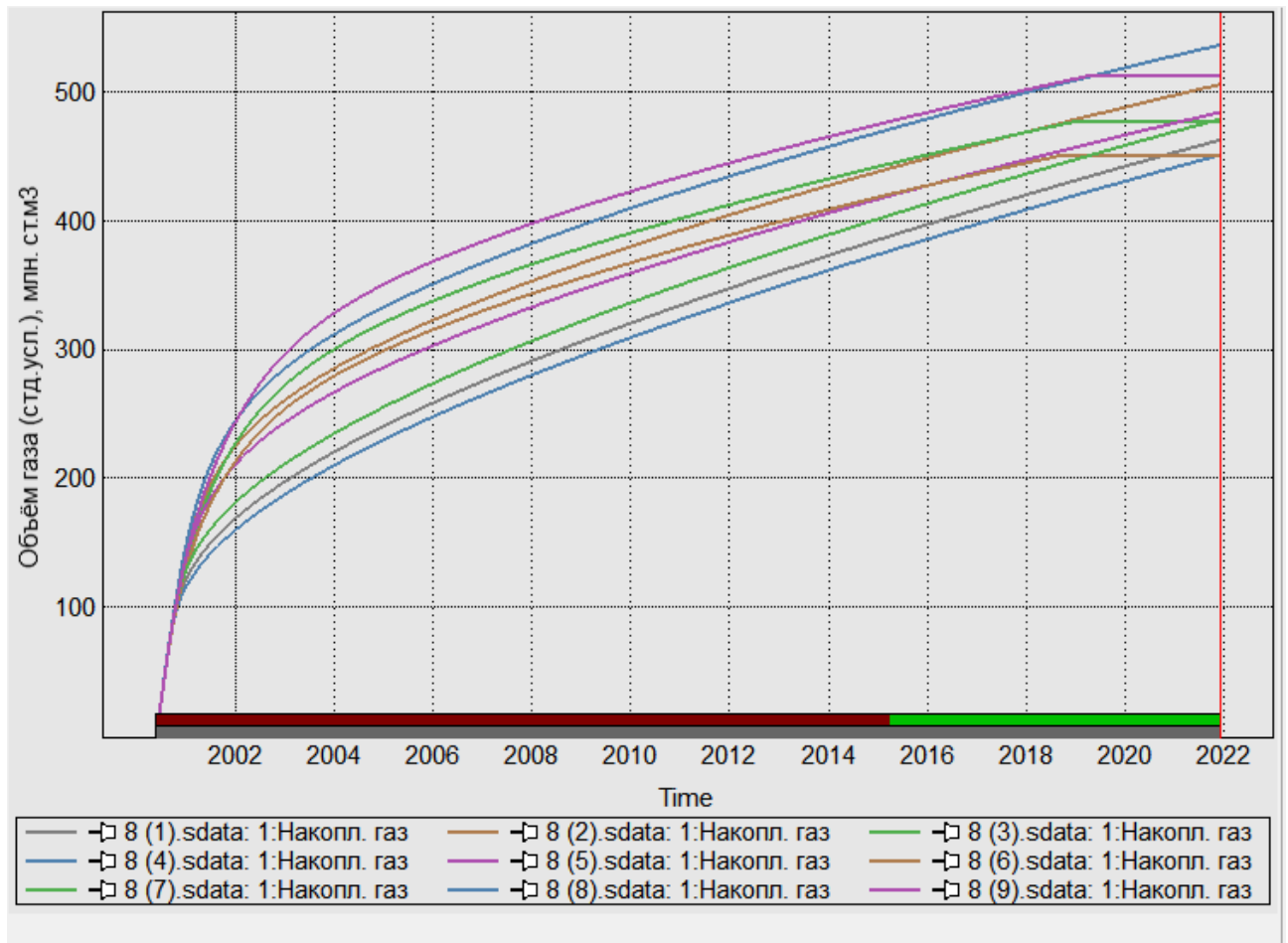


Рис. 22. График сравнения результатов моделирования при депрессии 46.16 бар

Результаты моделирования при значении депрессии 46.16, представленные на рисунке 22, наибольшее значение накопленного газа у варианта 8(8), наименьшее значение накопленного газа у модели 8(4) и 8(6).

3.2. ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГАЗА ОТ ДЕПРЕССИИ

Исходя из данных, полученных в предыдущем разделе можно выделить некоторые выводы:

- средний вариант с наибольшим значением накопленного газа n(7,8);
- средний вариант с наименьшим значением накопленного газа n(6);
- наибольшее значение накопленного газа (536,97 млн. м³) наблюдается в варианте 8(8), что соответствует параметрам модели: проницаемость 0,3; мощность глинистой перемычки 2 метра; значение депрессии 46,16 бар;

- наименьшее значение накопленного газа (214,48 млн. м³) наблюдается в варианте 1(б), что соответствует параметрам модели: проницаемость 0,5; мощность глинистой перемычки 3 метра; значение депрессии 5,77 бар.

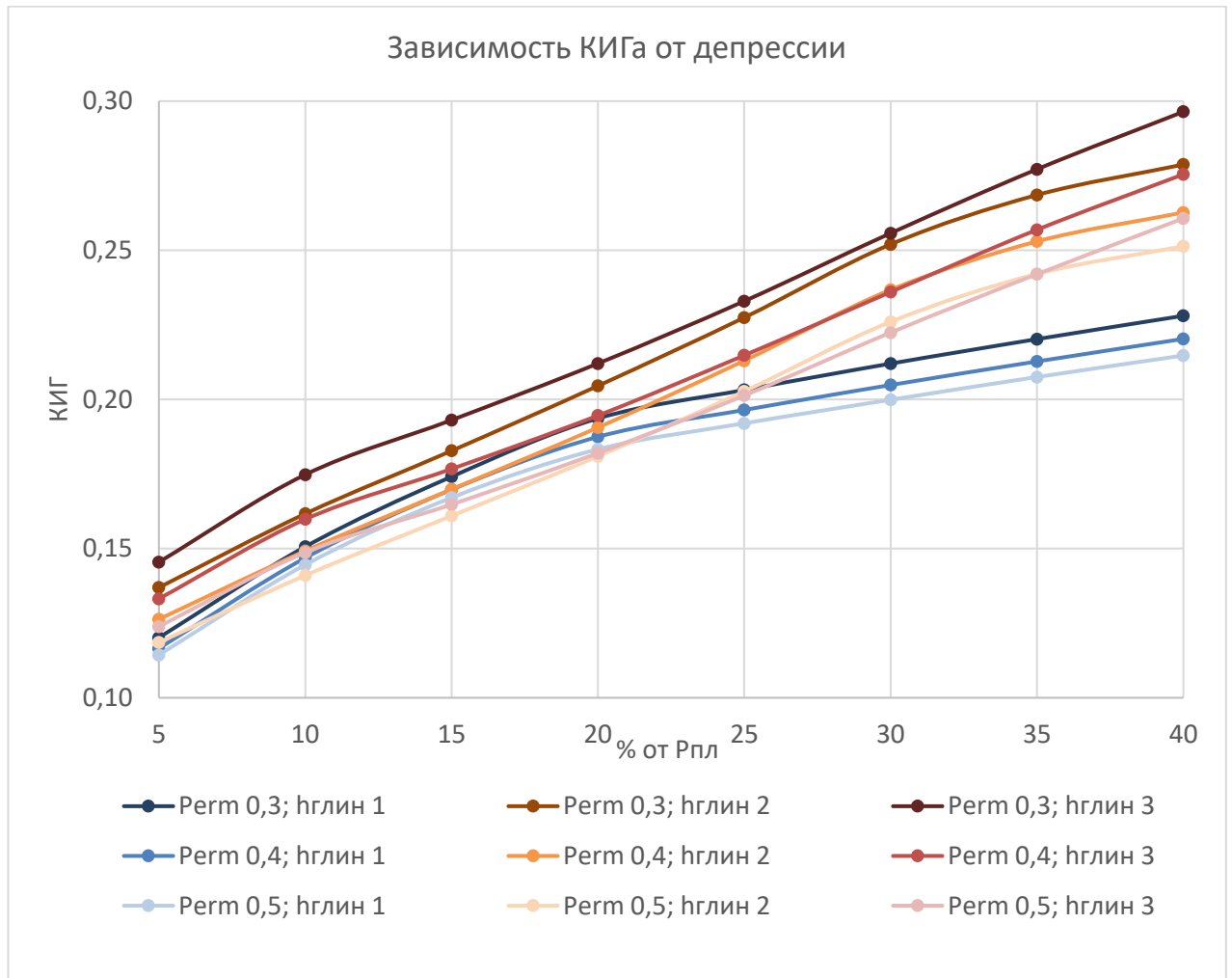


Рис. 24. График зависимости коэффициента извлечения газа от депрессии

По результатам моделирования была построена зависимость коэффициента извлечения газа от депрессии, по данной зависимости можно определять при определенных геологических и технологических параметрах режим эксплуатации скважины вблизи регионов месторождения X.

Наилучший КИГ наблюдается у модели с параметрами: проницаемость 0,3; мощность глинистой перемычки 3; депрессия 46,16 бар;

Наихудший КИГ наблюдается у модели с параметрами: проницаемость 0,5; мощность глинистой перемычки 1; депрессия 5,77 бар;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной магистерской диссертации была успешно реализована синтетическая гидродинамическая модель для исследования предельного значения депрессии, предотвращающей возникновение прорыва подошвенной воды через глинистую перемычку, разделяющую газовую и водяную зоны, к горизонтальным добывающим скважинам. Данная синтетическая модель позволила провести комплексное исследование по изучению влияния геолого-физических и технологических факторов на эффективность разработки газовой залежи. По результатам проведённых расчётов можно сделать следующие выводы:

1. Исторический опыт борьбы с прорывом воды к горизонтальным газовым добывающим скважинам показал, что наиболее оптимальным режимом эксплуатации является 40-50% от пластового давления.

2. Разработка газовых залежей горизонтальными скважинами, при наличии глинистой перемычки при правильно подобранных параметрах, повышает коэффициент извлечения газа.

3. Выявлена зависимость предельной депрессии, предотвращающей прорыв воды к добывающей скважине через глинистую перемычку, разделяющую газовую и водяную зону в зависимости от различных ФЕС перемычки.

В связи с чем настоящую ВКР можно считать завершённой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Aulie T, Asheim H, Oudeman P, et al. Experimental investigation of cresting and critical flow rate of horizontal wells. SPE Advanced Technology Series. 1995. 207-215 с.
2. Joseph Y. Fu, Xiangyan Yue, Li Lifeng Method of predicting the location of water cresting for horizontal wells in a water-drive reservoir for early prevention, 2020. 2-5 с.
3. Muskat M.A. Note on a Problem in Potential Theory. // Journ. Appl. Physics, vol. 8, No. 6, 1937. 140 с.
4. Ping Y., Zhimin D., Xiaofan C. The critical rate of horizontal wells in bottomwater reservoirs with an impermeable barrier, 2012. 4 с.
5. Qin, W. New Cold Production Technique for Heavy Oil with Strong Bottom Water Drive. 2011, 279 с.
6. Wycoff R.D., Botset H. G. The Flow of Gas-Liquid Mixtures through Unconsolidated Sands, 1936. 763 с.
7. Авчян Г.М. Физические свойства осадочных пород при высоких давлениях и температурах. М: Недра, 1972, 416 с.
8. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004, 416 с.
9. Арефьев С.В. Оценка эффективности реализованной системы разработки на объектах с нефтяной оторочкой нефтегазоконденсатного месторождения, 2022, 6 с.
10. Бенсон Л. А. Физико-математическая модель притока к скважине в газоконденсатном пласте, 2018, 133 с.
11. Гольдберг В.М., Скворцов Н.П. Проницаемость и фильтрация в глинах. М.: Недра, 1986. 200 с.
12. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. М.: Стройиздат, 1971. 178 с.

13. Горланов А.А. Адаптации геолого-технологической модели с использованием сейсмогеологического анализа на примере месторождения ЯНАО, 2021. 36 с.
14. ГОСТ 39-195-86. Нефть. Метод определения коэффициента вытеснения нефти водой в лабораторных условиях, 1986. 16 с.
15. ГОСТ 39-235-89. Нефть. Метод определения фазовых проницаемостей в лабораторных условиях при совместной стационарной фильтрации, 1989 г. 37 с.
16. Давыдова О.П. Методика оценки изменения напряженного состояния пород в процессе разработки, 2011. 17 с.
17. Добрынин В.М. Деформации и изменения физических свойств коллекторов нефти и газа. М.: Недра, 1970. 56 с.
18. Добрынин В.М., Городнов А.В., Черноглазов В.Н. Опыт применения технологии обработки и интерпретации волнового акустического каротажа для изучения нефтяных и газовых скважин. «Геофизика», 2001 № 4, 65 с.
19. Дорофеев Н.В., Талдыкин С.А., Калугин А.А., Бочкарев А.В. Причины и пути минимизации прорыва газа в добывающие скважины на месторождении им. Ю. Корчагина. 2019. 11 с.
20. Иванова М.М., Дементьев Л.Ф., Чоловский И.П. Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки месторождений нефти и газа, 1985. 421 с.
21. Крылов В.А. Особенности конусообразования при разработке месторождений нефти и методы борьбы с ними, 2003. 10 с.
22. Кузнецов М.А., Севастьянова К.К., Нехаев С.А. Стохастические методы оценки эффективности стратегии освоения месторождений арктического шельфа, 2011. 158 с.
23. Лейбензон Л.С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. Государственное издание технико-теоретической литературы, 1947. 244 с.
24. Магара К. Уплотнение пород и миграция флюидов. Прикладная геология нефти. М.: Недра, 1982. 48 с.

25. Маринин В.И. Физическое моделирование процессов вытеснения на примере нефтяной оторочки Ен-Яхинского нефтегазоконденсатного месторождения, 2011. 20 с.
26. Марморштейн Л.М. Коллекторские и экранирующие свойства осадочных пород при различных термобарических условиях. Ленинград: Недра, 1975. 48 с.
27. Мартос В.Н., Умариев Т.М. Проблемы и способы разработки газонефтяных и газонефтеконденсатных месторождений 1987. 187 с.
28. Маскет М. Физические основы технологии добычи нефти. Перев. с англ. М.-Л.: Гостоптехиздат, 1953. 608 с.
29. Новокрещенных Д.А., Распопов А.В. Перспективы развития технологий радиального вскрытия пласта на месторождениях Пермского края // Нефтяное хозяйство. 2014. № 3. 54–57 с.
30. Орлов Д.М. Комплексное экспериментальное исследование двухфазного течения в коллекторах Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения и разработка методики количественной оценки влияния условий фильтрации на относительные фазовые проницаемости 2017. 190 с.
31. Постановление Госкомстата от 23 июня 1999 г. №46 «Об утверждении «методологических положений по расчету топливноэнергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой».
32. Прозорова Г.Н., Доценко В.В., Резников А.Н., Тимофеев А.А. Геология и геохимия нефти и газа: Электронное Учебное пособие (для вузов) / Под ред. А.Н. Резникова. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2008. 245 с.
33. Рассохин С.Г. Физическое моделирование двухфазной фильтрации на керновых моделях пласта различной начальной водонасыщенности и абсолютной, 2010. 103 с.
34. Степанов С.В. Комплекс вычислительных технологий для повышения качества моделирования разработки нефтяных и газонефтяных месторождений, 2016. 194 с.

35. Техническое руководство «Программа для моделирования процессов разработки нефтегазовых месторождений tNavigator, версия 4.1». М. 2014, 1709 с.
36. Томская Л.А., Краснов И.И., Мараков Д.А. Изоляционные технологии ограничения газопритоков в нефтяных скважинах месторождений Западной Сибири, 2016.
37. Тупысев М.К., Диагностика наличия и добыча остаточных запасов газа при обводнении газовых скважин в многопластовых залежах, 2020. 7 с.
38. Тупысев М.К. Особенности контроля за разработкой газовых месторождений на поздней стадии // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. 2016. Вып. 1(13). С. 14.
39. Чарный И.А. Подземная гидромеханика, 1948. 396 с.
40. Щелкачев В.Н. Расстановка скважин в пластах с водонапорным режимом. 1944. 320 с.
41. Щелкачев В.Н., Лапук Б.Б. Подземная гидравлика. М.–Л.: Гостоптехиздат, 1949. 736 с.
42. Эфрос Д.А. Исследование фильтрации неоднородных систем. М.: Гостоптехиздат, 1963. 353 с.
43. Эфрос Д.А. Определение фазовых проницаемостей и функций распределения при вытеснении нефти водой, 1956, 200 с.