

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические указания

по выполнению лабораторных работ по дисциплине

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ И
ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА**

Специальность
Специализация

21.05.02 Прикладная геология
Геология месторождений нефти и газа

Ставрополь, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Геологические основы проектирования и эксплуатации месторождений углеводородов и подземных хранилищ газа» читается специалистам специальности 21.05.02 Прикладная геология, чтобы ознакомить студентов с геологическими особенностями создания подземных хранилищ газа на базе водоносных структур или выработанных месторождений УВ и ролью подземных хранилищ газа в единой системе газоснабжения России.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. Системы геолого-промыслового контроля эксплуатации подземных хранилищ газа ПХГ).....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. Система контроля за эксплуатацией ПХГ с большой площадью газоносности и значительными запасами активного и буферного газа	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. Система контроля за эксплуатацией ПХГ месторождений УВ с проявлением водонапорного режима.....	19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. Система контроля за герметичностью ПХГ.....	22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. Анализ создания и эксплуатации ПХГ в водоносном пласте.....	34
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. Технологические проекты создания временных ПХГ попутного нефтяного газа.....	42
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. Особенности создания и эксплуатации ПХГ в истощенных месторождения.....	52
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8. Анализ создания и эксплуатации ПХГ в отложениях каменной соли	61
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9. Подземное захоронение промышленных выбросов и гидрогеологический контроль за закачкой промстоков на ПХГ и месторождениях УВ.....	73

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

СИСТЕМЫ ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВОГО КОНТРОЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА (ПХГ)

Цель. Познакомить студентов с системами контроля за созданием и эксплуатацией ПХГ.

Теоретическая часть. Подземное хранилище газа, созданное в пористом пласте, является сложной системой, включающей следующие элементы: пласт, скважины, наземное оборудование. Поведение этой системы зависит от многих факторов и поэтому требует постоянного контроля (мониторинга) за ее устойчивой и безопасной работой.

Одним из решающих критериев, определяющим степень эффективности контроля за созданием и эксплуатацией ПХГ с большой площадью газоносности и значительными запасами активного и буферного газа, является наличие и правильное размещение по площади сети оптимального числа наблюдательных скважин, которые в полном объеме и с высокой информативностью обеспечивали бы получение материалов различных видов исследований и промысловых наблюдений. В качестве примера организации такого контроля приводится опыт Северо-Ставропольского подземного хранилища газа (СС ПХГ).

Многолетний опыт разработки Северо-Ставропольского газового месторождения, а в дальнейшем эксплуатации его в качестве подземного хранилища газа, показал, что комплексный подход к использованию различных видов наблюдений, исследований и организация высокоэффективной системы контроля за работой объекта позволяют надежно и эффективно эксплуатировать подземное хранилище газа на любой стадии его создания.

Предусматриваются следующие виды контроля: 1) контроль технологических процессов, происходящих в газовой залежи; 2) контроль и

наблюдения за герметичностью ПХГ; 3) контроль за верхними водоносными горизонтами. Второй и третий пункты на создаваемом ПХГ внедрены, и выполняются практически полностью.

Эффективность контроля по второму и третьему пункту была достигнута в результате создания разветвленной сети наблюдательных скважин на все вышележащие горизонты и отдельные пласты (как газовые, так и водоносные), представленные на Северо-Ставропольской и Пелагиадинской площадях. В настоящее время создана сеть из тринадцати кустов контрольно наблюдательных скважин за чокракским, конко-караганским и мамайскими горизонтами. При создании этой сети и при бурении скважин на мамайский горизонт (скв. 5дн, 6дн) было опровергнуто предположение о формировании техногенной залежи в мамайском горизонте. По всем этим скважинам ведется регулярный контроль, строятся карты изобар, и пока нет предпосылок утверждать, что нарушена покрышка и создается техногенная залежь в верхних горизонтах. Основными причинами повышенной газонасыщенности верхних горизонтов являются заколонные перетоки, связанные с негерметичностью обсадной колонны и ее крепи (скв. 111сс, 158сс, 75сс, 113сс, рисунки 1, 2), а также природная газонасыщенность (верхний майкоп, чокрак, конк-караган, сармат). Необходимо не забывать о постоянной необходимости совершенствования системы контроля по второму и третьему пунктам.

Что касается первого пункта, то, как показал накопленный опыт эксплуатации хранилища, отдельные виды контроля за технологическими процессами, происходящими в пласте, являются недостаточно

эффективными и в ряде случаев требуют дальнейшего совершенства.

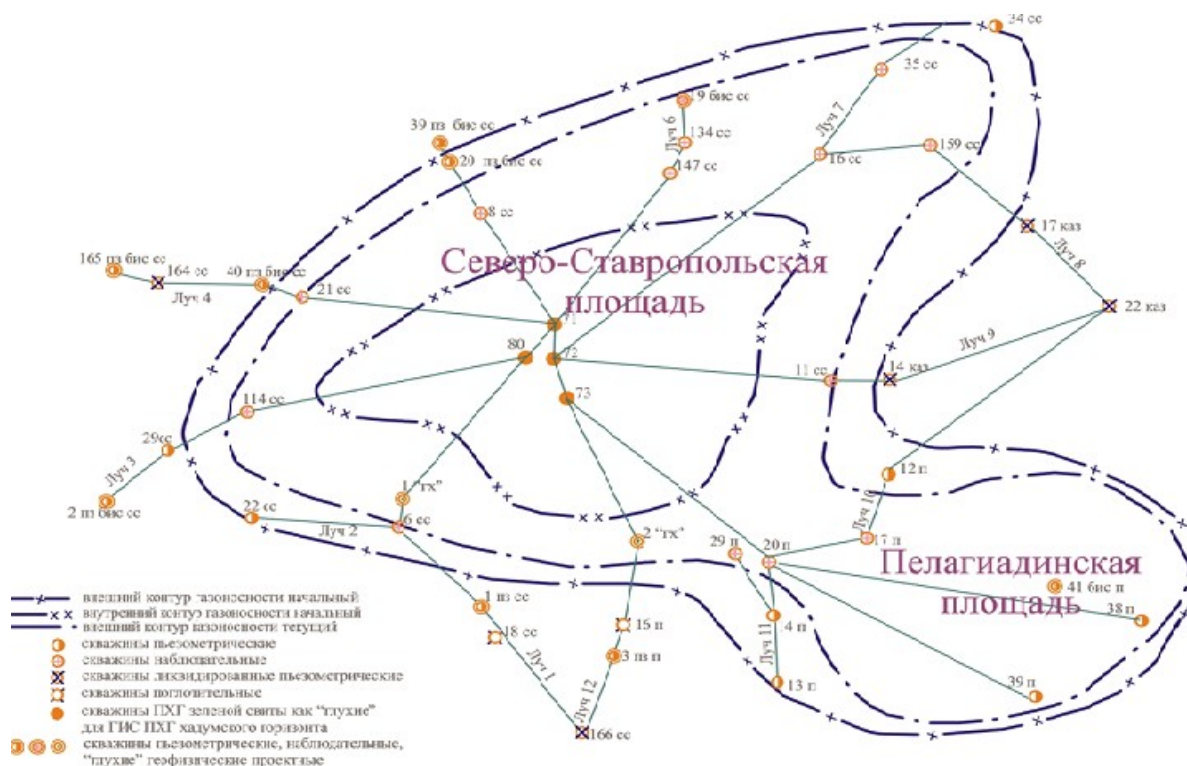


Рисунок 1. Схема расположения контрольных и наблюдательных скважин в хадумском горизонте СС ПХГ

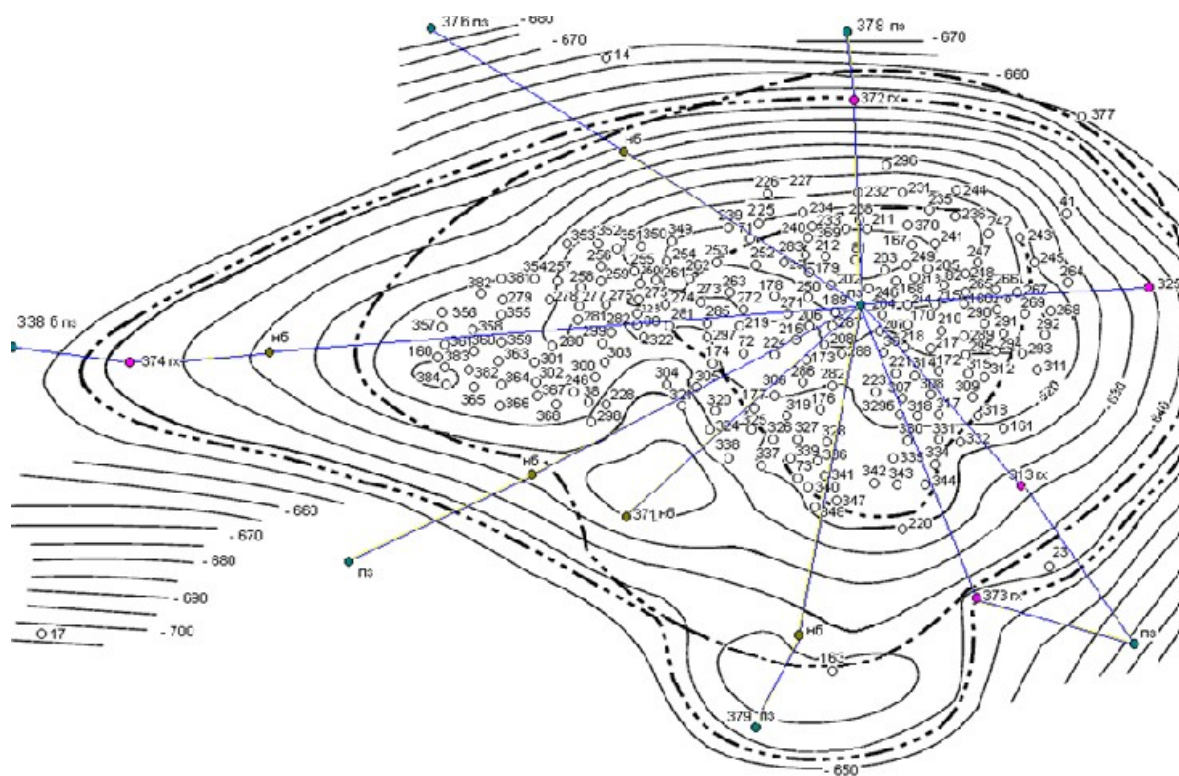


Рисунок 2. Схема расположения контрольных и наблюдательных скважин в горизонте зелёная свита СС ПХГ

Данный вид контроля включает в себя комплекс исследовательских и экспериментальных работ, промысловых наблюдений по изучению и анализу

основных параметров пласта и газогидродинамических, геохимических и др. процессов, происходящих в пласте, а именно:

1. Контроль и изучение динамики пластового давления в продуктивной толще хадумских отложений. Скважины, в которых регулярно производится замер пластовых давлений, относительно равномерно расположены по территории хранилища, поэтому карты изобар строятся достаточно достоверно. Необходимо отметить, что распределение давления по пласту является на сегодняшний день для ПХГ в хадумском горизонте и горизонте зеленой свиты одним из основных параметров для составления технологического режима и схемы подключения скважин в отбор или закачку. На основании результатов, систематически проводимых замеров пластового давления, изучаются следующие параметры и технологические показатели:

- характер поведения пластового давления в газовой части пласта в процессе закачки и отбора газа;
- динамика давления и его распределения в законтурной области хадумского горизонта;
- распределение пластового давления по разрезу продуктивной толщи, в отдельных пачках, имеющих различное литолого-фациальное строение и коллекторские свойства;
- режим работы ПХГ во времени;
- характер и интенсивность переточных процессов газа по пласту из зон с высоким давлением (зона нагнетания-отбора) в периферийные районы, не участвующие в эксплуатации;
- оперативный анализ динамики пластового давления в отдельных районах, участках и областях ПХГ, позволяющий осуществлять регулирование отборов и закачки газа в пласт в оптимальных режимах эксплуатации ПХГ.

2. Исследование процессов, происходящих в пласте, методом промысловой геофизики и газодинамических исследований скважин.

Использование комплексного подхода к изучению пластовых процессов с помощью ГИС и ГДИ должно позволить решить на ПХГ следующие задачи и проблемы его эксплуатации:

- изучить характер газонасыщения пластов в процессе закачки и отбора газа в отдельных районах ПХГ;
- уточнить состояние обводненности пластов в приконтурных областях хадумского горизонта и текущее положение газоводяного контакта;
- уточнить текущий газонасыщенный объем подземного хранилища газа в хадумском горизонте;
- изучить продуктивную характеристику эксплуатационных скважин, динамику ее во времени, состояние отработки пластов в продуктивной толще, распределение и динамику фильтрационно-емкостных параметров по площади и во времени и др.;
- обобщение результатов этих исследований позволит определить состояние и контролировать формирование газонасыщенного объема и более объективно формировать технологический режим работы каждой скважины, различных зон и ПХГ в целом.
- намечать и планировать мероприятия по раскальматированию и очистке призабойных зон пласта и повышению производительности скважин;
- изучить динамику температуры пласта в отдельных районах ПХГ.

Анализ геофизического материала, накопленного при бурении 250 скважин, расположенных в различных зонах ПХГ, который был выполнен в рамках Программы Управления ПХГ и ЖУ (ОАО «Газпром») по работе с низкодебитными скважинами показал, что хадумский горизонт и горизонт зеленой свиты крайне не однородны по своим фильтрационно-емкостным свойствам. Поэтому предыдущее представление, что эксплуатационные горизонты – это газовые баллоны, и строить на этом стратегию и тактику их эксплуатации неверно. Начинать, прежде всего, необходимо с геолого-геофизической модели ПХГ, построенной на основе материала, полученного

при ГИС-бурении скважин ПХГ. Это должно служить основой для создания и схемы контроля, основой для построения технологических моделей и основой для эффективной эксплуатации ПХГ. Поэтому сейчас создаётся такая модель сначала по ПХГ в зеленой свите. После отработки механизма, в том числе и программного построения такой модели, планируется перейти к созданию геолого-геофизической модели по хадумскому горизонту, верхним горизонтам, а затем в целом по ПХГ.

3. Проведение геохимических и гидрогеологических исследований и промысловых наблюдений за количественным и качественным составом закачиваемых и отбираемых флюидов:

- контроль за химическим составом газа в отдельных районах ПХГ, а также закачиваемого и добываемого, с целью определения его компонентного состава, в т.ч. включая агрессивные компоненты (CO_2 , H_2S , меркаптаны и др.);
- контроль за химическим составом газа, скапливающегося в межколонном пространстве скважин;
- исследование химического состава проб жидкости, добываемой вместе с газом;
- изучение и определение качественного, химического, фракционного состава твердых осадков, скапливающихся в отдельных узлах системы (забой скважины - компрессорная станция) и установление природы его происхождения.

Практика показала, что одним из решающих критериев, определяющим степень эффективности контроля за созданием и эксплуатацией ПХГ с большой площадью газоносности и значительными запасами активного и буферного газа, является наличие и правильное размещение по площади сети оптимального числа наблюдательных скважин, которые в полном объеме и с высокой информативностью обеспечивали бы получение материалов различных видов исследований и промысловых наблюдений.

Наблюдательский фонд должен состоять из следующих категорий скважин:

- наблюдательные и пьезометрические скважины, вскрывающие пласт-коллектор в газовой и водоносной части, используемые для наблюдения за изменением давления и уровня, получения сведений об интенсивности продвижения пластовых вод, обобщения материалов о динамике водонапорной системы при работе хранилища в закачке и отборе газа, составе флюидов и др.;

- геофизические, неперфорированные на пласт-коллектор и используемые для контроля за положением ГВК и за изменением газонасыщенности пластов.

В процессе разработки природных залежей Северо-Ставропольского месторождения такие сети наблюдательных скважин (за исключением геофизических) были практически созданы. Основная часть скважин этого фонда создана из числа разведочных, размещенных в приконтурной области залежи и за ее пределами (пьезотермические).

В дальнейшем, после изучения процессов, происходящих в пласте на завершающей стадии разработки залежей, некоторые из этих скважин ликвидированы как выполнившие свое назначение, некоторые ликвидированы по техническим причинам, ввиду их несоответствия предъявляемым требованиям к наблюдательным скважинам.

Отдельные скважины, например, скв. 18сс и 16п, были переведены в поглотительные и использовались для закачки промстоков.

Вопросы и задания.

1. Ознакомьтесь с основными видами наблюдений, исследований и особенностей организации системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского подземного хранилища газа на различных стадиях его создания.

2. Охарактеризуйте эффективность контроля и наблюдений за герметичностью СС ПХГ, а также контроля за верхними водоносными горизонтами.

3. Перечислите и охарактеризуйте комплекс работ и наблюдений, позволяющий проводить контроль технологических процессов, происходящих в газовой залежи.

4. Приведите характеристику основных критериев, определяющих степень эффективности контроля за созданием и эксплуатацией ПХГ с большой площадью газоносности и значительными запасами активного и буферного газа.

Контрольные вопросы:

1. Какие категории скважин входят в наблюдательский фонд?
2. Решающие критерии, определяющие степень эффективности контроля за созданием и эксплуатацией ПХГ с большой площадью газоносности и значительными запасами активного и буферного газа.
3. Виды геохимических и гидрогеологических исследований и промысловых наблюдений на ПХГ.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме.

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).
2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИгаз, 1992. 21 с.
3. Правила создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в прористых пластах. ВНИИГАЗ. 1994 г.
4. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по

разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗА ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ПХГ С БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДЬЮ ГАЗОНОСНОСТИ И ЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ ЗАПАСАМИ АКТИВНОГО И БУФЕРНОГО ГАЗА

Цель. Познакомить студентов с системами контроля за эксплуатацией ПХГ с большой площадью газоносности и значительными запасами активного и буферного газа.

Теоретическая часть.

В процессе разработки хадумской залежи Северо-Ставропольского месторождения при общем фонде эксплуатационных скважин – 161, наблюдательный фонд составлял 18 скважин, т.е. сеть наблюдательных скважин (за исключением геофизических) была практически создана. Основная часть скважин наблюдательного фонда была создана из числа разведочных скважин, размещенных в приконтурной области залежи и за ее пределами (пьезометрические).

В настоящее время при общем эксплуатационном фонде 632 скважины в пределах горного отвода площадью более 680 км² наблюдательный фонд составляет 67 скважин, из них пьезометрических – 10 и наблюдательных – 57.

Из пьезометрических скважин 2 скважины (19п, 39п) расположены внутри контура газоносности, а остальные (34, 12п, 38п, 13п, 14п, 29, 21, 6) расположены за пределами контура газоносности.

Из наблюдательных скважин 26 расположены на Пелагиадинской площади, т.е. за пределами зоны отбора – закачки газа, 11 скважин (62, 85, 86, 145, 55, 115, 146, 144, 59, 156 и 11) расположены на перешейке, 15 скважин (147, 134, 127, 117, 132, 10, 131, 130, 116, 16, 128, 24, 35, 802 и 159) - в северо-восточной части хранилища, т.е. так же за пределами зоны закачки –

отбора газа, по 2 скважине расположены в южной (78, 564) и западной (114, 143) частях хранилища и одна скважина (22) – на юго-западе хранилища за пределами внешнего контура газоносности. "Глухих" геофизических скважин на ПХГ-хадум нет.

В процессе эксплуатации ПХГ-хадум установлены ряд факторов, которые требуют более углубленного изучения и которые могут повлиять на технико-технологические показатели работы хранилища.

Так, установлено, что в южную газоносную часть хранилища происходит поступление пластовой воды. Об этом свидетельствует обводнение наблюдательных скважин 14п и подъем ГВК в скважине 6сс.

В то же время отмечается появление газа в скв. 20сс, 21сс, 29сс, 16п, расположенных в западной и юго-западной и южной частях хранилища, а также увеличение коэффициента газонасыщенности и толщины газонасыщенности пластов по скв. 19сс, 11сс.

В связи с намечаемым расширением Северо-Ставропольского ПХГ и доведением объема активного газа до более 20 млрд м³ газа будет происходить дальнейший рост пластового давления в активной зоне хранилища. Очевидно, что этот фактор в определенной степени будет влиять на активизацию процесса дальнейшего увеличения газонасыщенного объема хранилища. Ожидается, что это увеличение будет происходить в пределах первоначального контура газоносности. В то же время, учитывая большие размеры площади газоносности, изменчивость коллекторских свойств пласта по площади и по разрезу, неравномерность в распределении пластового давления в пределах площади газоносности ПХГ, не исключено, что в отдельных районах ПХГ возможно дальнейшее внедрение пластовых вод в газонасыщенную часть пласта, а в других частях хранилища – растекание газа за пределы горного отвода.

Указанное выше расположение наблюдательных скважин и их состояние не позволяет в полной мере выполнить требования "Регламента контроля эксплуатации Северо-Ставропольского ПХГ", а так же установить

причины поступления пластовой воды в газовую часть хранилища (скв. 6сс) и растекания газа за пределы текущего внешнего контура газоносности (скв. 29сс, 16п).

В этой связи к настоящему времени на ПХГ в хадумском горизонте назрела необходимость в совершенствовании существующей системы контроля и в повышении ее надежности и эффектности.

С целью совершенствования существующей системы контроля за основными параметрами пласта и процессами, происходящими в газовой и водоносной частях хадумского горизонта, ООО «Кавказтрансгаз» совместно с ОАО «СевКавНИПИгаз» предлагается расширить сеть наблюдательных скважин по многолучевой (или многопрофильной) схеме с расположением их на каждом луче (или профиле) таким образом, чтобы часть наблюдательных скважин находилась в газовой зоне пласта и одна-две скважины в законтурной области.

Для условий СС ПХГ в хадумском горизонте предлагается 12 лучей (профилей). Схема расположения лучей (профилей) и наблюдательных скважин, а также типы наблюдательных скважин, показаны на рисунке 2.

Луч 1 представлен скважинами: 1гх «глухая» геофизическая, подлежащая бурению, 6сс пьезометрическая и 18сс, находящаяся практически на внешнем контуре газоносности и используемая в настоящее время как поглощающая, и 166 ныне ликвидированная и в случае невозможности восстановления требуется бурение дублера.

Луч 2 представлен скважинами 22сс – наблюдательная, 6сс – пьезометрическая, 111, 57 эксплуатационные.

Луч 3 состоит из скважин: 1 пьезометрическая, подлежащая бурению, 29 пьезометрическая, 114 наблюдательная, 141, 121, 46, 57 эксплуатационные.

Луч 4 состоит из следующих скважин: скв. 21сс, по которой данным радиоактивного каротажа продуктивный пласт характеризовался как водонасыщенный с остаточной газонасыщенностью, не превышающий 20 –

25 %. В настоящее время по данным ГИС верхняя часть пласта в этой скважине характеризуется высокими аномалиями вторичного гамма излучения, что свидетельствует о газонасыщенности пласта. В этот луч также рекомендуется включить бывшие пьезометрические, а ныне ликвидированные скв. 40сс, 184сс, 165сс.

В луч 5 должны войти скважины: 8сс, которую следует перевести из эксплуатационной в наблюдательные, скв. 20сс, 39 бывшая пьезометрическая, а ныне ликвидированная.

Луч 6 будет представлен скважинами: эксплуатационными 100, 792 (на пачку переслаивания), наблюдательными 802, 147, 134 и пьезометрической 19, 37сс – ныне ликвидированной.

Луч 7 предлагает создать из двух наблюдательных скважин 16сс и 35сс, а также пьезометрической скв. 34сс.

Луч 8 создается из скважин: наблюдательной 159сс – газовой ликвидированной, пьезометрической скв. 17 Казинского месторождения, пьезометрической скв. 22каз и газовой скв. 16каз. В случае невозможности восстановления ликвидированной скважины 17каз, рекомендуется пробурить новую пьезометрическую скв. 17каз бис, которая одновременно будет входить в луч 9.

Луч 9 предусматривается создать из скважин: 11сс, расположенной близко к внешнему контуру газоносности, ликвидированной скв. 14 Казинского месторождения, требующей восстановления. В этом же луче будут задействованы и наблюдательные скв. 16каз, 22каз.

Луч 10 рекомендуется составить из наблюдательной скв. 17 и пьезометрической скв. 12п.

Луч 11 состоит из следующих скважин: наблюдательных 29п и 20п и пьезометрических скв. 13 и 14 Пелагиадинской площади. В случае отсутствия возможности использования скв. 13п в качестве пьезометрической (из-за расположения ее в охранной зоне) вместо нее рекомендуется пробурить ее дублер скв. 13п пз бис примерно в 3,0 – 3,5 км

южнее 14п, т.е. практически в приграничной зоне начального контура газоносности хадумского горизонта.

Луч 12 предлагается создать из следующих скважин: наблюдательной 2гх «полуглухой» геофизической, подлежащей бурению, пьезометрической скв. 16п, используемой в настоящее время в качестве поглотительной и бывшей пьезометрической, а ныне ликвидированной скв. 16бсс.

Наряду с исследованиями процессов, происходящих в приконтурной зоне, также необходимо целенаправленное изучение динамики газонасыщенности пород и других параметров пласта продуктивной толщи хадумских отложений непосредственной в зоне нагнетания – отбор газа, а также в водоплавающей части хадумского горизонта. В этой связи рекомендуется создать два профиля (продольный и поперечный) из скважин как наблюдательного, так и эксплуатационного фонда. Продольный профиль фактически будет являться продолжением луча 3 и состоять из следующих скважин: 114, 141, 121, 46, 57, 54, 29п, 33п, 19п и обводнившийся скв. 38п. Поперечный же профиль будет являться продолжением луча 6 и состоять из скв. 19сс, 134, 147, 802, 57, 111, 6сс, которая входит в луч 1.

Для реализации предлагаемой системы контроля необходимо:

1. Пробурить 3 новые скважины (1гх, 1пз, 2гх).
2. Провести обследование ликвидированных и эксплуатационных скважин на предмет пригодности их в качестве наблюдательных.

Если по результатам обследования они будут признаны непригодными, то вместо них необходимо бурение дублеров. Так необходимо будет пробурить 9 скважин – дублеров (166, 20, 39, 19, 37, 34сс и 14каз, 17каз, 13п).

3. Провести восстановительные и другие работы (промывка песчаных пробок, разбуривание цементных мостов) на более чем 10 скважинах.

Несмотря на такой объем работ, создание предложенной системы контроля позволит решать ряд актуальных задач эксплуатации ПХГ и оценить следующие основные параметры законтурной системы:

- площадь распространения зоны возмущения;
- характер ее распространения в отдельных районах законтурной системы;
- динамику распределения перепада давления между газовой и водоносной частями пласта;
- характер изменения химического состава флюидов в различных районах ПХГ;
- совместно с другими методами исследования уточнить текущее положение газо-водяного контакта в ПХГ хадумского горизонта.

Создание дополнительных и восстановление ранее ликвидированных скважин в западной, северо-западной и юго-западной частях Северо-Ставропольской площади особо необходимо, так как эти районы хранилища характеризуются более активным влиянием водонапорной системы за счет регионального направления движения пластовых вод с запада на восток и наиболее высокими коллекторскими свойствами пород пласта, что может благоприятно отразиться на локальном вторжении пластовых вод в продуктивный пласт.

Кроме этого полученные данные исследований по наблюдательным и, особенно, геофизическим скважинам могут быть основой для создания ныне отсутствующей методики определения коэффициента газонасыщенности отдельных зон и пласта в целом. Отсутствие такой методики в значительной степени затрудняет оценку динамики газонасыщения пластов во времени, характера изменений K_g по площади хранилища и особенно в приконтурных районах в случае появления газа в ранее обводненных скважинах, уточнения текущего положения ГВК, затрудняет решение таких практических вопросов как состояние призабойных зон скважин, степень их закольматированности, изучить причины низкой производительности скважин.

Создание предлагаемой системы контроля будет так же отвечать требованиям настоящего времени в части разработки геолого-геофизической модели свойств пласта хадумского горизонта, разработки технологической

модели и автоматизированной системы эксплуатации ПХГ, которые должны обеспечить оптимальные условия и высокую надежность работы объектов хранилища.

Вопросы и задания.

1. Охарактеризуйте систему контроля за эксплуатацией СС ПХГ в хадумском горизонте. Приведите причины, которые могут повлиять на технико-технологические показатели работы хранилища и свидетельствующие о необходимости совершенствования существующей системы контроля, повышении ее надежности и эффективности.

2. Перечислите элементы сети наблюдательных скважин по многолучевой (или многопрофильной) схеме и охарактеризуйте каждый из них.

3. Охарактеризуйте практические результаты внедрения предлагаемой системы контроля СС ПХГ в хадумском горизонте.

Контрольные вопросы:

1. Где расположены пьезометрические скважины?

2. Где расположены наблюдательные скважины?

3. Какие факторы, установленные в процессе эксплуатации ПХГ-хадум, требуют более углубленного изучения и которые могут повлиять на технико-технологические показатели работы хранилища?

4. Какие мероприятия намечается провести с целью совершенствования существующей системы контроля за основными параметрами пласта и процессами, происходящими в газовой и водоносной частях хадумского горизонта?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме.

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).

2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИгаз, 1992. 21 с.
3. Правила создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в прористых пластах. ВНИИГАЗ. 1994 г.
4. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗА ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ПХГ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ УВ С ПРОЯВЛЕНИЕМ ВОДОНАПОРНОГО РЕЖИМА

Цель. Познакомить студентов с особенностями контроля за эксплуатацией ПХГ с проявлением водонапорного режима.

Теоретическая часть. В процессе обработки залежи газа в зеленой свите попытки создать фонд пьезометрических скважин предпринимались неоднократно. Однако, исследования в таких скважинах сводились на нет из-за образования песчано-глинистых пробок, высота которых достигала несколько десятков метров выше интервала перфорации.

Но в настоящее время в ОАО «СевКавНИПИГаз» разработаны специальная технология вскрытия, и крепления пластов, оборудование забоев и фильтровой зоны, которые позволяют избежать ряд осложнений, в том числе пробкообразования в пьезометрических скважинах.

С использованием этих разработок предлагается усовершенствовать существующую систему контроля за эксплуатацией СС ПХГ в зеленой свите (рисунок 2):

1. Пробурить 4 новые пьезометрические скважины в водоносной части на востоке, юго-востоке, юго-западе и в куполе хранилища;

2. Перевести в категорию пьезометрических 5 геофизических скважин (376, 378, 379, 373 и 338бис), расположенных за пределами внешнего контура газоносности;

3. Пробурить 4 наблюдательные скважины: в южной, юго-западной, западной и северо-западной частях хранилища.

В конечном итоге будет создана лучевая система контроля. При этом каждый луч будет состоять из следующих категорий скважин: пьезометрическая – «глухая» геофизическая и (или) наблюдательная, вскрывающая газоносную и водоносную часть пласта – эксплуатационная.

С созданием новых скважин отпадает необходимость в «глухих» геофизических скв. 371, 163, которые могут быть переведены в эксплуатационный фонд ПХГ-хадум.

Создание предлагаемой системы контроля на ПХГ в горизонте зеленой свиты позволит:

- изучить характер изменения пластового давления во времени в законтурной области;
- определить фильтрационные параметры пластов в водоносной части;
- изучить гидродинамические связи пластов;
- определить радиус воронки депрессии и ее глубину;
- определить объем воды, вторгающейся (или оттесняемой) в газоносный пласт;
- оценить воздействие эксплуатации ПХГ на гидрогеоэкологическую обстановку.

Вопросы и задания.

1. Охарактеризуйте систему контроля за эксплуатацией СС ПХГ в горизонте зелёной свиты.

2. Перечислите элементы сети наблюдательных скважин по многолучевой (или многопрофильной) схеме и охарактеризуйте каждый из них.

3. Охарактеризуйте практические результаты внедрения предлагаемой системы контроля СС ПХ Г в горизонте зелёная свита.

Контрольные вопросы:

1. Система контроля, предложенная на СС ПХ Г в горизонте зелёная свита
2. Какие мероприятия необходимо провести для реализации этой системы?
3. Какие районы хранилища характеризуются более активным влиянием водонапорной системы?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме.

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).
2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИгаз, 1992. 21 с.
3. Правила создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в прористых пластах. ВНИИГАЗ. 1994 г.
4. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗА ГЕРМЕТИЧНОСТЬЮ ПХГ

Цель. Познакомить студентов с системами контроля за герметичностью ПХГ.

Теоретическая часть.

Чокракский горизонт залегает на размытой поверхности майкопских глин и литологически представлен зелеными, голубовато-зелеными, песчанистыми глинами, неслоистыми, бесструктурными, сильно известковистыми. В песчанистой глине отмечаются прослои мергеля и более частые прослои песка различной мощности, от нескольких сантиметров до 6 м. Песок светло-серый, мелкозернистый, кварцевый, в некоторых случаях сцементирован в слабый песчаник. Толщина горизонта колеблется от 5 до 16 м.

Газоносность чокракских отложений на Северо-Ставропольско-Пелагиадинской площади установлена в 1951 г. при опробовании в разведочных скв. 25, 26, 27, 28.

Газ из скв. 25, 28 использовался на местные нужды. За время эксплуатации из чокракской залежи добыто более 3,5 млн м³ газа. Начальное пластовое давление в залежи составляло 0,032 МПа.

Контур газоносности чокракской газовой залежи построен по данным опробования крелиусных скважин, пробуренных в 1960 г. На Северо-Ставропольской площади только в двух скважинах из 18 получен газ с водой (к-17, к-13), во всех остальных скважинах получены газ или вода.

Скважина к-14пк расположена в прогибе между Северо-Ставропольским поднятием и Пелагиадинской структурой. Скважина пробурена до глубины 367 м. При опробовании получен газ из чокракских и караганских отложений. По данным ГИС контакт газ-вода в скважине имеет абсолютную отметку плюс 124 м.

В скважине к-8, расположенной на южном крыле Северо-Ставропольского поднятия, контакт газ-вода принимается на отметке плюс 128 м.

В скважине к-9сс на юго-западном крыле, контакт газ-вода принимается на отметке плюс 123 м.

Скв. к-11сс расположена на западном крыле Северо-Ставропольского поднятия. Продуктивный горизонт залегает на абсолютных отметках плюс 119 - плюс 133 м. При опробовании в скважине был получен сухой газ. В скв. к-1сс, расположенной западнее к-11сс, кровля продуктивной пачки залегает на отметке плюс 109 м. В скважине была получена вода, контакт газ-вода определится на отметке плюс 113 м.

На северном крыле структуры в скважине к-2сс получен газ, а в скв. к-12сс, расположенной в 2,1 км к северо-северо-западу от скв. к-2, получена вода. Отметка контакта газ-вода на этом участке плюс 107 м.

В скв. к-5сс, расположенной на северо-восточном крыле, контакт газ-вода принимается на абсолютной отметке плюс 122 м.

Чокракская газовая залежь оконтуривается со всех сторон подпирающими крыльевыми водами. На Пелагиадинской площади газовая залежь с юга водой не оконтуривается. Залежь здесь экранируется за счет ухудшения коллекторских свойств, замещением песчаника и алевролита глиной.

Внутренний контур газоносности по абсолютным отметкам соответствует внешнему. Полученная при таком построении ошибка за счет негоризонтального положения поверхности контакта является незначительной (так как отклонение положения плоскости контакта от горизонтального незначительно) и не превышает точности замеров и построения.

Чокракские отложения согласно перекрываются караганскими. В нижней части караганские отложения представлены толщей темных и реже

светлых глин мощностью от 5 до 10 м, которые являются покрывкой для чокракского горизонта.

Выше отложения караганского горизонта представлены глинами с прослоями и реже конкрециями мергеля. Как правило, песчанистость горизонта довольно значительная и наряду с песчанистыми глинами наблюдаются мощные прослой песка, достигающие 6 - 9 м. В разрезе отмечается два реже три таких пласта, которые являются газонасыщенными.

Первые сведения о газоносности караганского горизонта были получены в 1910 г., когда в г. Ставрополе из скважины, пробуренной на воду, получен газ из средней песчаной части.

Первоначальное давление достигало от 97 до 260 мм ртутного столба, а дебиты - от 450 до 11800 м³/сут. Указанные залежи, расположенные в районе г. Ставрополя, длительное время эксплуатировались.

Важно отметить, что по чокракской и караганской газовым залежам, расположенным на территории горного отвода Северо-Ставропольского ПХГ, в 1960-х годах был проведен подсчет запасов. По чокракской залежи извлекаемые запасы составили 116,25 млн м³, а по караганской 147,1 млн м³.

Стратиграфически выше караганского горизонта выделяется конкский горизонт, который представлен переслаиванием темно-серых с зеленоватым оттенком слоистых глин с тонкослоистыми мергелистыми глинами и мергелями. Толщина конкских отложений колеблется в пределах 7 – 12 м.

Отложения конкского горизонта отличаются невыдержанностью по площади. При бурении крелиусных скважин, с целью оконтуривания газовых залежей в миоценовых отложениях, они встречены и опробованы в двух скважинах (к-1, к-11). В результате опробования получен приток газа со статическим давлением соответственно 0,032, 0,026 МПа и абсолютно свободным дебитом 900, 380 м³/сут.

При анализе данных геофизического материала по скважинам, пробуренным на СС ПХГ, выделяется 6 зон выклинивания конкских отложений: в северной, западной и юго-восточной частях площади. На

Пелагиадинской площади конкские отложения встречены в двух скважинах (2п, 10п). Во всех скважинах, в которых верхняя часть разреза исследована методами ГИС, конкский горизонт выделяется на каротажных диаграммах, как газонасыщенный. Сарматский ярус представлен отложениями нижнего и среднего сармата.

Нижняя часть литологически представлена глинами темно-серыми, местами почти черными не известковистыми слабосцементированными плотными, вязкими, слоистыми. В глинах наблюдаются присыпки и тонкие прослойки серого, тонкозернистого, слюдистого, кварцевого песка.

Верхняя часть характеризуется наличием глин, зеленовато-серых, и местами темно-серых, слоистых, в верхней части содержащих тонкие прослойки и линзочки серого, тонко-зернистого, кварцевого песка. Глины содержат прослой мергелей плотных, крепких, слоистых.

Толщина нижнего сармата изменяется на юге от 10 – 15 до 30 – 40 м на севере. Газоносность отложений нижнего сармата не установлена.

Средний сармат подразделяются на: мамайский, криптомактровый и холоднородниковский горизонты.

Отложения мамайского горизонта прослеживаются по всей площади и представлены пачкой мягких, слоистых, глинистых мергелей и мергелей переслаивающихся с мергелистыми и известковистыми глинами. Для указанных пород характерна зеленовато-серая и темно-серая окраска. Толщина горизонта колеблется от 7 до 15 м.

Газоносность мамайских отложений была установлена при бурении и опробовании разведочно-разгрузочных скважин в 1961 г.

Было пробурено 10 скважин с целью разгрузки верхних проницаемых горизонтов. Мамайский горизонт был опробован в 9 скважинах, в 5 получены притоки газа. Особый интерес представляет скв. 40г (разведочно-разгрузочная), пробуренная на западном окончании Пелагиадинской площади. В скважине опробованы отложения мамайского горизонта, где

было отмечено аномально высокое статическое давление (0,525 МПа). Скважина работала на разгрузку мамынского горизонта.

Особо необходимо отметить, что в отличие от других газонасыщенных или проницаемых горизонтов отложения мамынского горизонта на территории СС ПХГ выходят на дневную поверхность на юге и северо-востоке.

Криптомактровый горизонт, представленный преимущественно глинами, может рассматриваться в качестве покрышки для нижележащих проницаемых отложений. Толщина глин составляет 30 – 40 м.

Верхняя часть (холоднородниковский горизонт) представлена песками, песчаниками, известняками детритусовыми, раковинными, оолитовыми. В песчаной толще местами наблюдаются тонкие прослои светло-серого известняка и глин, мощность которых не превышает 1 - 3 см. Толщина горизонта на юге достигает 60 – 70, на севере 25 – 30 м.

Средним сарматом заканчивается разрез коренных отложений на Северо-Ставропольской площади.

Еще до открытия Северо-Ставропольского газового месторождения на площади отмечалось наличие грифонов и выходов газа на дневную поверхность, который использовался местными пастухами для приготовления пищи. Можно предположить, что именно наличие грифонов в этом районе было предпосылкой к проведению геологических и позднее буровых работ.

В 1959 г. на Северо-Ставропольской площади в связи с грифонообразованиями, вызванными аварией на скв. 51, проводились работы по изучению загазованности верхней части разреза, партией Г.А. Могилевского. Было установлено два очага загазованности караганских, конкских и сарматских отложений. Первый - в районе скв. 51 (северная часть ПХГ), второй - в районе села Ново-Марьевка (на юге ПХГ).

Газовые грифоны наблюдались на значительной площади в виде более шести изолированных участков: первый, ближайший к скв. 51, находился от

нее в 300 м к северо-востоку, второй участок расположен в 800 м от скв. 51 к северо-западу и северу, третий и четвертый участки были сосредоточены в юго-западной и северо-восточной окраинах с. Найденовка на расстоянии соответственно 4 и 5 км от скв. 51. Места выхода газа определялись условиями геологического строения верхней части разреза и рельефа.

В результате работ, проведенных Г.А. Могилевским в 1960 г., в целях изучения загазованности верхней части разреза, было пробурено 25 скважин, расположенных на семи разведочных линиях, из которых большая часть проходила по долинам рр. Чибрик, Руская, Вербовка, Медведка на юге и балок Найденовская, Московская на севере и востоке. Кроме того, одна линия разведочных скважин связала район скв. 51 с долиной р. Чибрик. Из указанного числа 16 скважин были пробурены до глубины 100 м остальные 9 до глубины 50 м.

В отношении вскрытия активных газопроявлений наиболее важные результаты получены в скважинах УРБ: 22 (с. Найденовка), 8, 10 (балка р. Русская), 12 (балка р. Вербовка).

В 1961 г. в юго-восточной части Северо-Ставропольской площади в районе хутора Русский и с. Рождественское проводилось бурение разведочно-разгрузочных скважин с целью разведки загазованности миоценовых отложений. Было пробурено и опробовано скв. 31г, 32г, 33г, 34г, 35г, 36г, 37г, 38г, 39г, 40г в районе х. Русский, 42г, 43г в районе с. Рождественское.

Разведочными работами уточнен контур газоносности в чокракских и караганских пластах в юго-западной части Северо-Ставропольско-Пелагиадинской площади. В местах загазованности мамынского горизонта там, где глинистый криптомактровый пласт нарушен или размывает поверхностной эрозией, загазованность разгружалась в атмосферу в виде грифонов.

Пластовые давления мамынского загазованного горизонта (0,2 – 0,55 МПа) значительно выше пластовых давлений чокракско-караганских залежей

(0,02 - 0,03 МПа), причем пластовое давление мамынского горизонта резко колеблется на небольших расстояниях.

Загазованный мамынский горизонт оказался в скв. 34г, 36г, 39г, 40г, 42г, которые были поставлены на разгрузку.

В то же время крелиусные скважины, пробуренные для оконтуривания залежей газа в миоценовых отложениях, и скважины УРБ, пробуренные в 1961 г., использовались для разгрузки загазованных интервалов в верхней части разреза. После ликвидации аварии на скв. 51сс и ликвидации утечки газа в верхние горизонты на скв. 22 Пелагиадинской площади факела на разгрузочных скважинах перестали гореть, и грифоны прекратили свою деятельность.

К сожалению, крелиусные скважины, разведочно-разгрузочные и скважины УРБ в 1961 – 1963 гг. ликвидированы.

Как уже отмечалось, одним из основных вопросов эксплуатации подземных хранилищ газа является контроль за их герметичностью. Необходимо отметить, что СС ПХГ характерно тем, что еще в прошлом веке горели факела, зажженные в местах выхода газа на территории нынешнего хранилища.

На хранилище создана и постоянно совершенствуется система контроля за герметичностью, но сама природа создала уникальные условия для его надежности - зеленую свиту от хадумского горизонта отделяет 200 метровая толща глин, образуя герметичную покрывку. Над хадумским горизонтом залегает 600 метровая толща глин майкопского горизонта. За чокракским горизонтом, который залегает ниже мамынского и из которого добывался газ для местных нужд, ведется систематическое наблюдение, т.к. он является первым проницаемым интервалом, залегающим над объектами хранения газа.

В настоящее время сеть контрольных скважин, пробуренных или переведенных на верхние горизонты ПХГ, представлена 17 скважинами на чокракский горизонт, 10 скважинами на конк-кораганский и 7 скважинами на

мамайский горизонты. По всему фонду скважин ежемесячно ведется контроль статических давлений, забоев и уровней. По результатам замеров строятся карты изобар по чокракскому горизонту, графики изменения статических давлений во времени. После ремонтных работ на аварийной скв. 51сс в 1998 г. давление в чокракской залежи стабилизировалось и остается в пределах от 0,30 МПа (скв. 1дн) до 0,38 МПа (скв. 26, 185). На сегодняшний день пластовое давление в этой области хранилища снизилось до 0,48 МПа. В среднем давление в чокракской залежи сейчас составляет 0,50 МПа.

Для разгрузки чокракской залежи в декабре 1999 г. включена в работу скв. 12дн, газ из которой используется на нужды цеха капитального ремонта скважин. Среднесуточный дебит газа по скважине в отопительный сезон составлял 256 м³/сут. За время эксплуатации скважины из залежи отобрано 1000 м³ газа.

С целью контроля за изменением газонасыщенности использовался метод опорного пласта, т.е. данные интерпретации нейтронного гамма каротажа. По результатам построена карта относительной газонасыщенности по состоянию на 1999 г., где по значению относительной газонасыщенности 1,1 (усл. ед.) проведен текущий контур газоносности чокракской залежи. До настоящего времени нами использовался контур газоносности, построенный по результатам бурения крелиусных скважин в 1963 г.

Как показала практика, одним из решающих критериев, определяющих степень эффективности контроля за созданием и эксплуатацией ПХГ с большой площадью газоносности, является наличие и правильное размещение по площади сети оптимального числа наблюдательных скважин, которые бы в полном объеме и с высокой информативностью обеспечивали получение материалов различных видов исследований и промысловых наблюдений.

В процессе эксплуатации СС ПХГ сеть контрольных скважин на верхние проницаемые горизонты была создана, пробурены контрольные скважины на чокракский, караганский и мамынский горизонты. Однако все

эти скважины находятся в области контура газоносности чокракского горизонта, построенного в 1963 г.

В настоящее время в целях контроля за герметичностью хранилища необходима достоверная информация обо всех параметрах контрольного горизонта, изучить характер распределения пластового давления, оценить перепады пластового давления в чокракской залежи в различных районах подземного хранилища газа.

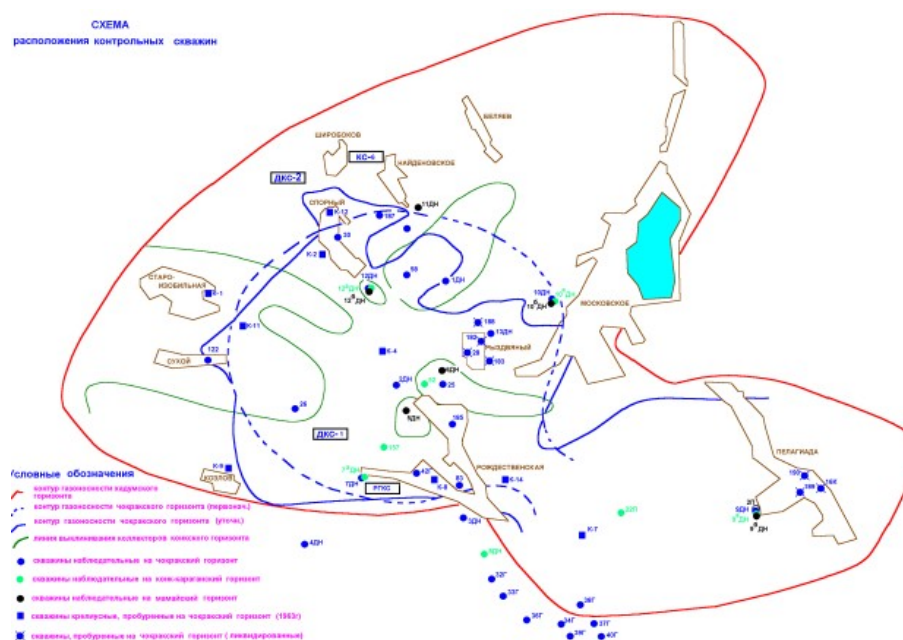
Кроме этого, для составления проекта разгрузки чокракской залежи необходимо иметь представление об объемах газа, которые можно оценить, зная точно размеры залежи, то есть ее контур. Наиболее достоверную отметку контакта дают скважины. Поэтому для уточнения контура газоносности чокракской залежи и в целях ее разгрузки целесообразно расширить сеть контрольных скважин на чокракский горизонт.

Проводятся все работы по контролю за герметичностью ПХГ, из-за отсутствия других регламентирующих документов, скважины должны располагаться в непосредственной близости от населенных пунктов и от газо-распределительных пунктов, в целях дальнейшего рационального использования газа на бытовые нужды.

В связи с этим скважины целесообразно расположить в следующих частях СС ПХГ (рисунок 3):

1. Между населенными пунктами Широбоков и Найденовское в северной части ПХГ.
2. В непосредственной близости от ДКС-2.
3. В непосредственной близости от ГРП-13 , в пределах площадки скв. 778.
4. На западной окраине ГРП-6, на площадке скв. 411.
5. В южной части ГРП-7 , на площадке скв. 664.
6. В непосредственной близости от ГРП-10, в пределах площадки скв. 783.
7. В восточной части ГРП-5, на площадке скв. 423.

8. У северо-восточной окраины ГРП-4, в пределах скв. 519.
9. В восточной части ПХГ, в непосредственной близости от ГРП-12, в пределах площадки скв. 931.
10. На северо- западной окраине ГРП-3, на площадке скв. 512.
11. В непосредственной близости от ГРП-2, в пределах скв. 48.
12. У ГРП-1, на площадке скв. 79.
13. На западном окончании территории ДКС-1.
14. На площадке скв. 6сс в юго-западной части ПХГ.
15. В пределах площадки скв. 117сс в северо-восточной части ПХГ.
16. В пределах площадки скв. 926.
17. В центральной части ПХГ в районе скв. 49сс на юго-восточной окраине ГРП-1 зеленая свита.
18. В пределах площадки скв. 18п в южной части ПХГ.
19. На площадке скв. 20п в юго-восточной части ПХГ.
20. В северной части Пелагиадинской площади в районе скв. 12п.
21. В районе расположения скв. 34п.
22. В юго-западной части Пелагиадинской площади между скв. 14п и 11п.
23. На северном окончании села Пелагиада.
24. В районе расположения скв. 26 Пелагиадинской площади.
25. В южной части Пелагиадинской площади в районе расположения скв. 37п.
26. В районе расположения ликвидированной скв. 16к.
27. В западной части Пелагиадинской площади.



Вопросы и задания.

1. Охарактеризуйте систему контроля за герметичностью ССПХГ.
3. Охарактеризуйте практические результаты внедрения предлагаемой системы контроля на СС ПХГ.

Контрольные вопросы:

1. Какие осложнения возникали в пьезометрических скважинах?
2. Как предлагается усовершенствовать существующую систему контроля за эксплуатацией СС ПХГ в зеленой свите?
3. Что позволит изучить создание предлагаемой системы контроля на ПХГ в горизонте зеленой свиты?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме.

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).
2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИгаз, 1992. 21 с.
3. Правила создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в прористых пластах. ВНИИГАЗ. 1994 г.
4. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

АНАЛИЗ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПХГ В ВОДОНОСНОМ ПЛАСТЕ

Цель. Познакомить студентов с особенностями создания и эксплуатации ПХГ в водоносном пласте.

Теоретическая часть.

В случае, когда в рассматриваемом регионе отсутствуют естественные месторождения природного газа, пригодные для резервирования больших объемов газа, внимание обращают на водоносные структуры, в естественных условиях заполненные водой. Таким образом, газохранилище в водоносном пласте представляет собой искусственно созданную газовую залежь. Пласт, в котором создается хранилище, должен достаточно легко и в необходимых объемах принимать газ, длительное время его сохранять и отдавать, когда это потребуется. Эти условия соблюдаются, если пласт представлен хорошим, достаточно протяженным коллектором, перекрыт непроницаемыми породами и имеет форму, при которой находящийся в нем газ, всплывая, занимает стабильный во времени объем.

Численные значения характеристик водоносного пласта, при которых он может считаться пригодным для использования в качестве хранилища, варьируют в значительных пределах. В среднем можно принять, что его проницаемость не должна быть менее 0,2–0,3 Д, мощность – менее 4–6 м, а пористость ниже 10–15 %. Проницаемость покрышки, обычно представленной глинами, не должна быть более сотых долей мД. Объем водонапорной системы, если нет области ее стока, должен превосходить объем хранилища в несколько сот раз. В противном случае заполнение хранилища газом за счет упругости системы будет затруднено.

Факторы, увеличивающие расходы при хранении газа в водоносных пластах (в сравнении с истощенными месторождениями):

- необходимость проведения большого объема разведочных работ по определению пригодной структуры;

- затраты на дополнительный объем буферного газа;
- проведение дополнительного контроля при создании и эксплуатации хранилища;
- осложнения при поступлении воды в скважины;
- возможные потери газа.

Высокая стоимость работ по созданию водоносных газохранилищ и наличие геологического риска заставляют все работы по сооружению хранилища вести поэтапно.

Можно различить следующие пять стадий:

- геолого-поисковые работы;
- детальная геологическая разведка;
- технологическое проектирование;
- разведывательно-промышленная закачка газа;
- циклическая эксплуатация хранилища.

Разведочная организация при изучении водоносной структуры под подземное хранилище газа должна обеспечить получение достоверных исходных данных, необходимых для составления технологической схемы создания и эксплуатации ПХГ. Исходная гидрогеологическая информация, обеспечивающая возможность получения обоснованных количественных оценок и ответов на этот перечень вопросов, должна содержать комплекс сведений и характеристик по следующим позициям:

- наличие и целостность структурной или экранированной ловушки, способной аккумулировать газ в промышленных объемах, определить площадь и объем порового пространства;
- литолого-стратиграфическая характеристика разреза в пределах разведанной площади;
- граничные условия пласта-коллектора;
- оценка емкостной и фильтрационной характеристик выбранных объектов закачки газа;

- определение экранирующих свойства пластов-покрышек и тектонических нарушений;
- определение продуктивной характеристики пластов;
- физико-химические свойства подземных вод и водовмещающих пород;
- установление контрольных горизонтов для наблюдения за герметичностью хранилища и аккумуляирования вторичных скоплений газа;
- давление и температура пластовых вод по всему разрезу;
- наличие в рассматриваемом районе поглотительных водоносных горизонтов;
- влияние захоронения сбросов на горизонты, используемые для питьевого и технического водоснабжения или в иных целях;
- техническое состояние фонда всех пробуренных на площади скважин.

Факторы, определяющие потенциальный объем хранилища

Потенциально возможный объем хранилища определяется рядом факторов:

- поровым объемом в пределах замкнутой изогипсы;
- уровнем максимально допустимого давления в пласте;
- уровнем минимально допустимого давления в пласте;
- степенью неравномерности заполнения ловушки газом;
- подвижностью пластовых вод;
- величиной газонасыщенности в искусственно создаваемом объеме;
- степенью неравномерности газонасыщенности.

Ввиду того, что создание ПХГ происходит за достаточно короткое время, поверхность раздела газ-вода оказывается отличной от горизонтальной и это приводит к тому, что имеет место неполное использование потенциального порового объема ловушки. Это становится особенно важным в условиях слабовыраженных ловушек с ограниченным объемом.

Амплитудой поднятия называется разница отметок самой высокой точки пласта-коллектора и самой глубокой изогипсы, замкнутой в пределах рассматриваемой площади. Величина амплитуды поднятия существенно влияет на методику и степень детальности разведки объекта, режим заполнения хранилища газом и режим его эксплуатации.

Циклическая эксплуатация хранилища рассматривается перед разведывательно-промышленной закачкой газа в связи с тем, что параметры эксплуатации являются заключительными, на которые надо вывести хранилище в ходе его создания.

Основными исходными данными при проектировании хранилища обычно являются его активный объем и максимальный расход газа. Эти величины могут быть получены при различном сочетании других показателей — максимальном и минимальном давлениях в хранилище, уровне оттеснения пластовых вод, числе скважин и т.д. В проекте должен быть найден оптимальный вариант эксплуатации хранилища, который рассматривается потом детально.

В разделе циклической эксплуатации выбирается технологическая схема хранилища, рассчитывается совместная работа пласта, скважин, наземного оборудования и КС, предусматриваются контроль и регулирование процессов, определяются технико-экономические показатели варианта.

Раздел разведывательно-промышленной закачки газа в рассматриваемом ПХГ является основным. Он состоит из двух частей. В первой, посвященной разведывательной закачке газа, изучаются разведывательные задачи и методы их решения. Во второй части (промышленное заполнение хранилища газом) основная задача состоит в определении оптимального сочетания процесса вытеснения воды из ловушки с параллельной эксплуатацией сооружаемого хранилища. Так как экономическая часть технологического проекта является не только основой для решения всех разделов, но и итогом проектирования, ее удобней помещать в конце работы.

При технологическом проектировании большое значение имеют сведения о пробуренных на площади скважинах, каждая из которых рассматривается и с точки зрения дальнейшего использования, и с точки зрения возможного канала межпластовых перетоков газа. Особенно тщательно следует изучать и освещать в исходных данных состояние старых разведочных скважин.

Факторы снижения затрат на ПХГ в водоносных пластах:

- оптимальная стратегия формирования газонасыщенного объема;
- рост максимального пластового давления;
- уменьшение минимального пластового давления;
- замена части буферного объема малоценными газами;
- оптимизация расположения скважин на структуре;
- выбор оптимального интервала вскрытия;
- увеличение дебитов скважин;
- сокращение притока воды;
- использование автоматизации при эксплуатации и контроле.

Опытно-промышленная закачка газа

Этап опытно-промышленной закачки при создании ПХГ в водоносных пластах особенно важен. При его проведении необходимо обеспечить максимальный контроль за происходящими в пласте-коллекторе процессами.

В опытно-промышленной закачке газа различают две стороны:

- 1) разведывательная закачка, которая рассматривается с позиций наилучшего решения разведывательных задач;
- 2) промышленное заполнение геологической ловушки газом проектируется, исходя в основном из прямых интересов производства: сроков создания хранилища, оптимального соотношения между объемами закачки и объемами отбора, степенью полноты вытеснения воды газом и т.д.

Обе стороны должны взаимно дополнять друг друга.

Разведывательные задачи:

- определение приемистости пласта-коллектора по воде и по газу;

- оценка характера и преимущественных направлений перемещения границы раздела газ–вода;
- выяснение профиля газоприемистости призабойной зоны;
- определение коэффициента газонасыщенности пласта;
- определение гидродинамических параметров пласта-коллектора;
- оценка степени неоднородности пласта-коллектора;
- определение степени герметичности покрышки.

На этапе разведывательной закачки газа решаются некоторые технические вопросы: необходимость применения фильтров, рациональная их конструкция, проведение ремонтных работ на скважинах, использование методов борьбы с утечками газа и т.д.

Газ, нагнетаемый в водоносный пласт, продвигается весьма неравномерно, при этом снижается общая газонасыщенность пласта и создается угроза ухода газа за пределы поднятия.

Теоретические расчеты скорости перемещения границы раздела газ–вода не всегда подтверждаются, поэтому характер и преимущественные направления продвижения фронта газонасыщенности следует определять на основе фактических данных.

Для решения этих задач планируется комплексная система мониторинга. По результатам опытно-промышленной закачки при необходимости в проект хранилища вносятся возможные коррективы.

Пластовые потери газа в ПХГ в водоносных пластах:

- перетоки газа в вышележащие горизонты;
- уход газа за пределы ловушки – «пассивный» буфер;
- внутрипластовые потери;
- насыщение низкопроницаемых коллекторов;
- защемленный газ;
- «переходная» зона залежей;
- растворенный газ;
- адсорбированный газ.

Вопросы и задания.

Ознакомившись с методическими указаниями, лекционным материалом:

- дайте детальную характеристику основных стадий геологических работ;
- составьте перечень необходимых графических материалов;
- проанализируйте факторы, увеличивающие расходы при хранении газа в водоносных пластах (в сравнении с истощенными месторождениями) и сформулируйте факторы снижения затрат на ПХГ в водоносных пластах
- дайте обоснование необходимости опытно-промышленной закачки газа;
- охарактеризуйте возможные пластовые потери газа в ПХГ в водоносных пластах.

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях возникает необходимость создания ПХГ в водоносных пластах?
2. С чем связана многостадийность исследований для обоснования технологического проекта создания ПХГ в водоносных пластах?
3. Перечислите факторы, увеличивающие расходы при создании ПХГ в водоносных пластах (в сравнении с истощенными месторождениями).
4. Основные разведывательные задачи при проведении опытно-промышленной закачки газа.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме.

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).

2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИГаз, 1992. 21 с.
3. Правила создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в прористых пластах. ВНИИГАЗ. 1994 г.
4. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ СОЗДАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПХГ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Цель. Познакомить студентов с особенностями создания и эксплуатации временных ПХГ попутного нефтяного газа.

Теоретическая часть.

По данным NOAA (the National Oceanic and Atmospheric Administration) в мире ежегодно сжигается 150–170 млрд м³ попутного газа. Потери от невовлечения такого объема в переработку составляют в год около 40 млрд долл. США/год. Кроме того, негативным последствием сжигания ПНГ являются выбросы около 400 млн т CO₂/год.

Согласно официальной статистике, в России ежегодно сжигается от 13 до 30 млрд м³ попутного газа. По оценкам Минпромэнерго РФ, в 2004 г. в составе попутного газа на факельных установках было сожжено 7,1 млн т этана, 4,1 млн т пропана, 2,6 млн т бутана, потеряно 13 млн м³ гелия.

В настоящее время на государственном уровне проводятся мероприятия по решению проблемы утилизации попутного нефтяного газа, включающие:

- усовершенствование законодательной базы;
- создание экономических стимулов для участия НДК в бизнесе ПНГ;

- увеличение экологических штрафов за выбросы продуктов горения при сжигании ПНГ.

В связи с этим разрабатываются и реализуются программы по повышению уровня утилизации ПНГ, учитывающие экологические требования правительств и экономические возможности нефтедобывающих компаний.

Наиболее эффективными являются следующие технологии утилизации ПНГ:

- переработка ПНГ непосредственно на промыслах для собственных нужд и поставки потребителям;
- транспортировка ПНГ на ГПЗ и ТЭС;
- закачка ПНГ обратно в пласт для повышения нефтеотдачи.

Данные технологии определяют наличие перерабатывающих и транспортных мощностей, что накладывает определенную инвестиционную нагрузку на начальном этапе разработки месторождения. Это касается тех случаев, при которых нефтедобыча ведется в труднодоступных регионах со сложными условиями. Для решения данной задачи экономически выгодно производить закачку ПНГ в пористые пласты с целью его временного хранения и возможностью использования в дальнейшем (рисунок 12).

В качестве объектов для закачки и временного хранения попутного нефтяного газа в пластах-коллекторах могут использоваться газоконденсатные залежи, газовые части (шапки) нефтегазоконденсатных месторождений, нефтяные залежи, а также водоносные пласты, расположенные непосредственно на разрабатываемых месторождениях или вблизи от них.

- производство и хранение попутных компонентов, находящихся в газе (серы);
- использование части ПНГ на собственные нужды;
- закачка излишков газа на хранение в другую залежь или геологическую ловушку – создание ВПХГ;
- последующая эксплуатация ВПХГ для обеспечения собственных нужд промысла и другого назначения, или для подачи в магистральные газопроводы.

Важнейшими направлениями работ при создании ВПХГ по обеспечению сохранности и извлечения закачанных объемов газа являются регулирование и контроль объема газа в объектах хранения. Данная задача решается на основе комплексного использования геологического и фильтрационного моделирования, а также статических методов.

Применение технологии ВПХГ позволит решить задачи, важнейшими из которых являются:

- снижение парникового эффекта от сжигания попутного газа;
- хранение попутного газа с целью последующего отбора и получения прибыли;
- повышение нефтеотдачи при создании хранилища в истощенной нефтяной залежи.

Проблема полноты использования попутного нефтяного газа для РФ является актуальной. Согласно официальным данным объем попутного нефтяного газа, который был сожжен на факельных установках на промыслах при разработке нефтегазоконденсатных месторождений, составил около 15 млрд м³. Международные эксперты по данным космических съемок оценивали эти объемы не менее 50 млрд м³.

Таким образом, по разным оценкам на долю РФ в 2004 г. приходилось от 14 до 35 % от всего объема ежегодно сжигаемого попутного нефтяного газа в мире.

В соответствии с решениями Правительства РФ 2007 г. нефтяные компании реализуют меры по повышению уровня использования попутного нефтяного газа, представляющего ценное сырье углеводородных и редких газов, до 95 %.

В 2007 г. по официальным данным в целом по Российской Федерации уровень использования ПНГ увеличился до 72 %. Таким образом, рациональное использование попутного нефтяного газа и доведение его до уровня 95 % является весьма актуальной и важной задачей по обеспечению выполнения лицензионных соглашений и соблюдения природоохранного законодательства для большинства нефтяных компаний, работающих в России.

Как известно, попутный нефтяной газ представляет собой ценное сырье, содержащее широкую фракцию легких углеводородов, с возможным присутствием инертных, агрессивных и редких газов.

Система мер по прекращению сжигания ПНГ добывающими компаниями может включать:

- совершенствование на промыслах системы учета ПНГ;
- ужесточение лицензионных требований к недропользователям и экологических штрафов;
- комплекс мер по стимулированию использования с пользой до 95 % ПНГ.

Направления использования ПНГ:

1. Подготовка и транспорт газа внешнему потребителю за счет строительства установок подготовки газа, дожимной компрессорной станции и соединительного газопровода для подачи сухого отбензиненного попутного газа в действующую систему магистральных газопроводов или строительства дополнительных магистральных трубопроводов ПНГ.

2. Использование ПНГ для собственных нужд работы промыслов на выработку тепловой и электроэнергии, подготовку нефти.

3. Использование ПНГ при разработке месторождений путем его закачки обратно в пласт для поддержания пластового давления с целью повышения нефтеотдачи пластов.

4. Собственная переработка ПНГ на промыслах за счет строительства мини-установок для его первичной, глубокой и вторичной переработки с последующей поставкой продуктов переработки потребителям.

5. Поставка ПНГ на газоперерабатывающие заводы и региональные тепловые электростанции.

Для реализации перечисленных направлений использования ПНГ в промышленных объемах требуются значительные капитальные вложения и продолжительный период времени (до 5–10 лет), что, как правило, не соответствует требуемому периоду ввода новых месторождений в разработку и возможностям создания новых газотранспортных сетей.

В связи с этим в отдаленных труднодоступных регионах нефтедобычи, в которых отсутствует газотранспортная система для поставок газа потребителю, в качестве первого этапа работ по утилизации ПНГ могут быть применены закачка и временное хранение в пористых пластах попутного нефтяного газа.

Для временного хранения попутного газа могут использоваться объекты в пористых пластах, расположенные непосредственно на самих разрабатываемых месторождениях или вблизи от них:

- газовые залежи нефтегазоконденсатных месторождений;
- газовые части (шапки) нефтегазоконденсатных месторождений;
- истощенные нефтяные залежи;
- пласты-коллекторы в водоносных горизонтах – водоносные пласты.

Создание временных подземных хранилищ попутного газа в пористых пластах позволит решать следующие основные задачи:

- повышение уровня использования невосполняемых природных ресурсов попутного нефтяного газа;

- ввод и рациональная разработка новых нефтегазоконденсатных месторождений без сжигания ПНГ;
- существенное дополнительное извлечение нефти в истощенных нефтяных залежах;
- снижение негативного воздействия на окружающую среду;
- улучшение экологической обстановки в нефтегазодобывающем регионе;
- обеспечение сохранности и максимального извлечения закачанных объемов попутного нефтяного газа.

Во ВНИИГАЗе выполнен ряд проектов создания временных подземных хранилищ попутного нефтяного газа на территории России для компаний "Лукойл", "Роснефть", их дочерних предприятий. Часть из этих проектов находится в промышленной реализации. Поступают новые предложения от других нефтяных компаний по разработке технологических проектов ВПХГ ПНГ.

Для эффективного создания, обеспечения промышленной и экологической безопасности эксплуатации временных подземных хранилищ попутного нефтяного газа используются технологии закачки, хранения и отбора газа, разработанные и апробированные на подземных хранилищах природного газа в пористых пластах. Использование таких технологий предусматривает решение комплекса геологических, технологических, технических, экономических и экологических вопросов.

Основными привлекательными сторонами проектов создания в пористых пластах временных подземных хранилищ попутного нефтяного газа являются:

- относительно небольшой объем и сжатые сроки строительства;
- сравнительно невысокий уровень инвестиций;
- использование скважин и производственных мощностей ВПХГ для нужд последующей разработки месторождений и работы промыслов (в

случае создания временного хранилища в нефтегазоконденсатных месторождениях);

- повышение показателей экономической эффективности разработки месторождений.

Период работы ВПХГ включает период закачки и хранения ПНГ и период отбора закачанного объема газа. Период отбора, по существу, представляет собой период утилизации ПНГ.

Продолжительность периода закачки и хранения определяется сроками строительства мощностей для утилизации ПНГ и может продолжаться, исходя из существующей практики, в течение 5–6 лет.

Продолжительность периода отбора обуславливается динамикой годовых объемов добычи при разработке месторождения и может составлять 2–3 года. В период отбора закачанного объема газа на ВПХГ решаются задачи начального этапа разработки месторождения – этапа опытно-промышленной эксплуатации.

Технико-экономические показатели и эффективность проектов создания ВПХГ ПНГ могут характеризоваться следующими укрупненными данными.

В среднестатистических горно-геологических условиях объектов ВПХГ для обеспечения ежегодных объемов закачки ПНГ на уровне 1 млрд м³ требуется бурение порядка 3–5 нагнетательных скважин, строительство дожимной компрессорной станции мощностью около 10 МВт, газораспределительного пункта, промысловых коллекторов и шлейфов к скважинам. Сроки бурения скважин на закачку и строительства обустройства ВПХГ могут составлять 1–2 года.

Дополнительные скважины для отбора бурятся в течение периода закачки и хранения газа.

Все проектные решения по ВПХГ разрабатываются с условием максимально возможного использования скважин и объектов обустройства для нужд последующей разработки месторождения.

Проведенные исследования показали следующее:

1. Создание временных подземных хранилищ ПНГ в качестве первого этапа его утилизации является перспективным направлением в развитии нефтяной отрасли.

2. ВПХГ обеспечивают ввод и рациональную разработку новых нефтегазоконденсатных месторождений в труднодоступных отдаленных регионах до появления в этих регионах газотранспортной сети.

3. Использование технологий подземного хранения газа в пористых пластах позволяет создавать и эксплуатировать экономически эффективные, промышленно и экологически безопасные временные подземные хранилища попутного нефтяного газа в газоносных пластах нефтегазоконденсатных месторождений и водоносных пластах.

Для нефтедобывающих компаний, осуществляющих разработку нефтегазоконденсатных месторождений с попутной добычей нефтяного газа в труднодоступных регионах, ВНИИГАЗ предлагает выполнить технологические проекты создания ВПХГ ПНГ с рассмотрением следующего комплекса вопросов:

1. Оценка ресурсов для закачки и временного хранения попутного нефтяного газа.

2. Изучение геологического строения потенциальных объектов для закачки и временного хранения попутного нефтяного газа. Обоснование объекта ВПХГ.

3. Анализ геолого-технического состояния пробуренных скважин, оценка возможности их использования для нужд ВПХГ.

4. Анализ результатов газодинамических исследований скважин и пластов.

5. Создание геолого-технологической модели выбранного объекта ВПХГ, включающей адресную геологическую модель, комплекс фильтрационных математических моделей пласта, стационарную

газодинамическую модель движения газа в скважинах и наземной газопроводной системе ВПХГ.

6. Обоснование конструкции окончания и продуктивных характеристик проектных нагнетательно-эксплуатационных скважин.

7. Проведение расчетов технологических показателей закачки и отбора газа по пласту, системе скважин и объектам обустройства ВПХГ.

8. Обоснование размещения устьев и окончаний проектных нагнетательно-эксплуатационных скважин, конструкция проектных скважин.

Вопросы и задания.

Проанализируйте материалы методических указаний, сведения, имеющиеся в опубликованных работах, в интернете и составьте презентацию, в которой четко осветите особенности создания и эксплуатации временных подземных хранилищ ПНГ

Контрольные вопросы:

1.Какой комплекс вопросов следует рассмотреть при разработке технологических проектов создания ВПХГ ПНГ?

2.Перечислите укрупненные данные технико-экономических показателей для обеспечения эффективности проектов создания ВПХГ ПНГ.

3.Сроки бурения скважин на закачку и строительства обустройства ВПХГ.

4.Важнейшие задачи, которые позволит решить применение технологии ВПХГ.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме.

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).

2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИгаз, 1992. 21 с.
3. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПХГ В ИСТОЩЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Цель. Познакомить студентов с особенностями создания и эксплуатации ПХГ в истощенных месторождениях.

Теоретическая часть.

Подземные газохранилища, создаваемые в истощенных месторождениях, обычно имеют достаточную информацию о геологическом строении площади.

Данные месторождения прошли стадию разведки, эксплуатации, как правило, имеют достаточную характеристику фильтрационно-емкостных параметров пласта (пластовое давление, температура, тип коллектора, дебиты скважин, депрессии, характер выноса воды, песка и т.д.).

Создание газохранилищ в месторождениях обычно начинается после полной или почти полной его выработки. В России месторождение вводится в разработку после подсчета запасов газа, нефти и подтверждения их в ГКЗ. Отчет по подсчету запасов является одним из основных документов, в котором сосредоточена практически вся информация о залежи.

При проектировании ПХГ в истощенных месторождениях тщательным образом следует изучать вопросы технического состояния скважин всех

категорий, характер устойчивости пласта от разрушения для выбора способа заканчивания скважины и забойного оборудования, режим разработки залежи и характер обводнения пласта.

Не следует забывать о возможных работах по доразведке площади и необходимых исследовательских работах, которые могут повлиять на технико-экономические показатели эксплуатации подземного хранилища газа и даже на возможность создания ПХГ. Такие работы обычно требуются, когда использование имеющихся данных не позволяет окончательно решить принципиальные вопросы по созданию хранилища.

Важным вопросом является извлечение сопутствующих компонентов при эксплуатации подземного хранилища газа: нефти и конденсата.

Выбранные объекты для закачки газа оцениваются по следующим параметрам:

- а) активному и буферному объемам;
- б) максимальному и минимальному пластовому давлению.

Определяется производительность проектных скважин. В зависимости от требуемой суточной производительности ПХГ рассчитывается число необходимых эксплуатационных скважин с 10–15 % резервом.

Для расчета основных технологических параметров ПХГ строятся различные зависимости:

- суточной производительности ПХГ от пластового давления;
- суточной производительности ПХГ от нарастающего объема отбора;
- давления на устье скважин от нарастающего объема отбора и количества газа в ПХГ. При этом зависимость устьевого давления от $P_{пл}$ или от суммарного отбора газа рассчитывается в зависимости от выбранной конструкции эксплуатационных скважин и диаметра лифтовых труб.

Для технико-экономической оценки важно определить время выхода на циклическую эксплуатацию, которое зависит от параметров пласта, срока разбуривания объекта, закачки дополнительного необходимого объема буферного газа, возможности и необходимости отбора газа в процессе

вывода хранилища на проектные показатели. Важным моментом является выделение пусковых очередей создания, которые позволяют более обоснованно решить многие задачи проектирования. Все эти решения обосновываются в каждом конкретном случае индивидуально, но их не стоит забывать и освещать в проекте.

Окончательную оценку эффективности объекта ПХГ можно получить в комплексе рассмотрения технических решений, экологических вопросов, технико-экономических расчетов.

Основным исходным документом для выполнения технологических схем (проектов) создания ПХГ в истощенных месторождениях является отчет по подсчету запасов газа месторождения. В России этот отчет утверждается ГКЗ или ведомственной комиссией по запасам (если запасы небольшие). В отчете есть все материалы, касающиеся структурного плана поднятия, литологии коллекторов, фильтрационно-емкостных свойств пласта, пластового давления, температуры, особенностей бурения и крепления скважин, их конструкции, физико-химических свойств пластовых флюидов, гидрогеологии, зоны литологического выклинивания коллекторов, наличия дизъюнктивных нарушений, исследования скважин и т.д.

Обычно этих сведений хватает для выполнения первичных технологических схем создания ПХГ (до бурения эксплуатационных скважин и периода ОПЭ).

Процесс проектирования и уточнения параметров газохранилища является не одноразовым, а многоступенчатым процессом, т.к. в процессе уже первых лет эксплуатации выявляются факторы, которые не могли быть учтены на первом этапе: техническое состояние скважин, поведение пластовых флюидов при эксплуатации, необходимость доразведки залежи, изучение межпластовых перетоков (при наличии нескольких залежей или пористых пластов), необходимость получения данных для петрофизических зависимостей при выполнении 3D-моделей пласта.

Вторым источником исходных данных для проектирования служат промысловые материалы по эксплуатации месторождения, исследования скважин, параметры эксплуатационных скважин, их конструкция, режим работы пласта, вынос воды, породы, материалы ГИС-контроля и ГИС-технического состояния скважин.

Требования к техническому состоянию скважин всех категорий на месторождениях и ПХГ, как показал многолетний опыт эксплуатации, значительно отличается. Это связано со знакопеременным режимом работы хранилищ (температурный режим при закачке и отборе разный), и с тем, что при эксплуатации месторождений давление постоянно снижается, а на многих ПХГ в процессе закачки имеет место аномально высокое давление. Поэтому при строительстве скважин на ПХГ используют эксплуатационные колонны с высокогерметичными резьбами, расширяющиеся цементы и другие меры, повышающие герметичность скважин, а старые скважины часто не удовлетворяют современным требованиям.

Ликвидированные скважины на месторождениях по действующим в то время требованиям (без цементирования объекта добычи газа, с заполнением ствола глинистым раствором и установкой цементного моста) при создании ПХГ требуют переликвидации, так как являются путями перетока газа.

Поэтому при проектировании создания ПХГ в истощенных месторождениях нужно правильно оценивать техническое состояние скважин и закладывать средства на их капитальный ремонт с переликвидацией по действующим нормам.

Важный блок вопросов связан с анализом разработки месторождения, степенью его выработанности, режимом работы залежи. Именно эти данные во многом определяют технологические параметры будущего ПХГ. Остаточные запасы газа и конечное пластовое давление оцениваются для определения буферного объема и минимального пластового давления. Либо остаточных запасов будет достаточно, либо требуется закачка дополнительного буферного объема газа. При разработке месторождения,

длившейся многие годы, определяются режим работы залежи и величина порового газонасыщенного объема.

Изменение газонасыщенного порового объема можно проследить во времени и определить режим работы залежи.

При разработке месторождения определяются режимы работы скважин и изменение его во времени, а также депрессии на пласт, исходя из различных условий эксплуатации: обычно либо после разрушения коллекторов призабойной зоны, либо после выноса жидкости. При вводе газохранилища в эксплуатацию по существующему фонду продуктивных скважин проводятся газодинамические исследования для уточнения коэффициентов фильтрационных сопротивлений призабойной зоны.

При определении параметров призабойной зоны обычно принимаются усредненные данные по группам скважин с различными характеристиками по производительности.

Необходимо определить коэффициенты потерь давления в лифтовых трубах и шлейфах для правильной оценки давления на СП.

На основе анализа разработки месторождения и материалов разведки определяются параметры пласта (пористость, проницаемость, газонасыщенность, эффективная толщина коллектора) и строятся различные карты и разрезы. 2D- и 3D-модели составляют основу для проведения расчетов.

При создании газохранилища в истощенных газоконденсатных залежах необходимо знать содержание флюидов и их характеристики для правильного выбора системы осушки газа.

Перед началом закачки газа в газоконденсатные залежи следует определить состав пластового газа и потенциальное содержание конденсата в газе. Для этого выполняются газоконденсатные исследования, которые позволяют оценить и остаточные запасы выпавшего в пласте при разработке месторождения конденсата.

В целях выяснения поведения конденсатной смеси при работе ПХГ производится физическое моделирование процесса закачки газа. Для определения состава газоконденсатной смеси, сформировавшейся в пласте после окончания разработки месторождения, проводится рекомбинация газа сепарации и сепарированного конденсата на начальные условия разработки месторождения и в установке PVT моделируется процесс истощения с целью определения фазового состояния и состава пластовой смеси при снижении пластового давления.

С составом пластовой смеси на давление окончания разработки месторождения в установке PVT моделируется закачка и отбор газа в режиме работы ПХГ.

В определенных геологических условиях применяются скважины с горизонтальным положением ствола в интервале продуктивного горизонта – но это отдельная тема.

Эксплуатация скважин должна осуществляться по лифтовым трубам. В условиях рыхлых коллекторов призабойной зоны скважины оборудуются противопесочными фильтрами, конструкция которых обосновывается в конкретных случаях индивидуально.

Для определения необходимого количества эксплуатационных скважин строится зависимость дебита скважин от пластового давления и определяется производительность скважины на каждое пластовое давление и число эксплуатационных скважин на каждый месяц.

Таким образом, количество эксплуатационных скважин определяется суточной производительностью ПХГ и дебитом скважин при соответствующем пластовом давлении. При необходимости обеспечения надежности газоснабжения в экстремальные периоды (аварии на газопроводе, резкое увеличение потребности в газе) число скважин резко возрастает, но возрастает также и потенциальная суточная производительность, поэтому технологические параметры при отборе газа в настоящее время рассчитываются исходя из этих условий.

Важное значение имеет наличие депрессионно-репрессионных воронок (в зоне работающих скважин слияние воронок от соседних скважин обуславливает понижение или повышение давления в зоне скважин). При эксплуатации месторождений этот факт не имеет большого значения. При увеличении темпов закачки и отбора в десятки раз (в случае ПХГ) воронки увеличиваются также в десятки раз. На некоторых ПХГ (например, Кущевском) воронки могут составлять 30–50 бар.

Все приведенные данные свидетельствуют о том, что проектирование как технологическое, так и техническое – это единый процесс, и без учета особенностей работы пласта нельзя рационально принять технические решения и наоборот, технические решения должны влиять на правильный выбор технологических параметров.

В технологических параметрах ПХГ должны быть сведения о количестве выносимой вместе с газом жидкости и ее минералогическом составе. По своему химическому составу промысловые воды относятся к категории вредных, поэтому важно при проектировании обеспечить мероприятия по предотвращению загрязнения окружающей среды.

Производственные и попутные воды характеризуются повышенной минерализацией, высокой загрязненностью нефтепродуктами и химреагентами. Повышенное солесодержание делает невозможным их очистку для использования в оборотном водоснабжении или сброс в открытые водоемы.

Учитывая дешевизну и надежность метода захоронения сточных вод в глубокие горизонты при эксплуатации ПХГ используется сброс промстоков в глубокие поглощающие горизонты. Объект для закачки промстоков может быть расположен как над объектом хранения газа, так и под ним и зависит от геологического строения площади, литологии пласта и его фильтрационно-емкостных параметров.

При проектировании подземных хранилищ газа следует решать в комплексе все вопросы эксплуатации объекта, в том числе и вопросы эксплуатации полигона захоронения промстоков.

При работе ПХГ требуется проведение постоянного контроля за его безопасной эксплуатацией и, в первую очередь, за соблюдением мониторинга геологической среды – недр, но это тема специальной лекции.

В заключительных разделах технологического проекта на основании расчетов вариантов создания ПХГ, технических решений, экологических исследований дается технико-экономическое сравнение представленных вариантов и рекомендуется оптимальный вариант для создания хранилища.

Вопросы и задания.

1. Охарактеризуйте преимущества создания ПХГ в истощенных месторождениях по сравнению с таковыми в водоносных пластах.
2. Обоснуйте возможную доразведку площади и проведение необходимых исследовательских работ, которые могут повлиять на технико-экономические показатели эксплуатации подземного хранилища газа и даже на возможность создания ПХГ.
3. Дайте характеристику исходным документам для выполнения технологических схем (проектов) создания ПХГ в истощенных месторождениях.
4. Дайте обоснование многоступенчатости процесса проектирования и уточнения параметров газохранилища.
5. Охарактеризуйте требования к техническому состоянию скважин всех категорий ПХГ.
6. Дайте обоснование важности и необходимости анализа разработки месторождения для определения технологических параметров будущего ПХГ.
7. Охарактеризуйте комплекс необходимых геологических, гидрогеохимических геофизических работ для обоснования целесообразности создания ПХГ?

Контрольные вопросы:

1. В зависимости от чего рассчитывается число необходимых эксплуатационных скважин?
2. Какие зависимости строятся для расчета основных технологических параметров ПХГ?
3. От каких параметров зависит время выхода ПХГ на циклическую эксплуатацию?
4. С какой целью производится физическое моделирование процесса закачки газа?
5. В каких случаях призабойная зона скважины оборудуется противопесочными фильтрами?
6. Почему производственные и попутные воды нельзя использовать в оборотном водоснабжении или сбрасывать в открытые водоемы?
7. От чего зависит положение объекта для закачки промстоков? Где он может располагаться?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме.

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).
2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИгаз, 1992. 21 с.
3. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

АНАЛИЗ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПХГ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ

Цель. Познакомить студентов с особенностями создания и эксплуатации ПХГ в отложениях каменной соли (на примере ПХГ Бернбург).

Теоретическая часть.

Подземные хранилища в соляных кавернах используются преимущественно для покрытия пиковых нагрузок, поскольку могут эксплуатироваться в «рывковом» режиме с производительностью отбора, на порядок превышающей производительность отбора из ПХГ в пористых структурах, а количество циклов может достигать до двадцати в год.

По этим причинам созданию ПХГ в каменной соли уделяется большое внимание в развитых странах. Это также связано и с рыночными условиями функционирования системы газоснабжения, так как ПХГ в каменной соли могут служить для компенсации краткосрочных колебаний газопотребления, для предотвращения штрафов за дисбаланс в поставках газа из-за аварий на газо-проводах, для планирования закупок на региональном уровне с учетом ежемесячных или суточных колебаний цен на газ.

В мире создано порядка 70 ПХГ в отложениях каменной соли с общей активной емкостью около 30 млрд м³.

Наибольшее количество ПХГ в соляных кавернах эксплуатируется в США – 31 ПХГ, общая активная емкость которых составляет порядка 8 млрд м³, а суммарный объем отбора газа из которых превышает 200 млн м³/сут.

В Германии эксплуатируется 19 ПХГ в соляных кавернах с суммарным объемом активного газа около 7 млрд м³, также планируется расширение действующих и строительство новых ПХГ с общей активной емкостью порядка 8 млрд м³.

На территории России в настоящее время строится три ПХГ в соляных кавернах: Калининградское (Калининградская область), Волгоградское

(Волгоградская область) и Березняковское (Пермская область), проектируется Новомосковское ПХГ (в районе г. Новомосковска).

Калининградское ПХГ предназначено для регулирования газоснабжения г. Калининграда, а также покрытия пиковых расходов спроса на газ в региональном масштабе при наступлении экстремальных условий – резком понижении температуры окружающей среды либо нарушениях штатного режима функционирования элементов газотранспортной системы. Перспективным является Новомосковское ПХГ, создаваемое в Тульской области Центрального федерального округа, так как данный регион испытывает определенный дефицит по суточной производительности – отбору газа из ПХГ.

При оценке пригодности объекта для сооружения и эксплуатации подземных хранилищ в отложениях каменной соли проводится комплекс разведочных работ: изучается геологический материал, бурятся разведочные скважины, проводятся геофизические, гидрогеологические исследования, отбираются керны для лабораторных исследований и т.д.

Подземные резервуары, созданные в отложениях каменной соли, залегают на глубинах, обеспечивающих возможность создания необходимого избыточного давления для обеспечения эксплуатационных режимов хранилища, и отвечают требованиям длительной устойчивости и герметичности при заданных геометрических характеристиках. Массивы каменной соли характеризуются значительной устойчивостью во времени, имеют практически ничтожную проницаемость, низкое (не более 1–3 %) содержание влаги, склонность к пластическому течению, что приводит к быстрому устранению образующихся дефектов (трещин) под воздействием веса толщи залегающих пород. Каменная соль имеет высокую теплопроводность (рисунок 4).

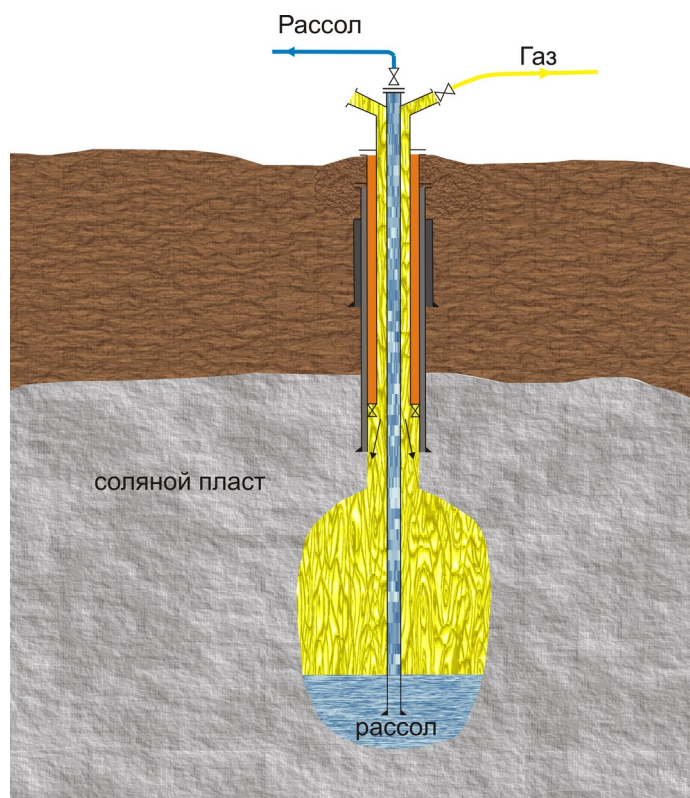


Рисунок 4. ПХГ в отложениях каменной соли

Отложения каменной соли могут быть перспективными для строительства ПХГ, если они выдержаны по площади, расположены на глубине не более 1500–1700 м и имеют толщину не менее 30 м. При этом каменная соль не должна содержать, как правило, прослоев легкорастворимых калийных, магниевых и других солей, а содержание рассеянных нерастворимых включений должно быть не более 35 % по массе в интервале заложения подземной выработки-емкости.

Главной задачей при создании подземных выработок-емкостей является оптимальное преодоление противоречия между процессом размыва верхней части выработки-емкости вследствие расслоения рассола по высоте и требованием сохранения устойчивости выработки-емкости под действием горного давления. Для решения данной задачи были разработаны различные технологические схемы рассолодобычи и способы управления формообразованием подземных выработок-емкостей.

Методы рассолодобычи различаются в зависимости от выбранной схемы подачи растворителя: противоточная («сверху–вниз»), прямоточная («снизу–вверх») и комбинированная.

К настоящему времени при строительстве подземных резервуаров в отложениях солей применяется, в основном, технология, основанная на принципе комбинированной схемы, когда значительная часть выработки отрабатывается послойно «снизу–вверх», а остальная – «сверху–вниз» – при заглубленной водоподаче, но с применением относительно небольшого объема нерастворителя. Такая схема применяется в основном при строительстве резервуаров в пластах средней и большой толщины.

Позднее для целенаправленного воздействия на процесс растворения соли была разработана технология с использованием энергии затопленных струй. При этом методе вода подается через центральную колонну в выработку в виде четырех горизонтально-направленных затопленных струй, формируемых с помощью специальных насадок. По этой технологии построено несколько резервуаров с геометрическим объемом от 10 до 60 тыс. м³.

Одной из главных проблем при строительстве подземных хранилищ является утилизация рассола, которая может осуществляться одним из следующих способов:

- передача рассола солепотребляющим предприятиями;
- естественная выпарка рассола;
- сброс рассола в глубокие водоносные горизонты;
- сброс рассола в отработанные горные выработки;
- сброс рассола в поверхностные акватории (моря, соляные озера) и, в порядке исключения, в крупные водотоки;
- передача рассола в системы заводнения нефтяных месторождений.

На стадии строительства обустройство ПХГ включает сооружение следующих элементов комплекса: технологические скважины, подземные выработки-емкости, водорассольный комплекс (водозаборы, насосные станции для воды и рассола, нагнетательные скважины, водо- и рассолопроводы, рассолоотстойники и т.д.), контрольные и наблюдательные скважины, производственно-административные здания, инженерные

коммуникации. На стадии эксплуатации создаются: парк подземных резервуаров, наземный технологический комплекс (компрессорная станция, установки очистки и охлаждения газа, узел замера расхода газа, установки подготовки газа к транспорту, газовые шлейфы и коллектора и др.).

Для размещения наземного комплекса ПХГ требуются небольшие земельные отводы (1–2 га), а высокая герметичность резервуаров не требует создания обширной сети контрольных и наблюдательных скважин. Технологические скважины эксплуатируются в оптимальном режиме закачки и отбора газа. Скорость движения газа по скважине составляет не больше 30–35 м/с, при этом темп снижения давления газа в резервуаре не должен превышать 0,3–0,5 МПа/ч.

При этом в большинстве случаев темпы отбора газа из ПХГ в каменной соли обычно ограничены только мощностью наземных установок осушки газа и чаще всего составляют 4–10 млн м³/сут из одной скважины. Кроме того, ПХГ в каменной соли можно эксплуатировать в условиях быстрой смены режимов отбора и закачки газа. В некоторых случаях количество таких циклов достигает до двадцати в год. Объем буферного газа в таких ПХГ составляет всего 20–25 % от общего объема хранимого газа.

Именно эти качества ПХГ в соляных кавернах послужили причиной их массового использования в развитых странах для сглаживания резких колебаний спроса на газ в пиковые периоды.

Для повышения эффективности эксплуатации системы газоснабжения наиболее оптимальным вариантом является создание системы ПХГ, состоящей из хранилищ в поровых средах, обладающих высокой и относительно дешевой активной емкостью, и хранилищ в отложениях каменной соли, обладающих высокой и относительно дешевой суточной производительностью.

ПХГ Бернбург в отложениях каменной соли входит в систему ПХГ концерна Фербунднетц Газ АГ (ФНГ), созданную в 1990 г. после смены политической власти в Германии.

ФНГ включает в себя 7200 км магистральных газопроводов, 6 компрессорных станций (4 из них – на ПХГ), 6 объектов ПХГ общей активной емкостью 2,3 млрд м³ (рисунок 5).

ПХГ Бернбург было введено в эксплуатацию в 1974 г. первой закачкой российского природного газа. На 2006 г. путем размыва подземных резервуаров-каверн в толще каменной соли мощностью до 400 м созданы 32 каверны с объемом 930 млн м³ активного газа.

Из комплексного соляного месторождения, в кавернах которого создано ПХГ, на соляном руднике добывают каменную соль.

В соответствии с горнотехническими требованиями точки заложения скважин находятся на расстоянии 220 м друг от друга.

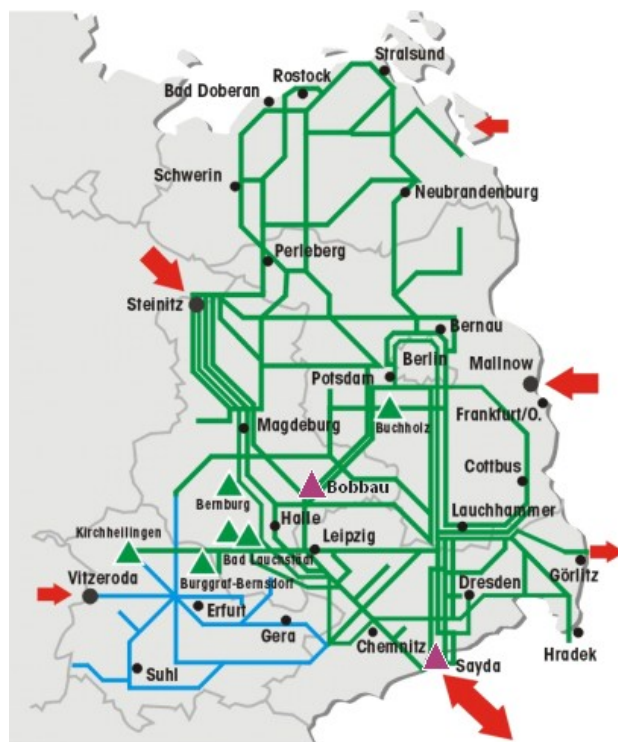


Рисунок 5. Система газоснабжения Фербунднетц Газ АГ

Между наружными контурами каверн необходимо оставлять охранный целик шириной 110 м. Глубинное заложение каверн и их заданные размеры позволяют поддерживать в каверне максимальное давление 110 бар, а также снижать давление при отборе до 25 бар.

Под слоем перекрывающих пород мощностью до 250 м встречается каменная соль Штассфуртской свиты мощностью от 250–650 м.

Условия залегания каменной соли Штассфуртской свиты на месте расположения каверн несложные и весьма однородные, поэтому каверны имеют очень малую сжимимость.

С целью наблюдения за явлениями оседания грунта над полем каверн и характеристикой сжимимости каверн каждые два года проводятся измерения оседания грунта в пределах сети опорных точек.

Благодаря размещению подземной полости в газонепроницаемой каменной соли обеспечивается геологическая герметичность газовых каверн.

Подземное оборудование скважин для процессов закачки и отбора представляет собой зацементированную обсадную колонну диаметром 11 3/4", в которой помещена эксплуатационная колонна диаметром 8 5/8" с пакером.

Эти колонны спущены со сварными соединениями. При необходимости эксплуатационную колонну можно поднять и заменить.

Подземное оборудование скважин позволяет достигать производительности до 180 000 м³/ч, т.е. отбора активного газа из одной каверны более 4 млн м³/сут. На устье скважины смонтирован мастер-клапан (Master-Valve) с пневматическим приводом арматур. В последние годы начали оборудовать каверны подземным предохранительным клапаном-отсекателем.

Процесс размыва каверн (или выщелачивания) состоял из следующих работ.

Каверна размывалась с 1994 по 1999 гг. Для размыва использовалась вода из р. Заале. Получаемый рассол направлялся на химические заводы Бернбурга, в том числе на завод концерна Сольвей для дальнейшей переработки.

Производственные мощности заводов, принимающих рассол, определяют по существу время строительства каверн на площади Бернбург.

Форма каверны достигается за счет различной глубины спуска рассольной колонны. В качестве нерастворителя, служащего для защиты кровли каверны, используется нефть. Большой перерыв между процессами

размыва каверны и ее первым заполнением газом (в 2004 г.), обусловлен отсутствием потребностей в подземном хранении газа в конце 1990-х гг. Однако за последние два–три года ситуация существенно поменялась. Необходимость в мощностях по подземному хранению газа в настоящее время больше, чем возможность создания новых мощностей.

Площадь с 32 кавернами при помощи 11 шлейфов через манифольд соединена с комплексом наземного оборудования. Индивидуальное измерение расхода у устья каверны не предусмотрено. Управление кавернами, объединенными в группы, осуществляется через узел измерения давления на устье скважины и узел измерения расхода в комплексе наземного оборудования.

Основным техническим компонентом комплекса наземного оборудования является компрессорная станция с четырьмя одноступенчатыми поршневыми компрессорами с электроприводом мощностью 3 МВт (введены в эксплуатацию на ПХГ Бернбург с момента его запуска). В 1993/1994 гг. они были автоматизированы и с тех пор функционируют без обслуживающего персонала. Компрессоры могут проработать как в режиме закачки, так и в режиме отбора газа. Их производительность составляет 80–120 тыс. м³/ч. Таким образом, для закачки имеются в распоряжении мощности от 7,6 до 11,5 млн м³/сут. За 90 сут хранилище можно заполнить на 100 %.

К важнейшему технологическому оснащению этого ПХГ также относятся пять установок осушки газа, в связи с тем, что закачанный газ в каверне поглощает влагу, оставшуюся там после процесса размыва.

В режиме отбора газа используются девять ниток регулирования для подачи газа в систему магистральных газопроводов ФНГ с давлением 55 бар и одна нитка – в систему магистральных газопроводов ФНГ с давлением 25 бар.

Расход через одну нитку регулирования 55 бар составляет 140 тыс. м³/ч, а через нитку регулирования 25 бар – 200 тыс. м³/ч. Таким

образом, можно одновременно осуществлять отбор 35 млн м³/сут.

Из-за долгого времени пребывания в каверне газ отбирается насыщенным свыше точки росы, и поэтому в установках осушки, работающих по принципу противотока гликоля, он высушивается ниже точки росы – минус 10°C.

ФНГ осуществляет допуск третьих сторон к свободным мощностям своих ПХГ в рамках Общих условий доступа к подземным хранилищам газа. Использование этих мощностей производится в ФНГ в основном через подразделение по торговле.

С целью своевременного выполнения действующей в Европе с апреля 2005 г. Директивы по управлению подземными хранилищами газа (Guidelines for Good Practice for Storage System Operators) ФНГ расширил объем предлагаемых услуг.

В настоящее время 5-й этап расширения ПХГ Бернбург включает строительство 5 каверн по 500 тыс. м³ геологической единицы, позволяющих увеличить объем активного газа на 250–300 млн м³ в 2005–2011 гг. Также в стадии подготовки находится 6-й этап расширения ПХГ в 2016–2025 гг.

Вопросы и задания.

1. Охарактеризуйте развитие ПХГ в отложениях каменной соли в России и других странах
2. Детально опишите комплекс разведочных работ, который проводится при оценке пригодности объекта для сооружения и эксплуатации подземных хранилищ в отложениях каменной соли
3. Дайте обоснование перспективности строительства ПХГ в отложениях каменной соли
4. Охарактеризуйте различные технологические схемы рассолодобычи и способы управления формообразованием подземных выработок-емкостей.

5. Охарактеризуйте способы утилизации рассола
6. Пользуясь методическими указаниями и другим опубликованным материалом составьте презентацию, характеризующую особенности создания и эксплуатации ПХГ Бернбург в отложениях каменной соли

Контрольные вопросы:

1. Для каких целей используются преимущественно ПХГ в отложениях каменной соли?
2. Какие преимущества создания ПХГ в отложениях каменной соли?
3. Чем ограничены в ряде случаев темпы отбора газа из ПХГ в каменной соли?
4. Какие существуют методы рассолодобычи?
5. Какая проблема возникает при строительстве подземных хранилищ в отложениях каменной соли?
6. Какие элементы входят в обустройство ПХГ на стадии строительства?
7. Какие ПХГ строятся в настоящее время на территории России в соляных отложениях?
8. Охарактеризуйте ПХГ Бернбург в отложениях каменной соли.
9. На каком расстоянии друг от друга в соответствии с горнотехническими требованиями находятся точки заложения скважин ?
10. Чем обусловлена глубина залегания подземных резервуаров, созданных в отложениях каменной соли?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме.

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).

2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИгаз, 1992. 21 с.

3. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.

1. Охарактеризуйте распределение объема активного газа по типам ПХГ и распределение ПХГ РФ по типам

2. Назовите характерные газовые рынки, исходя из наличия резервных мощностей ПХГ с долей российского газа

3. Какие комплексы ПХГ являются наиболее эффективными?

4. Охарактеризуйте Единую систему газоснабжения России.

5. За счет чего Страны Европы обеспечивают свою энергетическую безопасность?

6. Какие виды хранилищ имеются на европейском газовом рынке, в России и США?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме.

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).

2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИгаз, 1992. 21 с.

3. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ПОДЗЕМНОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ЗАКАЧКОЙ ПРОМСТОКОВ НА ПХГ И МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УВ

Цель. Познакомить студентов с особенностями подземного захоронения промышленных выбросов и с процессами, возникающими в подземной сфере при закачке промстоков, с гидрогеологическим мониторингом на ПХГ.

Теоретическая часть

Главными причинами ухудшения общей экологической обстановки являются кислотные дожди и парниковый эффект.

Парниковый эффект обусловлен увеличением концентрации в атмосфере промышленных газообразных выбросов. К основным загрязнителям атмосферы относятся: углекислый газ (CO_2), оксид углерода (CO), оксид серы (SO_2), оксиды азота (NO_x), которые образуются в основном в результате сжигания топлива. Рост концентрации углекислого газа в атмосфере в течение последних 100 лет составил 20 %. Основные источники поступления парниковых газов в атмосферу – электроэнергетика, нефтехимическая промышленность, металлургия.

Для снижения выбросов в атмосферу и улучшения экологической обстановки в 1992 г. была ратифицирована рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК), на основании которой в 1997 г. был подписан Киотский протокол, определивший обязательства стран-участниц по количественным показателям сокращений эмиссии парниковых газов в атмосферу на период до 2012 г. Следует отметить, что ряд стран (в том числе США и Китай) не ратифицировали Киотское соглашение. Россия позиционирует себя как ответственный член мирового сообщества. На международной конференции в Копенгагене (декабрь 2009 г.), посвященной изменению климата, Президент России Д.А. Медведев заявил о том, что страна принимает обязательство к 2020 г. сократить выбросы парниковых газов на 25 % по сравнению с 1990 г. По-видимому, во многом под влиянием общественного мнения свою позицию скорректировали США и Китай. На указанном форуме президент США Б. Обама заявил, что к 2020 г. страна готова сократить парниковые выбросы на 17 %. Китай декларировал свою приверженность следовать линии сокращения выбросов, но цифр никаких не обнародовал.

Существуют различные подходы к решению экологических проблем. Один из них – применение технологии улавливания, компримирования промышленных выбросов и закачки в углеводородосодержащие пласты с целью увеличения нефте- и газоотдачи, а также для долгосрочного захоронения.

Зарубежный опыт по захоронению углекислого газа в пористые структуры.

В 2008 г. в Германии (г. Кецин) стартовал первый в Европе проект CO₂SINK по закачке углекислого газа на суше. В течение первых двух лет общий объем закачки CO₂ составит около 60 тыс. т.

CO₂SINK – это совместный проект 18 различных компаний и организаций из 9 стран, целью которого является разработка основ для технологий хранения продуктов сгорания топлива путем закачки углекислого

газа в высокоминерализованные водоносные горизонты. Проект направлен на повышение эффективности научного и практического методов, применяемых при хранении углекислого газа в водоносном горизонте, а также на сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу и развитие будущего «геологического» хранения углекислого газа в Европе.

В Германии завершена постройка новой экологически чистой теплоэлектростанции (ТЭС), работающей на угле. На ТЭС применяется технология захвата и захоронения углекислого газа. Газообразные выбросы горения проходят специальную систему очистки, в результате чего углекислый газ отделяется, сжижается (объем при этом уменьшается в 500 раз) и помещается в баллоны, которые доставляют к месту захоронения. Там сжиженный углекислый газ закачивают на глубину 1000 м в пористую породу. Похожие проекты существуют у многих государств, однако Германия первой реализовала подобную идею на практике. В ближайшем году Евросоюз планирует построить еще 10–12 таких электростанций.

Мировые проекты по захоронению углекислого газа в геологические структуры перечислены в таблице 3.

Технологию улавливания и закачки углекислого газа целесообразно применять в крупных точечных источниках CO_2 , таких как энергоустановки или масштабные промышленные производства. Учитывая энергетические потребности, связанные с вариантом улавливания и определенными вариантами хранения и использования, а также возможность утечки из резервуаров-хранилищ, особое внимание необходимо уделять оценке надежности технологической цепочки в целом.

Каждый этап создания системы сбора и хранения гелия требует преодоления определенных трудностей, которые решаются исходя из финансовых и технических возможностей.

Таблица 3. Мировые проекты захоронения углекислого газа

Проект	Страна	Источник CO_2	Кол-во выбр	Резервуар	Начало, год
--------	--------	------------------------	-------------	-----------	-------------

			осов, Мт/го д		
Слейпнер	Норвегия	Добыча и очистка газа	1	Высокоминерализованный водоносный пласт	1996
Вейберн	Канада	Газификация угля	1	Увеличение нефтеотдачи	2000
Айн-Салах	Алжир	Добыча и очистка газа	1,2	Истощенный газовый резервуар	2004
K12-B	Нидерланды	Добыча и очистка газа	0,2	Истощенный газовый резервуар	2004
Зама	Канада	Добыча и очистка газа	0,067	Увеличение нефтеотдачи	2006
Снохвит	Норвегия	СПГ	0,7	Истощенный газовый резервуар	2008
Отвей	Австралия	Месторождение газа	0,1	Истощенный газовый резервуар	2008
Кецин	Германия	Производство водорода	0,03	Терригенный пласт	2008
Декатур	США	Производство этанол	0,3	Высокоминерализованный водоносный пласт	2009
Джоргон	Австралия	Добыча и очистка газа	3,3	Высокоминерализованный водоносный пласт	2009
Крейнфилд	США	Добыча и очистка газа	1	Высокоминерализованный водоносный пласт	2008– 2009
Энтрада	США	Добыча и очистка газа	1,1	Высокоминерализованный водоносный пласт	2008– 2012
Форт Нельсон	Канада	Добыча и очистка газа	1	Высокоминерализованный водоносный пласт	2011
TAME	США	Производство этанол	0,28	Терригенный пласт	2011

Чтобы приспособить технологию к отделению CO_2 , можно заменить дымовую трубу поглотительной башней, в которой отходящие газы вступают в контакт с абсорбентом (амины), выборочно поглощающим двуокись углерода. Во второй реакционной колонне (в башне десорбции) жидкость, содержащая амины, нагревается, освобождает концентрированный CO_2 и таким образом химический поглотитель восстанавливается. Полученный углекислый газ компримируют и сохраняют в специальных емкостях для его накопления или сразу производят закачку при условии, что каждая большая

модифицированная угольная электростанция будет связана с хранилищем CO_2 .

Однако наличие в мире широкого спектра различий геологических структур обуславливает проблемы технического характера. В частности, для хранения существует несколько возможных вариантов. Например, CO_2 можно закачивать (как уже отмечалось) в истощенные нефтяные и газовые пласты. Данный вариант закачки CO_2 обеспечивает потенциальное преимущество: CO_2 можно использовать для доизвлечения из пласта остаточных запасов нефти и газа. Существуют и другие варианты – закачка углекислого газа в водоносные пласты, угольные пласты, карбонизация минералов, а также растворение CO_2 в минерализованной пластовой воде.

Усовершенствование технологий захоронения промышленных газообразных выбросов.

В процессе хранения газообразных промышленных выбросов в пласте-коллекторе могут протекать различные геохимические реакции в зависимости от геологических условий, минерального состава пород пласта-коллектора, минерализации пластовой воды, присутствия органической материи. В процессе взаимодействия сжиженных газов (углекислый газ, сероводород, оксид серы) с минерализованной пластовой водой могут образовываться нерастворимые осадки, приводящие к снижению фильтрационно-емкостных свойств пласта. Возможны окислительно-восстановительные реакции в присутствии в водной среде окислителя и восстановителя. Следует иметь в виду, что в процессе хранения выбросов возможны утечки из пласта хранилища.

В связи с этим необходимо разработать методы захоронения и условия хранения промышленных газообразных выбросов в геологических пластах, при реализации которых остаются неизменными фильтрационно-емкостные свойства коллектора в процессе хранения закачанных газов (рисунок 18). Для минимизации рисков, связанных с долгосрочным хранением промышленных газов в геологических структурах, проводятся исследования в области

изучения физико-химических, электрокинетических, коррозионных явлений, фильтрационно-емкостных свойств при закачке CO_2 и смесей сжиженных газов в пласт.

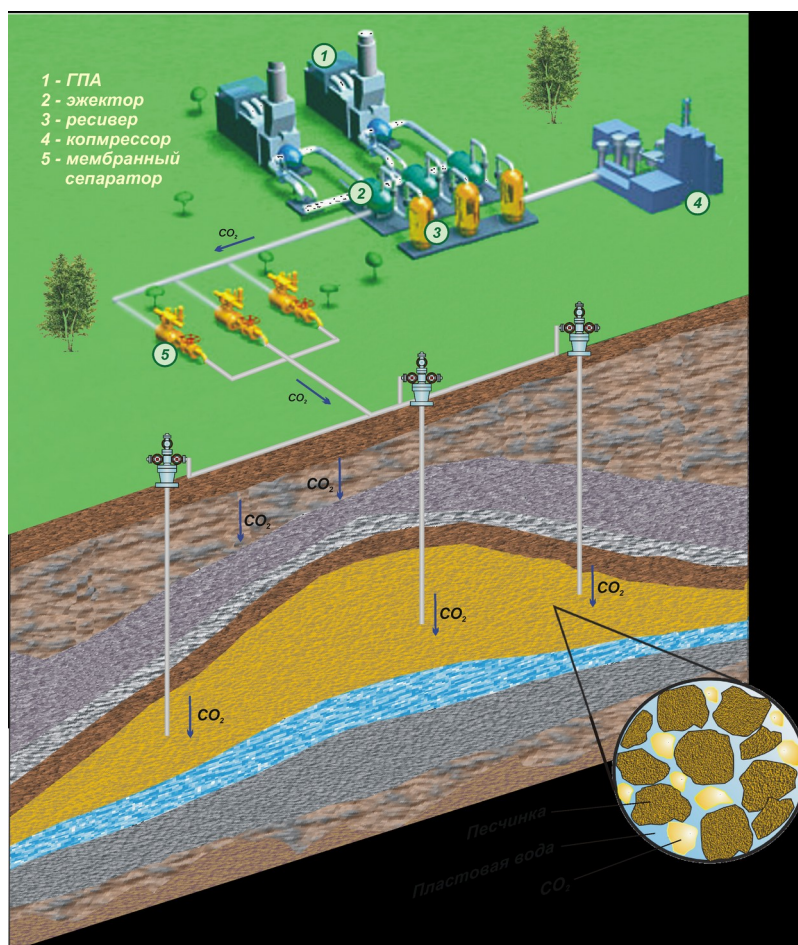


Рисунок 18. Схема захоронения CO_2 в пористый пласт

Для изучения хранения углекислого газа в коллекторе проводят следующие исследования:

- анализ источников выбросов;
- детальную геологическую характеристику;
- моделирование возможных геохимических реакций в пласте-коллекторе и в покрывающей породе;
- модельные исследования для прогнозирования долгосрочного хранения CO_2 в пласте;
- оценку рисков;
- оценку транспортировки углекислого газа от источника выброса до места хранения;

- технико-экономическую оценку.

Опыт, полученный при разработке и реализации мировых проектов, а также результаты физико-химического изучения влияния CO_2 и кислых газов на пласт-коллектор, используются для совершенствования новых проектов, количество которых постоянно увеличивается. Техничко-технологические решения по захоронению промышленных газообразных выбросов в геологические структуры будут важным звеном стратегии сохранения окружающей среды, которая в обозримом будущем, безусловно, будет выработана мировым сообществом как одно из основных руководств к действию человека на Земле.

В процессе эксплуатации месторождения возникает проблема утилизации попутных вод. Чаще всего это решается путем закачки вод в подземные горизонты, так как этот метод является наиболее рентабельным и менее опасным в экологическом отношении по сравнению со способами поверхностного хранения или химического обезвреживания стоков.

Необходимыми условиями при этом являются:

- наличие в качестве хранилища пласта-коллектора достаточной мощности и протяженности;
- надежно покрывающие и подстилающие пласт покрышек, изолирующие его от водоносных горизонтов;
- пластовая вода не может быть использована в качестве полезного ископаемого;
- исследованы физико-химические свойства стоков, пластовых вод и систем “сток - пластовая вода”, “сток - пластовая вода - порода”, “сток - порода”, на основании этого разработана технология подготовки стоков;
- не наблюдается снижение приемистости скважин из-за когельматации фильтрующего пространства пород;
- имеется система контроля за продвижением, состоянием стоков в пласте.

Как показал опыт работ по закачке промстоков на предприятиях газовой отрасли из-за отсутствия соответствующих исследований блок вопросов, связанный с комплексом технологических мероприятий при закачке, не всегда выполняется.

Отсюда и актуальность организации гидрогеологического мониторинга за закачкой промстоков.

В ряде случаев сброс сточных вод в поглощающий горизонт сопровождается подъемом пластового давления, нередко выше начального. Закачка больших объемов сточных вод, часто иного химического состава, или попутных вод, которые попали в атмосферные условия и претерпели изменения в составе за счет нарушения различных химических равновесий, приводит к заметным преобразованиям геохимического облика пластовых вод. Это сопровождается развитием процессов, характерных для зон гипергенезиса, новообразованием и выщелачиванием минералов, появлением сероводорода и др.

Рост пластового давления выше начального может вызвать значительные изменения гидрогеологических систем, как в районе нагнетательных скважин, так и в целом по площади. При этом вероятна угроза оттока части жидкости в верхние горизонты вследствие заколонных перетоков, вызванных низким качеством цементированья обсадных колонн, нарушением цементного камня при освоении и эксплуатации скважин, низким качеством самих обсадных колонн из-за негерметичности резьбовых соединений или коррозии металла.

Одной из причин снижения приемистости скважин и повышения давления является коагуляция порового пространства пласта при смешивании несовместимых вод, когда выпадают твердые осадки.

Потенциальными осадкообразователями в водах могут быть сульфат и карбонат-ионы, ионы кальция, магния, стронция, бария и, соответственно, их сульфатные и карбонатные соли.

Приемистость поглощающих скважин зависит от содержания в стоках механических примесей, плавающей и эмульгированной нефти, конденсата, закисного железа. Последнее в анаэробных условиях пласта, когда имеют место процессы сульфатредукции, может образовывать осадок сульфида железа.

Накопление взвешенных частиц и глобул конденсата и нефти на поверхности фильтрации и в пористой сфере происходит во всех случаях, когда их размеры близки размерам пор и трещин коллектора.

Закачка менее минерализованных стоков по сравнению с пластовой водой вызывает набухание глинистых частиц в терригенных коллекторах, что также снижает проницаемость пласта.

Для сохранения жизни нагнетательной скважины на длительный период необходимо проведение опытных и опытно-промышленных исследований по совместимости стоков, их стабилизации и на основании этого разработка технологии подготовки и регламента закачки стоков.

Эти исследования во многом определяют себестоимость работ по закачке промстоков в целом, т.е. закачка неподготовленных стоков в конечном итоге приводит к необходимости проведения дополнительных работ по капремонту, а иногда и строительству дополнительных поглощающих скважин, что значительно увеличивает себестоимость работ по закачке.

Подготовка поглощающей скважины к закачке и ее освоение обычно проводится по следующей схеме:

1. Спуск насосно-компрессорных труб, промывка скважин водой с доведением промывочной жидкости до постоянства состава и нормы по содержанию взвешенных частиц.

2. Выполнение опытных откачек на трех режимах, общей продолжительностью не менее трех суток с последующими наблюдениями за восстановлением уровня пластовой воды и забойного давления глубинным манометром.

3. Пробная закачка в скважину на трех режимах.

4. Применение методов активного воздействия на пласт в случае невысокой приемистости скважины, включая проведение солянокислотной обработки, гидроразрыва, гидropескоструйной перфорации и т.д.

5. Повторная промывка скважины, освоение ее и проведение закачки воды на трех режимах.

6. Обработка полученных данных и выбор оптимального режима закачки. Выше уже отмечалось, что при подземном захоронении промстоков наибольшую опасность представляют вертикальные перетоки в вышележащие водоносные комплексы из-за низкого качества цементаж колонны или из-за разрушения цементного камня или самих колонн в ходе эксплуатации. Потому постоянный контроль за интервалом поглощения и возможными заколонными перетоками является главным условием надежности подземного захоронения. Контроль осуществляется гидродинамическими, геофизическими и геохимическими методами.

Обычно перед началом работ по утилизации промстоков снимается фоновая гидрогеологическая обстановка как в принимающем пласте, так и в вышележащих водоносных комплексах, с целью фиксирования изменений, возникающих в ходе проведения работ по закачке промстоков.

Как показывает опыт работ по утилизации промстоков на НПО “Люминофор” в г. Ставрополе (Б.П. Акулинчев, 1992 г.), наиболее надежными методами контроля за поглощающим интервалом являются высокочувствительная термометрия, а также гамма-каротаж после закачки в скважину радоновой воды.

Из геофизических методов для контроля за техническим состоянием скважины применяется геотермический метод, широко распространенный в нефтяной и газовой промышленности.

Из всего многообразия мероприятий по контролю (мониторингу) на ПХГ основными являются:

1. Строительство мелких наблюдательных скважин для контроля за состоянием вышележащих горизонтов пресных подземных вод.

2. Наличие наблюдательных скважин для прослеживания движения фронта сточных вод по пласту и в вышележащих водоносных горизонтах с регистрацией и обобщением всех гидрогеологических, санитарно-гигиенических и микробиологических изменений в этих горизонтах.

3. Сезонные и многолетние наблюдения в районе полигона за санитарно-гигиенической обстановкой в горизонтах пресных подземных вод, гидрогеологический, геофизический, физико-химический контроль в скважинах, а также контроль за газопроявлениями.

4. Контроль за правильным обустройством сооружений по захоронению, оборудованием поглощающих и наблюдательных скважин, технологией работы сооружений по захоронению, внедрение мероприятий по борьбе с коррозией.

Таким образом, техногенные изменения природной гидрогеологической обстановки при динамическом насыщении сред углеводородами неизбежно оказывают влияние на характеристику пласта-коллектора, продуктивность работы скважин, химический облик и газовую составляющую вод, коррозионную опасность промышленного оборудования. Поэтому система гидрогеологического контроля на ПХГ является составной частью мониторинга подземного газохранилища.

Вопросы и задания.

Проанализируйте материалы методических указаний, сведения, имеющиеся в опубликованных работах, в интернете и составьте презентацию, в которой четко осветите особенности подземного захоронения промышленных выбросов, обратив особое внимание на усовершенствование технологий захоронения промышленных газообразных выбросов и особенности гидрогеологического контроля за закачкой промстоков на ПХГ, акцентируя внимание на актуальности организации гидрогеологического мониторинга за закачкой промстоков.

Контрольные вопросы:

1. Необходимые условия возможности путем закачки попутных вод в подземные горизонты.
2. Наиболее надежные методы контроля за поглощающим интервалом в скважине при закачке промстоков.
3. Геофизические методы контроля за техническим состоянием скважины.
4. Основные мероприятия по контролю (мониторингу) на ПХГ.
5. Какое влияние на работу ПХГ оказывает динамическое насыщение среды углеводородами?
6. К развитию каких процессов, характерных для зон гипергенезиса, приводит закачка больших объемов сточных вод?
7. К развитию каких процессов в глинистых породах приводит закачка менее минерализованных стоков по сравнению с пластовой водой?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме.

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).

2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИГаз, 1992. 21 с.
3. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ И ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА

Специальность 21.05.02 Прикладная геология

Специализация Геология месторождений нефти и газа

Ставрополь

2025

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 21.05.02
Прикладная геология

Цель методических рекомендаций:

1. Методическое сопровождение процесса введения и реализации требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее ФГОС ВО), помощь при разработке рабочих учебных программ дисциплин образовательной программы (далее ОП).
2. Создания в образовательном учреждении учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

Методические рекомендации определяют сущность самостоятельной работы студентов в вузе, ее назначение, планирование, формы организации и виды контроля.

Содержание

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО
2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов
3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО

1.1. Требования к условиям реализации ОП:

- требования к обязательному минимуму содержания образовательной программы подготовки бакалавра, к условиям ее реализации и срокам ее освоения определяются настоящим ФГОС ВО;

- в программу бакалавриата входит «Дисциплины (модули)», который включает дисциплины (модули), относящиеся к обязательной части программы и дисциплины (модули), относящиеся к части, формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплины (модули), относящиеся к обязательной части программы бакалавриата, являются обязательными для освоения обучающимся вне зависимости от направленности (профиля) программы бакалавриата, которую он осваивает. Набор дисциплин (модулей), относящихся к обязательной части программы бакалавриата, вуз определяет самостоятельно в объеме, установленном настоящим ФГОС ВО. Дисциплины (модули), относящиеся к части, формируемой участниками образовательных отношений определяют направленность (профиль) программы бакалавриата. Набор дисциплин (модулей), относящихся к части, формируемой участниками образовательных отношений, определяет вуз самостоятельно в объеме, установленном настоящим ФГОС ВО. После выбора обучающимся направленности (профиля) программы, набор соответствующих дисциплин (модулей) становится обязательным для освоения обучающимся;

- максимальный объем учебной нагрузки студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем дисциплинам и постоянно восполняться научной литературой и периодическими изданиями нефтегазового профиля.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение:

- в рабочем учебном плане,
- в рабочих программах учебных дисциплин с распределением по разделам или конкретным темам.

2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитию исследовательских умений.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В учебном процессе образовательного учреждения выделяются два вида самостоятельной работы:



3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы

1. Просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем.
2. Самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе.
3. Обсуждение результатов выполненной работы на занятии.
4. Тестирование.
5. Письменный опрос.
6. Устный опрос.
7. Индивидуальное собеседование.
8. Коллоквиум.
9. Отчет о проделанной работе.
10. Защита рефератов или курсовой работы.
11. Творческий конкурс.
12. Интернет-конференции.
13. Контрольная работа.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;

- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.

Список литературы

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студентов, обучающихся по направлению "Геология" / [В. В. Авдонин и др.] ; под ред. В. В. Авдонова [Текст]. - Москва : Академия, 2011. - 407 [1] с. : ил., фот., карты, граф., диагр. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Естественные науки).
2. Регламент контроля и наблюдений за созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа в пористых пластах. - М.: ВНИИГаз, 1992. 21 с.
3. Совершенствование системы контроля за эксплуатацией Северо-Ставропольского ПХГ // Зиновьев В.В., Игнатенко Ю.К., Завгороднев А.В. и др. // Материалы заседания Комиссии газовой промышленности по разработке газовых месторождений и использованию недр. М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2002. С. 41 – 51.