

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Мониторинг динамики ГВК по данным ГИС
на примере Степновского ПХГ»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 геология
геологического ф-та
Тремасовой Марины Сергеевны

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2019

Введение. Заметный вклад в бюджет страны вносят топливно-энергетические ресурсы (в том числе газ) при их экспорте за границу и продажи на внутреннем рынке. Энергичное освоение газовых месторождений на Севере и строительство магистральных газопроводов в Европейской части России выдвинули проблемы, связанные с регулированием газоснабжения, на первое место, а подземные хранилища газа (ПХГ), в свою очередь, приобрели важное стратегическое значение.

Степновское ПХГ использует значительный фонд эксплуатационных скважин, в результате циклических закачек и отбора газа происходит разнонаправленное движение газо-водяного контакта (ГВК), значительные колебания давления и температуры. Воздействие этих факторов приводит к изменению фильтрационно-емкостных свойств, сокращению газонасыщенной мощности, разрушению скелета продуктивного коллектора ПХГ. Вот почему актуальные проблемы мониторинга и своевременной диагностики в ПХГ стали темой настоящего исследования.

Цель работы – мониторинг динамики ГВК (газоводяного контакта) на примере эксплуатации Степновского ПХГ.

В рамках настоящей работы решался комплекс исследовательских задач:

- рассмотреть геолого-геофизические условия объекта исследования;
- ознакомиться с методикой исследования;
- изучить результаты проведенных геофизических исследований на скважинах Степновского ПХГ;
- сформировать корреляционные схемы отложений воробьевского горизонта;
- построить корреляционные схемы параметра газонасыщенной мощности;
- провести анализ результатов мониторинга.

Решение поставленных задач осуществлялось с привлечением фондовых материалов предприятия, литературных источников, интернет-ресурсов; систематизации и обобщения данных, картографического, личного

наблюдения, описания, а также с помощью применения программного обеспечения CorelDraw.

Структура и объём работы. Магистерская работа общим объёмом 66 страниц состоит из обозначений и сокращений, введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и двух приложений.

Основное содержание работы. 1. Геолого-геофизическая характеристика района расположения филиала ООО «Газпром ПХГ» «Степновское ПХГ». Степновское подземное хранилище газа расположено на равнинной левобережной части р. Волги, в административном отношении – в пределах Советского района Саратовской области. Степновская структура была выявлена сейсморазведочными работами МОВ, проведенных в 1950-1951 годах, и подтверждена структурным и разведочным бурением, проведенным в 1951-58 годах, наличием поднятия как по палеозойским, так и мезозойским реперам. В 1953 году получен первый газ, с 1958 года началась промышленная эксплуатация месторождения, а с 1973 года используется как подземное хранилище (создано в истощенных залежах D_2V , D_2VI , D_2IV^a и D_2IV^b).

Резервуары ПХГ относятся к Живетскому ярусу среднего девона – к воробьевскому, и ардатовскому горизонтам, которые представлены переслаиванием песчаников, алевролитов, аргиллитов, глин.

Степновское ПХГ эксплуатируется в 2-х режимах:

- режим закачки газа в хранилище – 180 суток (май-октябрь);
- режим отбора газа – 150 суток (октябрь-май).

Степновское поднятие сложено отложениями девонской, каменноугольной и пермской систем палеозойской эратемы, юрской и меловой систем мезозойской эратемы, неогеновой и четвертичной систем кайнозойской эратемы.

В тектоническом отношении территория исследования располагается в пределах Степновского сложного вала (в его центральной части), протяженностью 60 км, разделяющего Воронежский и Токмакский своды,

входящего в состав Рязано-Саратовского прогиба юго-восточной части Русской платформы.

В нефтегазоносном отношении на Степновской структуре установлено: три газоконденсатных залежи в бобриковском и малевском горизонтах нижнего карбона и мосоловском горизонте девона; четыре нефтегазоконденсатных залежи в ардатовском и воробьевском горизонтах среднего девона.

2 Методика исследований. Эксплуатация опасных производственных объектов ПХГ включает в себя организацию мониторинга на период опытно-промышленной эксплуатации объекта.

Мониторинг недр осуществляется с помощью геофизических исследований скважин (ГИС) и позволяет в значительной степени контролировать процесс эксплуатации объектов хранения газа, оценить состояние всех элементов подземного оборудования скважин, всевозможные потери и уходы газа, имеющие место в подземной части ПХГ, а также контролировать воздействие опасного производственного объекта на окружающую среду (направление – ГИС-контроль).

В Спновском ПХГ ГИС проводятся по трём основным направлениям:

- ГИС - контроль – проведение ГИС при контроле за эксплуатацией подземных хранилищ газа по всему фонду скважин согласно регламенту;
- ГИС - диагностика – проведение ГИС без подъема НКТ (насосно-компрессорные трубы) в газовой среде, а также при капитальном ремонте без НКТ для определения степени изношенности обсадных колонн;
- ГИС - техконтроль – проведение ГИС при капитальном ремонте скважин без НКТ при заполнении ствола скважины раствором.

Одной из главных задач при проведении ГИС-контроля за эксплуатацией ПХГ по всему фонду скважин согласно регламенту является определение эффективной газонасыщенной мощности эксплуатируемых объектов. Среди специальных направлений при проведении ГИС-контроля является изучение динамики движения ГВК на Степновском ПХГ. Работы проводятся в нейтральный период при максимальных и минимальных давлениях по

определенной сетке скважин, подготовленных для решения поставленной задачи.

Для определения необходимых характеристик объекта эксплуатации (определение насыщения пластов-коллекторов и положения ГВК) применяется аппаратура радиоактивного каротажа (РК), включающие такие методы как гамма-каротаж (ГК), нейтронный гамма-каротаж (НГК) и импульсный нейтрон-нейтронный каротаж (ИННК). В работе дана краткая характеристика и физическая основа методов.

Радиоактивный каротаж — комплекс ядерно-физических методов изучения состава и строения горных пород, слагающих стенки скважин, а также контроля за техническим состоянием скважин. В соответствии с видом регистрируемого излучения различают разновидности гамма-каротажа и нейтронного каротажа.

Гамма-каротаж (ГК) основан на измерении естественного гамма-излучения, возникающего в результате самопроизвольного распада радиоактивных элементов, содержащихся в горных породах (обусловлено присутствием главным образом урана и тория, а также радиоактивного изотопа калия K^{40}). Измеряемая величина — скорость счета в импульсах в минуту (имп/мин). Основная расчетная величина — мощность экспозиционной дозы в микрорентгенах в час (МЭД, мкР/ч) [Калинникова М.В., 2005].

С использованием ГК решают технологическую задачу — увязку по глубине данных всех видов ГИС.

Нейтронный гамма-каротаж (НГК) — один из методов каротажа нейтронного, основанный на измерении интенсивности гамма-излучения радиационного захвата, возникающего в результате облучения горной породы потоком быстрых нейтронов. Измеряемая величина — скорость счета в импульсах в минуту (имп/мин); расчетная величина — водородосодержание пород в условных единицах.

Импульсный нейтрон-нейтронный каротаж (ИННК) в нефтегазодобывающих предприятиях России является распространённым. При

данном методе горная порода облучается кратковременными потоками быстрых нейтронов длительностью ΔT (импульс в интервале времени), следующими один за другим через определенные промежутки нейтронного времени T . После окончания импульса, через некоторое время (время задержки T_z), в течение промежутка времени (ΔT) измеряется плотность нейтронов или продуктов их взаимодействия с горной породой (в отличие от НГК, при котором “испускание” нейтронов происходит постоянно, а не дискретно как при ИННК). Поэтому в результате записи имеется несколько кривых (каждая из которых соответствует определённому времени задержки).

Количественная оценка насыщенности коллекторов по данным ИННК базируется на зависимости среднего времени жизни тепловых нейтронов в породах от характера и содержания насыщающих флюидов. Показания кривых выражаются в имп/мин (импульсах/минута), а временные замеры (T_z) в мкс (микросекундах) [Мартынов В.Г., 2009].

3 Результаты исследований. В данной работе рассматривается воробьевский горизонт, а именно пласт D_2V+VI , так как он является основным объектом газохраниения Степновского ПХГ (с этими пластами связаны основные объемы газа).

Наличие незначительных по мощности перемычек между пластами, которые не могут надежно изолировать их друг от друга, наличие одинаковых пластовых давлений и одного контакта дает основание рассматривать пласты D_2VI и D_2V как единый эксплуатационный объект газохраниения (D_2V+VI).

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что залежь пластов D_2V+VI приурочена к линейной пластовой водонапорной системе.

Опыт эксплуатации Степновского ПХГ показал, что режим работы пласта D_2V+VI – упруговодонапорный. Водонапорная система указывает на важность мониторинга за газонасыщенной мощностью и динамикой ГВК, так как граница ГВК при данной системе соответствует границе залежи (то есть граница залежи не литологическая).

Изучен каротажный материал по скважинам с целью определения насыщения и положения ГВК (из 136 рассмотренных планшетов, только у четырёх скважин планшеты совпали в едином интервале времени – скважины исследованы в одни года – в 2005, 2015 и 2017гг, в один период работы ПХГ – нейтральный, весна – после отбора), представленный в приложении А магистерской работы. Исходя из анализа всех имеющихся материалов по объекту (Степновское ПХГ) корреляционную схему (за 2015 и 2017гг.) удалось выстроить вдоль направления – скважины № 76, 21, 35, 48.

В соответствии с методикой, коллекторы выделяются по наименьшим показаниям гамма каротажа (ГК), соответствующим неглинистым разностям пород. Относительно нейтронного гамма каротажа (НГК) газонасыщенные коллектора регистрируются повышенными значениями показаний кривой НГК (в случае обводнения газонасыщенных коллекторов в ходе эксплуатации происходит, наоборот, уменьшение показаний). Кривая ИННК в целом схожа с кривой НГК – газонасыщенные породы характеризуются высокими показаниями, но в водонасыщенных коллекторах увеличение содержания ионов хлора увеличивает показания НГК, в то время как показания ИННК уменьшаются. На диаграмме ИННК легко выделяется ГВК пласта-коллектора – показания против водоносных пластов уменьшаются, в сравнении с газоносными пластами [Шулаев В.Ф., 2007].

Скважины № 76, 21 и 35 располагаются в «восточном» прогибе Степновского ПХГ, а скважина № 48 – в юго-восточной части северо-восточного поднятия Степновского ПХГ.

Подробное описание насыщения интервалов пласта-коллектора D₂V+VI воробьевских отложений по исследуемым скважинам Степновского ПХГ приведено в табличном виде в приложении Б магистерской работы.

Мониторинг проводится с целью повышения эффективности работы ПХГ, а эффективность работы, в свою очередь, определяется «хорошими, чистыми» скважинами, интервалами перфорации, а также режимом закачки и отбора газа на ПХГ [Дидковская А.С., 2002].

Задача мониторинга – осуществить поиск скважин, снижающих эффективность работы и подлежащих ремонту, и по результатам работ откорректировать режим эксплуатации ПХГ.

Проанализировав корреляционные схемы за 2015 и 2017 гг., заключения по результатам ГИС по скважинам № 76, 21, 35, 48 Степновского ПХГ принято решение дополнить исследование данными за 2005 год, чтобы охватить бóльший интервал времени (12 лет). В результате чего были построены для наглядности диаграммы (корреляционные схемы газонасыщенной мощности пласта D2V+VI), которые показали изменение газонасыщенной мощности и динамику ГВК (нижняя граница газонасыщенной мощности): газонасыщенная мощность меняется, положение ГВК во всех скважинах отмечается в интервале пласта-коллектора D2V+VI, за исключением скважины № 21 в 2005 году, где по данным ГИС-контроля ГВК не отмечается, поскольку скважина в капитальном ремонте.

Для более полного и корректного анализа дополнили данные информацией о закачке/отборе газа в Степновском ПХГ, вводя соответствующий коэффициент – коэффициент отбора по каждому исследуемому году.

Результат мониторинга за динамикой ГВК показал, что во всех рассмотренных скважинах происходит сокращение газонасыщенной толщины, наряду с этим, отчетливо видно насколько сузился текущий контур ГВК (по данным 2015 года) в сравнении с начальным контуром (на момент создания ПХГ).

По результатам наблюдений последних лет на рассматриваемом участке (Степновское ПХГ) наиболее активное внедрение воды в пласт D2V+VI отмечается в северной части юго-западного поднятия, южной части «восточного» прогиба и юго-восточной части северо-восточного поднятия.

Исследуемые скважины расположены на водоопасных участках (скважины № 21 и 35 расположены в зоне прогибов, скважина № 48 – в

приконтурной зоне ГВК, а скважина № 76 – и в зоне прогиба, и в приконтурной зоне ГВК), что приводит к регулярным выносам пластовой воды при отборе.

Заключение. Степновское ПХГ – предназначено для выравнивания сезонной неравномерности и пиковых нагрузок газопотребления Саратовской области и центральных районов России с помощью создания долгосрочных запасов газа в подземных горизонтах.

Основным объектом газохраниения Степновского ПХГ является пласт D₂V+VI воробьевского горизонта. Коллекторами пласта D₂V+VI являются хорошо сцементированные песчаники, выдержанные по толщине. К ним приурочена газовая залежь пластового сводового типа, эксплуатируемая при упруговодонапорном режиме.

В работе рассмотрен разнообразный геолого-геофизический материал, на основании которого построены корреляционные схемы: корреляционная схема отложений воробьевского горизонта в 2015 и 2017 гг., корреляционная схема газонасыщенной мощности пласта D₂V+VI 2005, 2015 и 2017 гг. Проанализировав корреляционные схемы по скважинам № 76, 21, 35, 48 сформированы результаты выпускной квалификационной работы.

Результат мониторинга за динамикой ГВК на Степновском ПХГ показал, что во всех рассмотренных скважинах происходит сокращение газонасыщенной толщины, сужение текущего контура ГВК (в сравнении с начальным контуром).

На рассматриваемом объекте происходит внедрение воды в пласт D₂V+VI. Цикличность работы Степновского ПХГ обуславливает необходимость систематического контроля за продвижением ГВК по продуктивному пласту. Стратегия управления процессом отбора газа из пласта основана на контроле и своевременном отключении обводнившихся эксплуатационных скважин.

В качестве рекомендаций предлагается:

- для всех скважин, расположенных в прогибах и приконтурных зонах ГВК необходимо выполнять постоянный мониторинг динамики газо-водяного контакта, чтобы оперативно и своевременно принимать решения;

- осуществлять щадящий режим отбора для скважин, находящихся вблизи контура ГВК, а также с малой газонасыщенной мощностью, во избежание их обводнения до кровли коллектора, что может привести к выходу их из эксплуатации, ещё большему сужению текущего контура ГВК, что повлечет за собой снижение эффективности работы ПХГ.