

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**«Геофизические исследования при контроле за эксплуатацией
Елшано-Курдюмского ПХГ»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы

Направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль «Геолого-геофизический сервис»

Геологического факультета

Василенко Юрия Александровича

Научный руководитель

кандидат геол.-мин. наук, доцент

подпись, дата

Б.А. Головин

Зав. кафедрой

кандидат геол.-мин. наук, доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2024

Ведение. Елшано-Курдюмское подземное хранилище газа создано в выработанных газонефтеносных пластах бобриковского, кизеловского и тульского горизонтов. Обеспечивает закачку, хранение и отбор «голубого топлива» в пористых пластах бывшего Елшано-Курдюмского газонефтяного месторождения с целью регулирования сезонной неравномерности газопотребления города Саратова и Саратовской области, а также поддержания рабочего давления в системе магистральных газопроводов «Средняя Азия-Центр».

Елшанское газонефтяное месторождение было открыто в 1941 году. Эксплуатация основной газонефтяной залежи в тульском, бобриковском и кизеловском горизонтах осуществлялась в период с 1943 по 1966 годы. С июля 1966 года началась опытно-промышленная закачка газа в эти горизонты с параллельной довыработкой нефтяной оторочки. С тех пор и по настоящее время, месторождение является подземным хранилищем газа.

Геофизическими методами определяют газонасыщенность объекта хранения и контрольных горизонтов, пластовую температуру, осуществляют контроль за техническим состоянием скважин.

Определение характера насыщения эксплуатируемых пластов-коллекторов посредством системного мониторинга за изменением интервалов насыщения, а также за изменением положения ГВК являются важными задачами, которые входят в обязательный комплекс ГИС-контроля. Решение этих задач позволяет осуществлять контроль за эксплуатацией ПХГ, увеличивать период эффективной работы, уменьшать риски обводнения скважин, продлевать срок межремонтного периода и как приоритет сохранить рабочий объём порового пространства газохранилища. Оценка характера насыщения пластов-коллекторов является необходимым этапом контроля за эксплуатацией ПХГ.

Целью работы является исследование динамики насыщения пласта-коллектора и положения ГВК ГИС-методами на примере эксплуатации Елшано-Курдюмского ПХГ.

Для выполнения поставленной цели работы решались задачи:

- изучить геолого-геофизические условия объекта исследования;
- описать методику исследования;
- исследовать физико-теоретические основы используемых методов ГИС;
- проанализировать результаты проведенных временных геофизических исследований по оценке характера насыщения и определению положения ГВК пласта-коллектора C1tl тульского горизонта на скважине Елшано-Курдюмского ПХГ.

Решение поставленных задач осуществлялось с изучением фондовых материалов предприятия, литературных источников, интернет-ресурсов; систематизации и обобщения данных, личного наблюдения, описания.

Данная квалификационная работа состоит из обозначений и сокращений, введения, трех разделов, заключения и списка использованных источников.

Основное содержание работы. 1. Геолого-геофизическая характеристика района работ. Елшано-Курдюмское газонефтяное месторождение расположено на территории Саратовской области.

Ближайшими населенными пунктами являются: пос. Курдюм, Разбойщина, Атамановка, Сторожевка и другие.

Связь с центром города Саратова осуществляется по асфальтированным дорогам. На юго-западе и востоке района проходят железнодорожные магистрали Саратов-Москва; и Саратов-Самара.

Рельеф местности расчлененный; многочисленными оврагами; балками, речными долинами и пологими водораздельными плато.

Максимальные высоты достигают отметок +158м. Гидрографическая сеть района, представленная реками Елшанкой, Курдюмом и Большой Гуселкой.

Климат района континентальный со среднегодовой температурой воздуха +5,4°С.

В 1940 году на описываемой территории проводилась геологическая съёмка, по данным которой было выделено Елшано-Курдюмское поднятие. В 1941 году в пределах поднятия были проведены сейсмические работы и крелиусное бурение.

По результатам этих работ, а также в связи с промышленным фонтаном газа из верейских отложений, полученным из скважины в апреле 1941 года, началось глубокое разведочное бурение.

Разведка месторождения велась одновременно с эксплуатационным бурением.

В первую очередь проводилась разведка и подготовка фонда эксплуатационных скважин по верейскому горизонту.

Одновременно, отдельными скважинами осуществлялась разведка отложений среднего, а затем нижнего карбона и ввод их в эксплуатацию.

В результате разведочных работ в течение 1942 года и, в основном, 1943 года, были открыты газоносные горизонты в отложениях мелекесского (IV пачка верейского горизонта) и черемшано-прикамского горизонта (нижнебашкирский горизонт), намюрского и турнейского ярусов (черепетский горизонт), а в 1944 году получены газовые фонтаны из отложений бобриковского горизонта (угленосная свита).

В 1945 году была открыта нефтяная оторочка бобриковско-кизеловской залежи, а в 1947 году получены первые данные, указывающие на промышленную газоносность тульских отложений.

В том же году начато бурение на девонские отложения опорной скважины. В 1946 году обнаружена нефть в отложениях черепетского горизонта.

В 1946 году было закончено строительство газопровода Саратов-Москва.

В связи с тем, что одновременно с разведкой залежи месторождения вводились в эксплуатацию, необходимо было иметь представление об их размерах и содержащихся в них запасах нефти и газа.

По результатам бурения скважин в 1948 году впервые подсчитаны запасы газа в верейском, мелекесском, черемшано-прикамском, бобриковском и кизеловском горизонтах. Запасы были утверждены Всесоюзной комиссией по запасам полезных ископаемых.

К концу 1952 года геологоразведочные работы на бобриковский, кизеловский и черепетский горизонты, в основном, были закончены, при этом

установлены общие размеры и форма структуры, оконтурена и изучена газонефтяная залежь, изучено изменение литологического состава пород, их мощности и газонефтенасыщенности.

По состоянию изученности на 01.11.1952 года были подсчитаны запасы нефти и газа в песчаных коллекторах бобриковского горизонта. Запасы утверждены Всесоюзной комиссией по запасам полезных ископаемых 12.04.1953 года.

Ввиду отсутствия данных по отдельному опробованию черепетского горизонта, запасы последней не рассматривались и поэтому не утверждались.

Разведка девонских отложений началась в 1947 году и была закончена в 1957 году. Если в пределах Елшано-Курдюмской площади в карбоне вырисовывается одно обширное поднятие, то в девоне бурением установлены три поднятия - Атамановское и Елшанское, расположенные вдоль крутого восточного крыла, а также Курдюмское поднятие, зафиксированное в девоне в виде обособленной антиклинальной складки.

За период с ноября 1952 года по апрель 1967 года, согласно рекомендациям Всесоюзной комиссии по запасам полезных ископаемых о дополнительном опробовании газонефтяной залежи турнейского яруса в целях уточнения исходных данных для подсчета запасов, были пробурены разведочные скважины в юго-западной части структуры.

За это же время на девонские отложения пробурена 21 скважина. Всего на девонские отложения пробурено 23 скважины разведочные и 4 эксплуатационные. В течение 1967-1968 года для проведения опытно-промышленной закачки газа в бобриковско-кизеловско-черепетскую залежь было пробурено 9 эксплуатационно-нагнетательных скважин.

2. Методика геофизических исследований скважины. Регламентные работы в наблюдательных (геофизических, пьезометрических) и действующих скважинах в сезон закачки и отбора, в нейтральный период обеспечивают получение параметров, необходимых для принятия решений о проведении геолого-технологических мероприятий, направленных на выполнение

проектных решений.

Для определения текущих характеристик объекта эксплуатации (этажа газонасыщенности, коэффициента газонасыщенности, контура газоносности) применяется аппаратура радиоактивного нейтронного гамма-каротажа (НГК), импульсного нейтрон-нейтронного каротажа (ИННК).

Для определения эксплуатационных характеристик применяется комплексная технология исследований, включающая радиоактивные и газодинамические методы (барометрия, влагометрия, высокочувствительная термометрия, термокондуктивная расходометрия), устьевые замеры давления цифровыми датчиками.

Комплекс геофизических исследований определяется поставленными задачами по контролю за эксплуатацией ПХГ и учитывает такие факторы как тип скважин, их оборудование, геолого-технические условия ПХГ и прочие. Для решения поставленных задач в действующих скважинах ПХГ комплекс методов ГИС включает в себя обязательные и дополнительные исследования.

При геофизическом исследовании скважины № А на Елшано-Курдюмском ПХГ были проведены исследования методами, согласно заявке на выполнение геофизических работ.

Целью этих исследований является определение положения газо-водяного контакта и определение мощности газонасыщенной толщи в продуктивном интервале.

3. Результаты исследований. В данной работе рассмотрен комплекс ГИС-контроль, проведенный в скважине № А Елшано-Курдюмского ПХГ.

В соответствии с целью выпускной квалификационной работы, исследование динамики характера насыщения пласта-коллектора, детальный комплекс проведен методами: термометрии, влагометрии, барометрии, локация муфт, гамма-каротаж, нейтронный гамма-каротаж, импульсно нейтрон-нейтронный каротаж, в нейтральный период эксплуатации ПХГ, весной 2023 года, после отбора газа из ПХГ. В работе представлен каротажный материал 2023 года и показан в интервале пласта-коллектора С1т1 тульского горизонта.

ГИС-контроль проводится в скважинах, оснащенных подземным оборудованием (насосно-компрессорные трубы, пакерные устройства, фильтры) и без него, что сказывается на информативности исследований.

В промышленных условиях стволы исследуемых скважин могут иметь однородное заполнение водой или газом, их смесью в различных сочетаниях, находящихся в статическом или динамическом состояниях.

Стандартный комплекс ГИС для определения положения ГВК проводится после отбора и закачки газа в ПХГ для контроля за динамикой продвижения газожидкостного контакта.

Исследования эксплуатационных скважин обычно дополняются измерениями, выполняемыми после их остановки, при этом измеряемые физические параметры изменяются во времени.

В основу оценки характера насыщения пластов-коллекторов положен принцип сравнения двух замеров, полученных в нейтральный период, до и после закачки газа в ПХГ.

Газоносный пласт имеет меньшее водородосодержание, чем водоносный или нефтеносный пласт той же пористости. Показания стандартных зондов нейтронного каротажа против газоносного пласта выше, чем против водоносного или нефтеносного при прочих равных условиях. Показания НГК определяются как параметрами пласта-пористостью, водонасыщенностью, литологическим составом, так и условиями измерений-заполнением скважины, эксцентриситетом обсадной колонны и другое. Представлено в приложении Б.

В обсаженных скважинах диаметром 146мм замена воды на газ повышает показания НГК примерно на 30%, снижение давления в газовой скважине приводит к повышению показаний НГК на 0.2-0.6% на 1кг/м³.

Выполнение повторных исследований ИННК повышает достоверность оценки насыщения пластов и позволяет установить количественные изменения их газонасыщения.

Увеличение газонасыщенности пласта уменьшает его общее водородосодержание за счет заполнения пор пласта газом, для терригенных и

карбонатных пород с межзерновой пористостью влияние газонасыщения на изменение среднего времени жизни тепловых нейтронов тем выше, чем лучше коллекторские свойства пород, то есть чем меньше глинистость и больше пористость.

В случае ИННК, кривая которой в целом схожа с кривой НГК, основное влияние на различие показаний оказывает водородосодержание пород, то есть содержание воды, поэтому увеличение водонасыщенности в коллекторе ведёт к уменьшению показаний ИННК (в то же время в водонасыщенных коллекторах увеличение содержания ионов хлора увеличивает показания НГК). Нефтенасыщенные породы характеризуются средними показаниями, а газонасыщенные породы – высокими показаниями. В отличие от НГК метод ИННК более чувствителен к насыщенности пород и поэтому обладает более надёжной интерпретацией (значительная разница между показаниями в нефтенасыщенных и водонасыщенных участках).

При анализе каротажных диаграмм ИННК в исследуемой скважине №А Елшано-Курдюмского ПХГ, где газонасыщенные коллектора регистрируются повышенными значениями показаний кривой ИННК, было выделено три газонасыщенных интервала (827,6-828,4; 828,4-829,2; 829,2-829,9) в скважине № А. Так же по кривым ИННК в соответствующих скважинах определены смешенная зона (газ + вода).

С помощью ИННК уточнили, уже выделенные методом НГК, интервалы со смешанным насыщением (в скважине № А смешанным насыщением характеризуется интервал 829.9 - 830.2 м).

Так же по данным ИННК, определялось положение газоводяного контакта (ГВК), который располагается между газонасыщенным и смешанным насыщением интервалов: по данным ГИС-контроль от апреля 2023 года в скважине № А ГВК в пласте-коллекторе C1t1 отмечается на глубине 829.9 м. Из этого можно сделать вывод, что определение характера насыщения коллекторов позволило решить следующую важную задачу – определить положение ГВК.

Наблюдение за изменением положения ГВК позволяет определить режим работы залежи и количество поступающей воды, что даёт возможность обоснованно планировать выполнение проектных решений.

Важное значение, при решении подобных практических задач, приобретает комплексирование перечисленных методов, которое позволяет идентифицировать характер насыщения и положение ГВК с большей степенью достоверности.

В результате проведенных работ, с помощью комплекса методов ГИС (ТК, Вл, БМ, ЛМ, ГК, НГК и ИННК), был определен текущий забой, уровень жидкости, выделены коллекторы в исследуемой части пласта, оценен характер насыщения и определено положение ГВК. Представлены в приложении Б и В.

Так же, следует отметить, важность сезонного проведения мониторинга за ПХГ и мониторинг уровня ГВК. В приложении Б для наглядности добавлены кривые ИННК записанные весной и осенью 2011 года. По данным ГИС-контроль от 01.04.2011 года ГВК отмечается на глубине 828,9 м. А по данным от 04.10.2011 года уровень ГВК отмечается на глубине 829,8 м. По расчетной кривой времени жизни нейтронов, замер от 2011г., видно, что пласт С1tl тульского горизонта имеет смешанное насыщение в интервале 829,2 - 829,9 м.

Из этого можно сделать вывод, что по данным ГИС отчетливо видно динамику изменения характера насыщения пласта-коллектора и изменения уровней ГВК.

На основе этой информации составляется представление об объекте закачки и отбора газа, дается характеристика происходящих процессов и делается прогноз на будущее. Рациональный контроль за эксплуатацией хранилищ зависит от системы сбора, обработки и хранения информации, полученной из скважин.

Заключение. В выпускной квалификационной работе было изучено геологическое и тектоническое строение Елшано-Курдюмского месторождения, освоена методика выполнения геофизических исследований, проведена комплексная интерпретация данных методов ГИС, применяемого для контроля

за эксплуатацией Елшано-Курдюмского ПХГ.

В результате комплексной интерпретации данных ГИС по скважине № А Елшано-Курдюмского ПХГ был определен доход прибора СКАТ-К8 до глубины 849,3 м и уровень ГВК – 829,9 м. По данным ИННК пласт-коллектор S_{111} в интервалах глубин: 827,6-829,9 м – газонасыщенный ($H_r = 2,3$ м; $K_r = 70-78$ %); 829,9-830,2 м – газ+вода ($H_r = 0,3$ м; $K_r = 49$ %).

В работе рассмотрен материал ГИС-контроля скважины, анализ которой позволил определить характер насыщения пласта S_{111} весной, после отбора, 2022 года. Методы радиоактивного каротажа (ГК, НГК и ИННК), в исследуемых скважинах, позволили выделить интервалы с коллекторами, затем определить характер их насыщения (газонасыщенные, слабогазонасыщенные, газ + вода) и положение ГВК. Планшеты данных ГИС представлены в приложении Б и В.

«ГИС-контроль» является одним из важных элементов в процессе управления за эксплуатацией ПХГ, поскольку он носит системный характер, то есть проводится с целью контроля путем мониторинга ПХГ, основываясь на закономерностях флюидодинамической системы ПХГ, и направлен на повышение надежности и эффективности эксплуатации подземного хранилища. Методы радиоактивного каротажа и импульсно нейтрон-нейтронного каротажа, входящие в обязательный комплекс «ГИС-контроль», проявили свою эффективность в выполнении рассмотренных задач в выпускной квалификационной работе.