

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

Кафедра геофизики

«Латеральное изменение петрофизических свойств бобриковского
горизонта (C₁bb) по скважине №430 Елшано-Курдюмского ПХГ»

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 Геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Ефремова Алексея Николаевича

Научный руководитель

к.г.-м.н., доцент

М.В. Калининкова

подпись, дата

Зав. кафедрой

к.г.-м.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2025

Введение. В административном отношении Елшано-Курдюмское подземное хранилище газа (Елшано-Курдюмское ПХГ) расположено северо-западнее г. Саратова на территории Ленинского района г. Саратова и, частично, Саратовского и Татищевского районов.

Целевыми пластами-коллекторами для хранения газа используются терригенные пласты бобриковского горизонта и карбонатные пласты кизеловского горизонта.

Филиал осуществляет задачи регулирования сезонной неравномерности газопотребления г. Саратова и Саратовской области, а также поддержания рабочего давления в системе магистральных газопроводов «Средняя Азия — Центр». Елшано-Курдюмское ПХГ создано в трех горизонтах (тульский, бобриковский и кизеловский) выработанного Елшано-Курдюмского нефтегазового месторождения. Елшано-Курдюмское ПХГ является одним из старейших ПХГ (эксплуатируется с 1958 г.) и состоит из двух обособленных объектов хранения тульского (восточная и западная линзы) и бобриовско-кизеловского пластов-коллекторов.

Цель данной работы является изучение петрофизических свойств пластов – коллекторов бобриовского возраста и изучение характеристик их распределения по пласту - коллектору

Для этого были поставлены следующие **задачи**:

- изучить геолого-геофизическую характеристику Елшано-Курдюмского ПХГ;
- охарактеризовать методы проведения ГИС на Елшано-Курдюмском ПХГ;
- описать методику определения коллекторских свойств пластов – коллекторов по комплексу ГИС в скважине №430;
- выделить пласты – коллекторы бобриовского (C1bb) возраста и определить их фильтрационно емкостные свойства в скважине №430 Елшано – Курдюмского ПХГ;
- проследить изменчивость коллекторских свойств пласта

бобриковского возраста вдоль ствола скважины №430.

Бакалаврская работа состоит из введения, 3 разделов: геолого-геофизическая характеристика, методика работ и результаты исследований, заключения, списка использованных источников и приложений.

Основное содержание работы. Елшано-Курдюмское месторождение, старейшее в группе Саратовских, было открыто в 1941 г. с получением первого фонтана газа из отложений I пачки верейского горизонта в скважине 1-К, после чего началась интенсивная разведка по выявлению нефтеносных и газоносных объектов промышленного значения в отложениях каменноугольной системы.

В геологическом строении Елшано-Курдюмской площади принимают участие осадочные образования палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста.

В качестве объектов газохранилища на Елшано-Курдюмской площади используются выработанные газонефтяные залежи бобриковского и кизеловского горизонтов, представляющих единый объект ПХГ, а также выработанная газовая залежь тульского горизонта.

В тектоническом отношении Елшано-Курдюмское ПХГ расположено в юго-восточной части зоны Саратовских дислокаций и входит в состав южной тектонической линии Елшано-Сергиевской флексуры.

По вышележащим отложениям Елшано-Курдюмское поднятие представляет собой брахиантиклинальную складку асимметричного строения, неправильной треугольной формы, вытянутую в виде периклинальных окончаний в северо-западном, северо-восточном и юго-западном направлениях. Наиболее приподнятой частью структуры является юго-восточная периклиналь, от которой поверхность круто падает на восток и более полого на северо-запад. Северное, западное и юго-западное крылья - пологие (углы падения 1° - $1^{\circ}40'$); восточное, юго-восточное и южное, крутые углы падения достигают 4° - 5° .

На Елшано-Курдюмском месторождении газовые залежи были выявлены в верейском, мелекесском, черемшано-прикамском горизонтах, газонефтяные залежи — в тульском, бобриковском и кизеловско-черепетском горизонтах карбона. В отложениях девона имеется нефтяная залежь в шы-новско-кыновских слоях — пласт Дз-1. Месторождение было открыто в 1941 г. и уже в 1942 г. было введено в разработку. В настоящее время тульский и бобриковский горизонты используются для подземного хранения газа.

Методика исследования. В разведочных и эксплуатационных скважинах Елшано-Курдюмской площади проводился обязательный комплекс промыслово-геофизических исследований, применяемый в скважинах, бурящихся на нефть и газ.

Задачами при проведении ГИС при контроле за эксплуатацией подземного хранилища газа по всему фонду скважин согласно регламенту являются:

- определение эффективной газонасыщенной мощности эксплуатируемых объектов;
- определение коэффициента газонасыщенности пластов-коллекторов;
- выявление интервалов вторичного газонакопления по всему разрезу скважины и образования техногенных залежей;
- определение зон загазованности заколонного пространства;
- определение межпластовых заколонных перетоков;
- определение возможных перетоков газа по заколонному пространству;

- определение состава смеси, заполняющей ствол скважины;
- определение элементов конструкции эксплуатационной колонны, насосно-компрессорных труб, местоположение интервалов перфорации, фильтра и т.д.;
- определение толщины стенок эксплуатационной колонны и НКТ, герметичности колонн и возможных нарушений по данным магнито-импульсной дефектоскопии;
- контроль за положением ГВК по временным замерам радиоактивных методов;
- определение параметров насыщения пластов-коллекторов.

Коллектором нефти и газа обычно называют породу содержащую, в пустотном пространстве флюиды (нефть, газ, воду) и отдающие их при разработке.

Разделение пород в разрезе на коллекторы и неколлекторы выполняется по данным ГИС. На практике применяются два основных приема выделения коллекторов:

1. По прямым признакам подвижности флюида в пласте, установленным по результатам интерпретации каротажных диаграмм.
2. По косвенным критериям разделения пород на коллекторы и неколлекторы с применением граничных значений геофизических параметров.

Гамма-каротаж является основным методом поисков и разведки урановых руд и калийных солей, применяется для литологического расчленения различных типов горных пород, выделения полезных ископаемых и корреляции разрезов скважин, сложенных терригенными отложениями, дифференцируя последние по содержанию в них глинистого материала, что позволяет оценивать коллекторские свойства пластов в нефтяных, газовых и гидрологических скважинах. Возможность

использования данных ГК для количественной оценки глинистости основывается на существовании корреляционной связи между глинистостью осадочных пород и их радиоактивностью $q = f(C_{\text{гл}})$. С повышением радиоактивности глинистость пород закономерно увеличивается. В большинстве случаев эти зависимости носят нелинейный характер, поэтому диаграмму I_γ эталонируют с использованием значений интенсивности гамма-излучения в опорных пластах. За опорные принимаются пласты с минимальными $I_{\gamma \text{ min}}$ (опорный пласт 1 - пласт с нулевой глинистостью) и максимальными $I_{\gamma \text{ max}}$ (опорный пласт 2 - пласт глин) показаниями на диаграмме гамма-каротажа.

Нейтронный гамма-каротаж основан на принципе вызванной радиоактивности, которая достигает наибольшей величины против интервалов, обогащенных водородом. А повышенное содержание водорода наблюдается в воде, нефти и нефтяном газе. Требуется регистрировать только гамма-излучение, вызываемое испускаемыми нейтронами. С помощью кривой нейтронного гамма-каротажа можно определять: интервалы коллекторов, насыщение и перемещение ВНК, ГНК, ГВК., пористость, литологию. Методика определения коэффициента пористости по данным нейтронного гамма-каротажа $K_n^{\text{нгк}}$ основана на использовании индивидуальной зависимости показаний метода I^{ny} от коэффициента пористости. Поскольку водород присутствует, главным образом, во флюиде (нефте, газе, воде), заполняющем пустотное пространство породы, то величина сигнала непосредственно связана с количеством флюида, т.е. с пористостью. На каротажной кривой наблюдается min интенсивности нейтронного гамма-излучения (I_{ny}) - против пористых пластов (например глин) и max - против плотных. Зависимость $I_{\text{ny}} = f(K_n)$ близка к линейной в диапазоне измерения K_n от 3-5 до 25-40 % в полулогарифмической системе координат, при этом показания нейтронного метода даны в единицах ΔI_{ny} - относительного разностного параметра для чистых известняков, полностью насыщенных водой.

Коэффициент нефтегазонасыщенности представляет собой долю объема пор, занятую нефтью и газом, и численно равен отношению объема пор, занятых нефтью и газом, к суммарному объему пор

Объем пор породы-коллектора лишь частично заполнен нефтью или газом, поскольку часть этого объема в гидрофильном коллекторе занимает остаточная вода. Содержание остаточной воды в коллекторе характеризуется коэффициентом остаточного, водонасыщения $K_{во}$, или просто коэффициентом водонасыщения K_v , который равен отношению объема пор, занимаемых водой, ко всему объему пор ($K_v = V_v / V_{пор}$).

Определение коэффициента нефтегазонасыщенности ($K_{нг}$) по удельному сопротивлению породы (ρ_p) основано на связях между параметром насыщения (R_n) и коэффициентом водонасыщения (K_v , $K_{во}$). Эти связи выражаются уравнениями Арчи.

Экранированные зонды бокового каротажа используются в вариантах трех-, семи- и девяти электродных. Они создают фокусированный пучок токовых линий, исходящих из центрального электрода A_0 зонда преимущественно в радиальном направлении, перпендикулярном к оси скважины. Этим в значительной степени исключается влияние на результаты измерений скважины и вмещающих пласт пород, а переходный процесс на границе имеет малую протяженность. Регистрируемое в методе БК кажущееся сопротивление $\rho_{кБК}$ определяется средами, в которых течет ток от центрального электрода A_0 . Поскольку длина центрального электрода $L_{A_0} = 0.15-0.30$ м зонды бокового каротажа обладают высокой расчленяющей способностью.

Границы пластов находятся по точкам, соответствующим началу крутого подъема кривой по отношению к оси глубин. При определении границ пластов по диаграммам семи- и девятиэлектродных зондов верхняя граница проводится выше, а нижняя - ниже середины нисходящей (восходящей) линии кривой сопротивления на величину равную половине длины зонда (A_0O).

Индукционные зонды относятся к установкам с фокусировкой электромагнитного поля, что позволяет улучшать разрешающую способность зондов по толщине и ослаблять влияние ближней зоны. Индукционными зондами измеряют кажущуюся электропроводность пространства σ_k (в Сим/м или мСим/м). Шкала диаграммы ИК линейная относительно кажущейся электропроводности и гиперболическая относительно кажущегося удельного сопротивления.

Кривые кажущейся электропроводности в пластах ограниченной мощности практически симметричны относительно середины пласта, если подстилающие и покрывающие пласты имеют одинаковую электропроводность. Ветви аномалии против пласта более пологи, чем на диаграммах экранированных зондов БК, т.к. в индукционном каротаже переходный процесс на границах занимает существенно больший интервал глубин. Поэтому границы пластов находятся по точкам перегиба на кривых σ_k , то есть по середине аномалии кажущейся электропроводности. Если диаграмма σ_k записана в нескольких масштабах, средняя электропроводность или точка перегиба определяются на том участке диаграммы, где изменение σ_k против границы записано полностью.

Результаты исследований. Исследование проводилось в скважине №430 Елшано – Курдюмского ПХГ. Комплекс ГИС, выполненный в данной скважине представлен на приложении Б настоящей бакалаврской работе. В комплекс входит: ГК, НГК, ПС, БК, ИК.

Для выделения коллектора бобриковского (C_{1bb}) горизонта в разрезе скважины №430 использовали прямые качественные признаки коллекторов, описанные в подразделе 2.2.1 настоящей бакалаврской работы.

Бобриковский (C_{1bb}) горизонт четко выделяется на каротажных диаграммах РК (ГК, НГК), ИК, ПС между известняком, залегающим в подошве тульского горизонта ($H=1175.8$ м.), и известняками турнейского яруса ($H=1401$ м.).

Пласт-коллектор бобриковского (C_{1bb}) горизонта, расположенный в

интервале 1175.8-1401, в большинстве скважин отделен от известняков кизеловского горизонта глинистым пластом мощностью 3 м. В исследуемой скважине №430, в которой он отсутствует, бобриковский (C_{1bb}) горизонт представлен глинами и отличается от кизеловского максимальной амплитудой ПС и низкими сопротивлениями.

Исследуемый интервал продуктивного пласта располагается на глубине 1180 – 1330 (см. приложение В). В пределах пласта – коллектора выделяются пропластки мощностью от 12 до 42 м.

Значения $K_{гп}$ были определены по ГК. Полученные значения варьируются от 1,4% до 4,4%.

Значения $K_{п}$ рассчитаны по НГК и равны от 6,7% до 12,76%.

Значения $K_{нт}$ равны от 65% до 94%. Характер насыщения: газ.

Латеральная изменчивость свойств показана на рисунке 3.1 настоящей бакалаврской работы. Наблюдается изменение пористости коллектора от кровли вхождения в пласт до подошвы. В начале вхождения в пласт значения $K_{п}$ характеризуются низкими значениями, что свидетельствует о приближении к подошве. В средней части значения характеризуются высокой пористостью, что свидетельствует приближения к кровле. В конце $K_{п}$ понижен, что свидетельствует приближении к подошве и ухудшению $K_{п}$.

По латеральному изменению петрофизических свойств бобриковского (C_{1bb}) горизонта по скважине №430 пласты – коллекторы были разбиты на 29 отдельных пластов – коллекторов, отличающихся между собой по коэффициенту пористости и глинистости.

Заключение. В ходе работы были изучены методы комплекса ГИС, проводимого в скважинах Елшано – Курдюмского ПХГ.

По описанной методике определения коллекторских свойств пластов – коллекторов по комплексу ГИС в скважине №430 были определены фильтрационные емкостные свойства пластов бобриковского возраста (C_{1bb}).

По латеральному изменению петрофизических свойств бобриковского возраста (C_{1bb}) по скважине №430 Елшано – Курдюмского ПХГ была составлена таблица, в которой показано изменение коэффициента пористости от вхождения в пласт до забоя скважины.

Таким образом можно говорить, что бобриковский горизонт (C_{1bb}) может быть использован для хранения газа.