

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Геолого-геофизическая характеристика продуктивных коллекторов
среднего девона живецкого яруса (на примере Восточно-Сарутаюского
месторождения)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 501 группы

направление 05.03.01 геология

геологического ф-та

Ющенко Дмитрия Владимировича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

М.В. Калининкова

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2018

Введение. Геолого-геофизические свойства представляют собой совокупность параметров геофизических полей, исследуемых различными методами ГИС и их геологического истолкования, в виде таких геологических параметров среды как пористость, проницаемость, глинистость. Методикой их изучения является комплексная интерпретация данных ГИС.

Высокая эффективность геофизических методов обусловлена наличием достаточно тесных связей между структурой, минеральным составом пород и их физическими свойствами — электрическим удельным сопротивлением, электрохимической активностью, тепловым сопротивлением, плотностью, интервальным временем пробега упругих волн, магнитной восприимчивостью, естественной радиоактивностью и др.

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что горные породы и полезные ископаемые в большинстве своем могут быть детально изучены по комплексу физических свойств.

Получение четких зависимостей между физическими (электрическим удельным сопротивлением, электрохимической активностью, радиоактивностью и др.) и коллекторскими (пористостью, проницаемостью, глинистостью и нефтегазонасыщением) свойствами позволило разработать методики количественного определения значений по результатам непосредственного измерения в скважинах геофизических параметров.

Достоверность оценки коллекторских свойств и нефтегазонасыщения пород по геофизическим данным в основном обуславливается степенью изученности их физических свойств и качеством регистрации измеряемых физических параметров в скважине.

Объектом исследования данной работы является Восточно-Саратаюское месторождение.

Целью работы является определение коллекторских свойств продуктивного пласта живетского яруса среднего девона на примере скважины №1 Восточно-Саратаюского месторождения.

Данная цель подразумевает решение ряда **задач**:

- изучение геолого-геофизического строения разреза;
- описание методики выделения интервалов пород-коллекторов в разрезе;
- получение геолого-геофизических характеристик пластов-коллекторов;
- определение, для коллекторов, фильтрационно-емкостных параметров и глинистости;
- анализ распространения коллекторских свойств по разрезу скважины 1.

Данная работа включает введение, 3 раздела, содержащих 8 подразделов, заключение, список используемых источников, 4 приложения, 17 рисунков и 1 таблица. Общий объем работы составляет 55 страниц.

Основное содержание работы. В первом разделе описана Геолого-геофизическая характеристика территории исследования.

В параграфе 1.1 даются Общие сведения по Восточно-Сарутаюскому месторождению.

В административном отношении Восточно-Сарутаюская площадь расположена в Ненецком автономном округе Архангельской области, в географическом – севернее Полярного круга, в районе Большеземельской тундры.

Площадь находится в 200 км от административного центра округа – города Нарьян-Мара.

Месторождение приурочено к Печерской структуре, расположенной в северной части Харьягиинского вала Колвинского мегавала. Печерская структура была выявлена в 1979 году по результатам полевых сейсморазведочных работ МОГТ, проведенных с 1989 по 2000 года.

В параграфе 1.2 описывается Литолого-стратиграфическая характеристика разреза Восточно-Сарутаюского месторождения.

Исследуемая скважина №1 вскрыла проектный разрез от четвертичных до среднедевонских отложений.

Разрез составлен на основании результатов отбора керна в скважинах №1,2 и поисковых сейсморазведочных работ МОГТ на Восточно-

Сарутаюском объекте, с учетом разрезов, вскрытых глубокими скважинами на соседних площадях (Восточно-Ярейюская, Хановейская, Инзырейская) и разрезов скважин пробуренных на нижнепермские и фаменские отложения на Восточно-Сарутаюской площади.

Параграф 1.3 посвящен описанию тектонических особенностей месторождения.

Изучаемая структура согласно схеме тектонического районирования расположена по осадочному чехлу в северной части Харьягинского вала, в пределах Колвинского мегавала северной части Тимано-Печерской провинции, по нижнему структурному этажу – в пределах Хоромагинского поднятия.

В генетическом плане это структуры инверсионного характера, расположенные в восточной части Печоро-Колвинского авлакогена.

Формирование разноплановых структур и блоков происходило по рпзломам, которые часто являются глубинными и региональными. Так с запада Колвинский мегавал отделен от Денисовской впадины Западно-Колвинским высокоамплитудным (до 400 метров по отложениям верхнего палеозоя) разломом, с востока – от зоны Хорвейской впадины – Восточно – Колвинским (амплитуда 200 метров) и оперяющими его разломами меньшей амплитуды.

По фундаменту и горизонтам нижнего палеозоя зона Колвинского мегавала представляет собой грабен (мегаграбен).

Печерская структура представляет собой сложнопостроенную трехкупольную ассиметричную антиклинальную складку субмеридионального простирания, разбитую многочисленными разрывами на блоки. Разрывы имеют преобладающе субмеридиональное и северовосточное направление. Блоки линейно вытянуты в том же направлении, тупенчато погружаются по сбросам амплитудой 10-30 метров по отношению друг к другу. Западное крыло складки значительно круче восточного. Северный купол имеет сильно вытянутую северную

периклиналь. Наиболее гипсометрически приподнят южный купол (отметка свода -4460 метров).

По изогипсам -4650 метров и -4540 метров площадь структуры составляет 32 квадратных километра, амплитуда до 100 метров.

Скважина № 1 расположена в седловине между северным и средним куполом, к северо-западу от нее прослежено разрывное нарушение.

В параграфе 1.4, говорится, что Восточно-Саратаюская площадь находится в Харьяга-Усинском нефтегазоносном районе (НГР) Печора-Колвинской нефтегазоносно области (НГО).

Основным нефтегазоносным комплексом (НГК) изучаемого района является Среднедевонско - франский терригенный НГК.

В пределах месторождения кровля отложений комплекса вскрыта на глубине 3682 метра, толщина вскрытой части комплекса 958 метров. Стратиграфически, нефтегазоносный комплекс принят в объеме эйфельского и живетского яруса (старооскольского надгоризонта) среднего девона, нижнефранского подъяруса верхнего девона (франского, джьерского и тиманского горизонтов) и саргаевского горизонта среднего франа.

В пределах Восточно-Саратаюской площади прослой пород-коллекторов связаны с песчаниками живетского яруса среднего девона (старооскольский надгоризонт), джьерского горизонта верхнего девона.

Выявленная в песчаниках живетского яруса нефтяная залежь является пластовой сводовой тектонически-экранированной, осложненной в пределах присводовой части малоамплитудными нарушениями.

Второй раздел «Методика исследования»

В параграфе 2.1 дается Характеристика комплекса ГИС на скважинах Восточно-Сарутаюского месторождения.

В комплекс ГИС, применяемый в скважинах Восточно-Сарутаюского месторождения входят методы: электрического и электромагнитного поля (КС, ПС, МК, БК, ИК, ВИКИЗ), радиоактивные методы (ГК, НМ, ГГК-П), акустический каротаж (АК) и др.

В параграфе подробно рассмотрены физические основы и принцип интерпретации тех методов, которые представлены в каротажном материале.

Параграф 2.2 «Выделение Коллекторов» посвящен правилам определения коллекторов по материалам 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.

При исследовании пласта живетского яруса на Восточно-Сарутаюском месторождении, количественные критерии были определены по данным распределений значений пористости и абсолютной проницаемости по керну для выделенных по качественным признакам пластам коллекторам и не коллекторам.

По скважине № 1 получены следующие граничные значения по живетскому ярусу:

$$K_{пр\ гр}=2.9 \text{ мД}; \quad K_{п\ гр} = 0.052 \text{ д.ед.}$$

В параграфе 2.3 рассмотрено определение пористости по данным ГИС.

На Восточно-Сарутаюском месторождении определение пористости в отложениях живетского яруса, проводилось по данным нейтронно-гамма каротажа, гамма-гамма плотностного каротажа, акустического каротажа.

В параграфе 2.4 описано определение характера насыщения коллекторов.

Для наиболее часто встречающихся в природе гидрофильных коллекторов пустотное пространство их занято в общем случае тремя фазами - нефтью, газом и водой, т.е.: $K_n + K_g + K_w = 1$

Исходя из полученных значений R_p и R_n определяются коэффициенты водонасыщения.

А коэффициент нефтегазонасыщения определяется как: $K_{нг} + K_{в} = 1$

Стандартная методика определения $K_{нг}$, предусматривает использование эмпирических зависимостей: $P_n = f(K_n)$ и $P_n = f(K_v)$.

Связь между параметром пористости (P_n) и коэффициентом пористости, полученная по образцам из отложений джьерского горизонта и живетского яруса описывается уравнением: $P_n = 0.15 / K_p^{2.62}$.

Зависимость между параметром насыщения (P_n) и коэффициентом водонасыщенности (K_v) по данным капиллярметрии для отложений живетского яруса описывается уравнением: $P_n = 1 / (K_v - 0.02)^{1.15}$.

По характеру насыщения выделенные пласты – коллектора были отнесены к продуктивным коллекторам.

Результаты исследования представлены в третьем разделе.

Для определения коллекторских свойств пласта живетского яруса (D_{2zv}) были использованы материалы промыслово-геофизических исследований в скважине, данные разрезов испытания пластов и петрофизических зависимостей построенные по данным керна. Комплекс ГИС по скважине №1 Восточно-Сарутаюского месторождения.

Исследуемый пласт живетского яруса среднего девона D_{2zv} расположен в интервале глубин 4431.6-4615 м. Общая мощность 30.5 м, эффективная -27.9 м. В пределах исследуемого пласта D_{2zv} по прямым качественным признакам было выделено 16 продуктивных пропластков мощностью от 0.6 до 4.2 м.

Выделение коллекторов проводились по качественным признакам при соблюдении следующих условий: наличии номинального диаметра или глинистой корки, (в данной скважине глинистые корки отмечаются по данным микрокаверномера), положительного приращения по данным микрозондов, пониженных значений ГК, повышенных, относительно глинистых, значений сопротивлений и данных нейтронного каротажа. Необходимо отметить, что из-за плохого состояния ствола скважины информативность данных ГИС в некоторых участках уменьшалась и не

всегда однозначно выделялись коллекторы по качественным признакам. Для выделения коллекторов в таких интервалах использовались количественные критерии. По результатам комплексной обработки данных ГИС и керна по скважине №1 построены интервальные кривые, по которым установлены следующие граничные значения, коэффициента проницаемости и пористости:

$$K_{\text{пр}}^{\text{ГР}}=2.9 \text{ мД}; K_{\text{пр}}^{\text{ГР}}= 0.052 \text{ у.ед.}$$

По данным гамма-каротажа исследуемый интервал характеризуется в целом не высокими значениями интенсивности гамма-излучения (Y^{γ}), которое изменяется от 1.8 до 2 м. Р/ r.

Для расчетов коэффициента глинистости использовалась зависимость $K_n=f(\Delta i^{\gamma})$. Согласно вычисленным значениям коэффициент глинистости равен 6.8% в верхней части исследуемого интервала и повышается до 8.9% в нижней его части. Коэффициент пористости K_p рассчитывался по данным методов НГК, АК и ГГКп по методике описанной в разделе 2.

Значения K_p по НГК изменяются от 8.1 до 11.9 %. По методу ГГКп пористость определяется не по всем интервалам и соответствует в среднем 10.5%. Значения K_p по АК изменяются в более широком диапазоне от 5.1% до 13.8%.

Искажающим фактором при определении пористости является кавернозность ствола скважины, которая вносит искажения в регистрируемые параметры. За счет этого достоверность определяемых значений пористости по кривым ГГКп и АК снижается. По этому, в целом, наиболее достоверные результаты определения пористости получаются по данным НГК. По скважине №1 для дальнейших расчетов принималась пористость по данным НГК.

Для исследуемого пласта D_{2zv} характерно изменение K_p по вертикали, так в верхней части пласта в интервале 4561.4 – 4590.4 среднее значение коэффициента пористости составляет 10.4%, а в нижней части разреза значения K_p закономерно убывают и составляют в среднем 8.6%.

Средневзвешенное значение пористости для пласта D_{2zv} составляет 9.74%. Коэффициент нефтегазонасыщения $K_{нг}$, рассчитывался в соответствии со значениями R_p , вычисленными по зависимости $R_p=f(K_p)$.

В интервале 4561.4-4590.4 наблюдается значения $K_{нг}$ достаточно высокие от 74.5 до 82.6%, что связано с более высокими в этой части разреза значениями K_p и низкими значениями глинистости.

В нижней части исследуемого интервала 4590-4616.2, как уже указывалось выше, отмечается повышение глинистости, уменьшающее K_p и следовательно мы видим здесь более низкие значения $K_{нг}$, которые изменяются в пределах от 46.7 до 71.5%.

Характер насыщения выделенных пластов определяется двумя способами. Во первых по качественным признакам на диаграммах электрических методов комплексах ГИС и во вторых по установленным граничным значениям. По имеющимся данным ГИС по скважине №1 изучение характера проникновения проводилось путем сопоставления сопротивлений по индукционному каротажу, которое характеризует сопротивление неизменной части пласта и по микробоковому каротажу, характеризующим зону проникновения. Также оценка характера насыщения проводилась по данным ВИКИЗ.

Пласты коллекторы характеризуются расхождением разности фаз на диаграммах ВИКИЗ. По данным ВИКИЗ понижающее проникновение отмечается в коллекторах до глубины 4594.8м. Таким образом все выделенные коллекторы пласта D_{2zv} являются нефтенасыщенными, только в нижней части пласта в интервале 4615.4-4.616.2 возможно присутствие коллекторов с наличием воды.

Для уточнения характера насыщенности коллекторов и установление ВНК были использованы косвенные количественные критерии, которые определяются по данным испытания и керна.

При бурении перспективных терригенных отложений в скважине №1 Восточно-Сарутаюская проведено 16 (14-29) долблений с отбором керна.

Общая проходка с отбором керна составила 79.9м. Вынос керна составил 64.1 м или 80.2% от ограниченной проходки.

Продуктивными являются и песчаники живетского яруса среднего девона – интервал 4561.4-4614,4 м, долбления 21-29. Значения пористости по данным керна составляет $K_{\Pi}^{max} = 10.4\%$, что соответствует средневзвешенному значению $K_{\Pi} = 9,74\%$, по данным ГИС.

В процессе бурения в открытом стволе скважины №1 испытание пластов (ИП) проводилось в трех интервалах.

-4561.5-4578 м – испытание признано не удачным;

-4572.5-4592.7 м – получен приток нефти с фильтратом бурового раствора, расчетный дебит $262 \text{ м}^3/\text{сут}$ при депрессии 160.6 атм;

-4617-4640 м – получен приток пластовой воды с фильтратом бурового раствора, расчетный дебит $131.7 \text{ м}^3/\text{сут}$ при депрессии 147.5 атм.

Сопоставление выделенных коллекторов с профилем притока, полученного при испытании, показывают, что в основном, работающие интервалы совпадают с интервалами выделенных коллекторов. Состав притока из всех работающих интервалов – нефть.

Таким образом данные испытания и керна подтверждают правильность определения подсчетных параметров продуктивных коллекторов среднего девона живетского яруса по представленной методике интерпретации данных ГИС по скважине №1 Восточно-Сарутаюского месторождения.

Заключение. Оценка геолого-геофизических свойств пород составляет один из важнейших этапов процесса интерпретации геофизических данных. Комплекс методов геофизического исследования нефтегазовых скважин позволяет охарактеризовать разрезы скважин не только комплексом физических характеристик, таких как удельное электрическое сопротивление, радиоактивность и т.п., но и геологическими свойствами (Кгл, Кп, Кпр, Кнг).

В данной работе была проведена комплексная обработка и интерпретация данных методов ГИС по скважине №1 Восточно-

Сарутаюского месторождения. Были определены кажущиеся характеристики электрических, радиоактивных, акустических полей. На основе качественных и количественных методов интерпретации диаграмм ГИС выделены пласты – коллекторы. Используя петрофизические зависимости, определены коллекторские свойства продуктивного пласта живетского яруса среднего девона.

Анализ полученного материала показал, что происходит ухудшение коллекторских свойств пласта D_{2zv} вниз по разрезу скважины. В соответствии с увеличением по разрезу скважины коэффициента глинистости с 6,8% до 8,9% закономерно уменьшается пористость пласта с 10,4% до 8,6% и коэффициент нефтегазонасыщения с 78,5% до 59%.

В процессе определения характера насыщения хороший результат показало использование комплекса электрических методов (ИК-МБК, ВИКИЗ).

Сопоставление результатов интерпретации данных ГИС с интервалами притока, полученного при испытании пласта, подтверждает, что характер насыщения всех работающих интервалов - нефть.

Таким образом, можно говорить об эффективности используемой в работе информационно-измерительной системы (ИИС) в данных геологических условиях Восточно-Сарутаюского месторождения.