

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

Кафедра геофизики

**«Геолого-геофизическая характеристика карбонатных коллекторов
данково-лебедянского возраста Лимано-Грачёвского месторождения»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 431 группы
направление 21.03.01 нефтегазовое дело
профиль «Геолого-геофизический сервис нефтегазовых скважин»
геологического ф-та
Мамедова Али

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 2022

Введение. Объектом исследования является Лимано-Грачевское месторождение Саратовского Поволжья. Лимано-Грачевское месторождение было введено в промышленную эксплуатацию в начале 1980-х гг. В процессе разработки выяснилось, что породы-коллекторы, содержащие нефть и газ в исследуемом разрезе не образуют непрерывные пачки, а чередуется с пластами других пород, не содержащих их. В указанных условиях возникла проблема определения основных параметров залежи Лимано-Грачевского месторождения: её высоты и площади. Эти параметры предопределяются рядом условий, к которым, прежде всего, относят внешний и внутренний контуры нефтегазоносности, длину и ширину залежи, эффективную мощность нефтегазоносных пластов. В настоящее время при разработке месторождения обнаружилось трудности в интерпретации данных ГИС, связанные с требованиями повысить достоверность подсчетных параметров сложнопостроенных глубокозалегающих коллекторов, что делает данную работу особенно актуальной.

Целью бакалаврской работы являлось изучение коллекторских свойств карбонатных коллекторов данково-лебедянских отложений Лимано-Грачевского месторождения.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

-изучить геолого-геофизическую характеристику Лимано-Грачевской площади Саратовского Поволжья;

- изучить методику комплексной интерпретации данных ГИС;

- изучить методики определения границы пластов-коллекторов, определения эффективной мощности и фильтрационно- емкостных свойств пород-коллекторов по комплексу ГИС;

- провести интерпретацию данных ГИС по скважине № 21 Лимано-Грачевской площади Саратовского Поволжья.

- проследить закономерности изменения пористости и эффективной толщины, продуктивных данково-лебедянских отложений по латерали.

Данная выпускная квалификационная работа состоит из трёх разделов.

Основное содержание работы.

Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика территории исследований» содержит 4 подраздела.

Подраздел 1.1 «Общие сведения и степень изученности территории исследования». Лимано-Грачёвское месторождение в административном отношении расположено на территории Ровенского района Саратовской области, в 120 км к югу от областного центра г. Саратов. Ближайшие населенные пункты п. Ровное, села Черебаево, Привольное, Луговское и другие связаны между собой автомобильными дорогами местного значения. В непосредственной близости с Лимано-Грачевским находятся Белокаменное, Черебаевское, Рогожинское и Прибрежное углеводородные месторождения. Рельеф площади представляет собой пологоволнистую равнину с куполовидными возвышенностями и водоразделами. Склоны водораздела изрезаны оврагами и балками, ширина которых колеблется от 100 до 500м. В орографическом отношении площадь расположена в пойменной части реки Волги. В строении рельефа принимают участие пески и глины неогенового возраста, перекрытые четвертичными суглинками и песками, которые впоследствии подвергались активным эрозионным процессам, сформировавшим широкую сеть оврагов и балок.

Подраздел 1.2 «Литолого- стратиграфическая характеристика разреза». В геологическом строении района принимает участие осадки палеозойской и мезозойской групп.

Подраздел 1.3 «Тектоника». Исследуемая территория в тектоническом отношении расположена во внешней части бортовой зоны Прикаспийской впадины (ПВ). Лимано- Грачёвское месторождение расположено в пределах Ровенского участка, который, в свою очередь находится на юге архейской Русской платформы в зоне сочленения с отколовшейся от неё Прикаспийской плитой. В рифей- вендское время рассматриваемая территория входила в состав Пачелмско- Саратовского авлакогена. В этот период шло формирование приподнятой Средне-Русской плиты и глубокий размыв в её пределах пород

Байкальско-Каледонского мегацикла. Начало Герцинского цикла тектогенеза характеризуется трансгрессией девонского моря из ПВ на территорию Средне-Русской плиты. Наибольший интерес представляет верхне-палеозойский мегацикл, с которым связано образование рифовых трендов и внутрибассейновых построек, представляющих нефтепоисковый интерес. В верхнедевонском - нижнепермском интервале осадочного чехла бортовой зоны ПВ развита система гидрокарбонатных и теригенокарбонатных уступов. Выделяются верхнефранкский, фоменско-нижнетурнейский верхневизейско-нижнебашкирский и московско-артинский гидрокарбонатные уступы, трассирующие края одновозрастных мелководных палеошельфов. Верхнефранкский карбонатный уступ окаймляет склоны древних положительных неоструктур: Золотовской структурной террасы и южного склона Степновского сложного вала. На дальних склонах Золотовской структурной террасы в депрессионной зоне среднепозднефранкской некомпенсированной впадины обнаружены высокоамплитудные (до 600м) одиночные рифовые массивы – Лимано-Грачёвский, Белокаменный, Белогорский и др., некоторые из которых содержат залежи нефти и газа.

Подраздел 1.4 «Нефтегазоносность». Нефтегазоносность исследуемой территории определяется, преимущественно, широким развитием рифогенных образований различного возраста и различными типами залежей, связанных с ними. Лимано-Грачёвское месторождение расположено в карбонатных коллекторах, обогащенных продуктами размыва внутрибассейновых построек. Помимо него, месторождения углеводородов на исследуемой территории выявлены и разведаны непосредственно в рифогенном массиве верхнефранского возраста (Белокаменное месторождение). Известны также залежи в структуре облекания органогенной постройки (Прибрежное, Рогожинское). Скопления углеводородов Лимано-Грачёвского месторождения сосредоточены в шести пластах структуры облекания над двухвершинным рифом. Это связано с тем, что Лимано-Грачёвский риф не имеет уметовско-линевской аргиллитовой покрывки. Аналогичный, рядом расположенный внутрибассейновый франский

риф, обладает аргиллитовым и глинисто-карбонатным экраном-флюидоупором, ограничивающим рифовую ловушку сверху и с флангов. Высота рифа 550 м. С данным рифом связано весьма представительное месторождение – Белокаменное, высота нефтяной массивной залежи которого достигает 130 м. Эти два месторождения наиболее важны, поскольку в 90-е годы обеспечивали половину годовой добычи нефти в Саратовской области. Залежи нефти и газа в структурах облекания над франскими рифами (возможно, холмами) разведаны также на Рогожинской и Прибрежной площадях.

Раздел 2 «Методика работ» содержит семь подразделов.

Подраздел 2.1 «Методика интерпретации данных ГИС». Комплекс ГИС определяется целевым назначением скважин (опорные, параметрические, оценочные, поисковые, разведочные, эксплуатационные), особенностями геологического разреза, специфическими условиями бурения, характером ожидаемой геологической информации. Комплексы ГИС подразделяются на типовые и обязательные. Комплексы ГИС предназначены для решения большого числа геологических задач, основные из них следующие: литологическое и стратиграфическое расчленение разреза; определение глубины залегания и толщины пластов; корреляция разрезов скважин; построение различного рода профилей и карт; выделение коллекторов нефти и газа, оценка характера их насыщенности и определение их коллекторских свойств; подсчет запасов нефти и газа; составление проекта разработки месторождения, для чего проводят обобщающую интерпретацию данных ГИС по площади месторождения, включающую построение карт свойств коллекторов (эффективной толщины, неоднородности и др.). При решении любой геологической задачи комплекс ГИС должен включать методы, несущие информацию об основных свойствах породы – пористости, глинистости, проницаемости, нефтегазонасыщенности. Применяемый на Лимано-Грачевском месторождении комплекс ГИС, состоящий из методов определения пористости (акустический метод (АК), гамма-гамма-метод (ГГМ-П), нейтронный гамма метод (НГМ)), глинистости (метод потенциалов собственной поляризации (СП), гамма-метод (ГМ)),

нефтегазонасыщенности (боковой каротаж (БК), индукционный метод (ИМ) и др.) позволяет уверенно решать поставленные в работе задачи: проводить литологическое расчленение разреза, выделять коллекторы, оценивать характер их насыщения.

Подраздел 2.2 «Определение границ пластов». На кривых кажущегося сопротивления (КС), записанными потенциал-зондами (ПЗ), пласт ограниченной мощности при малом различии сопротивлений вмещающих пород выделяется аномалией, симметричной относительно середины пласта. В связи с этим, правила определения положения кровли и подошвы пласта по кривой кажущегося сопротивления (ρ_k) потенциал-зонда одинаковы. С достаточной точностью можно также пользоваться правилом, согласно которому точки кривой ρ_k ПЗ, соответствующие границам пласта, смещены на расстояние $AM/2$ от начала крутого подъема кривой относительно оси глубин против пласта в сторону вмещающих пород низкого сопротивления. При определении границ пластов малой и средней толщины диаграммы ПЗ используются редко. На диаграммах КС, записанных градиент-зондом (ГЗ), в большинстве случаев границы пластов совпадают с экстремальными значениями. На диаграммах ρ_k последовательных ГЗ подошва и кровля пласта высокого сопротивления находятся по точкам, расположенным на расстоянии $MN/2(AB/2)$ ниже точек ρ_{kmax} , ρ_{kmin} . Изложенные выше правила справедливы для установления границ однородных пластов. Если они нечёткие и имеет место постепенное изменение литологических и физических свойств при переходе от одного пласта к другому, форма кривых КС и способы определения границ усложняются. В этих случаях следует выделять переходные зоны. В большинстве случаев границы пластов можно определить по точкам перегиба на кривых кажущейся электропроводности (σ_k) или по величине средней электропроводности. Если диаграмма σ_k записана в нескольких масштабах, средняя электропроводность или точка перегиба определяются на том участке диаграммы, где изменения σ_k противграницы записана полностью.

Подраздел 2.3 «Определение литологического состава пород». Литологическую характеристику пород оценивают по сумме признаков,

выявленных на диаграммах различных методов. Чем больше число признаков установлено, тем точнее оно может быть определено. Для оценки наиболее распространенных осадочных пород можно использовать ориентировочные данные. Основные признаки осадочных пород по данным ГИС представлены в таблице. При этом необходимо учитывать, что в этой таблице даны признаки лишь наиболее ясно выраженных типов пород. В природных условиях могут встречаться также переходные разности от одного типа к другому.

Подраздел 2.4 «Выделение коллекторов». Признаки коллектора делятся на прямые (качественные) и косвенные (количественные). Прямые признаки указывают на возможность фильтрации в поры коллектора воды, нефти, газа и фильтрата бурового раствора. При бурении скважины на качественном глинистом растворе, с малой водоотдачей и невысокой минерализацией, признаки коллектора является сужение диаметра скважины за счёт образования глинистой корки ($d_c < d_n$); положительные приращения на диаграмме микрозондов ($\rho_{\text{КГМЗ}} < \rho_{\text{КПМЗ}}$) при невысоких значениях их показаний; наличие зоны проникновения или радиального градиента сопротивления в пласте по данным БЭЗ или диаграмм разных глубинных зондов. Признак коллектора имеет место даже при бурении на растворе с высокой водоотдачей. В этом случае нередко в пластах-коллекторах возникает толстая глинистая корка. При бурении на технической воде корка в коллекторах отсутствует, если в разрезе скважин нет пластов глины; при наличии в разрезе глин техническая вода приобретает свойства плохого глинистого раствора с высокой водоотдачей и коллекторы отличаются толстой коркой.

Подраздел 2.5 «Определение эффективной толщины продуктивного коллектора». Толщину однородного продуктивного пласта коллектора определяют по диаграммам геофизических методов с учётом правил определения границ пласта. Толщину, однородного по коллекторским свойствам, но неоднородного по насыщению коллектора устанавливают для интервала, который по характеру насыщения отнесён к продуктивному. К такому типу относят коллекторы, расположенные в зоне водонефтяного контакта (ВНК) или газоводяного контакта (ГВК). В этом случае продуктивной является часть коллектора, насыщенная

нефтью или газом, а остальная часть, расположенная ниже контакта, представлена коллектором водоносным или содержащим непромышленную остаточную нефть или газ. Эффективная толщина ($h_{эф}$) таких объектов определяется интервалом между кровлей коллектора и уровнем ВНК или ГВК. В случае четкой границы воды с нефтью без переходной зоны контакт определяют как подошву пласта высокого сопротивления, которой является верхнепродуктивная часть коллектора. В мощном пласте коллектора, однородном по характеру насыщения, но содержащем прослойки неколлектора, эффективная толщина $h_{эф}$ определяется как разность толщин всего пласта h и суммы толщин прослоек неколлектора $\Sigma h_{пл}$: $h_{эф}=h- \Sigma h_{пл}$.

Подраздел 2.6 «Определение K_p по акустическому каротажу». Определение K_p по данным акустического каротажа (АК) основано на различии скорости распространения упругой волны (V_p или V_s) в скелете породы и в заполняющей пустотное пространство жидкости. Скорость распространения упругих продольных волн V_p в горных породах зависит от их минерального состава и структуры. При исследовании скважин акустическими методами одним из основных параметров, который регистрируется аппаратурой, является интервальное время пробега продольной волны ΔT_p , выраженное в мкс/м и связанное со скоростью распространения волны V_p (м/с). Величина ΔT возрастает с увеличением пористости породы при прочих равных условиях. На диаграммах метода АК пористые породы отмечаются максимальными показаниями, плотные - минимальными значениями ΔT .

Подраздел 2.7 «Определение коэффициента нефтегазонасыщения коллекторов». По определению 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 ($K_v = V_v / V_{пор}$). Для наиболее часто встречающихся в природе гидрофильных коллекторов пустотное пространство их занято в общем случае тремя фазами - нефтью, газом и водой.

Раздел 3 «Результаты работ». Для определения коллекторских свойств карбонатного резервуара данково-лебедянских отложений Лимано- Грачёвского месторождения была исследована скважина № 21. Пласты - коллекторы выделяются в разрезе по повышенной пористости слагающих их известняков по отношению к вмещающим плотным известнякам, по характерным формам кривых ГК и НГК. В строении резервуара Лимано- Грачёвской площади принимают участие пласты – коллекторы, сложенные известняками и доломитизированными известняками данково-лебедянского возраста. Верхняя часть горизонта, вмещающая пласты коллекторов, сложена доломитизированными известняками плотными с пластами псевдооолитовых и органогенно-детритовых разностей. Эффективная мощность, которых, изменяется от 11 до 12м. Сложены пласты - коллекторы кавернозными известняками, местами выщелоченными, часто с губчатой текстурой. Пористость каверновая, каверново-гранулярная, изменяется от 5 до 9,2%. Пачки Д-1, Д-2 и Д-3 распространены по всей площади, эффективная мощность каждой изменяется от 4,6 до 17,6м. Пачка Д-4 часто выклинивается и мощность её не превышает 6м, она почти не содержит коллекторов. Пачки Д-1 – Д-4 разделены в разрезе плотными известняками мощностью от 1 до 13м. Таким образом, коллекторы размещены в пределах пачек неравномерно, слагая иногда весь объём разрезов соответствующих пачек, чаще только часть его, реже совсем выклиниваются. Сложены пласты коллекторы кавернозными известняками, местами выщелоченными, часто с губчатой текстурой. На основании прослеживающихся эффективных мощностей коллекторов верхней части данковского горизонта Д-1, Д-2 была построена карта суммарной эффективной мощности. Основываясь на ней, можно отметить, что мощность изменяется в широких пределах, но главная особенность заключается в том, что максимальная величина достигается в северной части площади и уменьшается на юг, в сторону Прикаспийской впадины

до 5м. Еще одной задачей исследования было построение карты средневзвешенной пористости. При построении карты использовались данные из заключений по оперативной обработке ГИС, структурная карта исследуемого горизонта, а также теоретические данные и комплексные палетки закономерностей изменения значений средневзвешенной пористости. Получено, что в основном пористость коллекторов уменьшается также в южном направлении, что вызвано, очевидно, замещением мелководных шельфовых фаций органогенно-детритовых пористых известняков в сторону ПВ более плотными доломитизированными известняками, иногда с примесью глинистого материала. Из построенных карт значений средневзвешенной пористости и эффективных мощностей, можно сделать вывод, что карбонатные коллекторы данковского горизонта Лимано- Грачёвской площади относятся к низко- и среднеёмким каверно-поровым коллекторам.

Заключение. В процессе написания бакалаврской работы была изучена геолого-геофизическая характеристика Лимано-Грачёвской площади Саратовского Поволжья, освоена методика комплексной интерпретации данных ГИС, был проинтерпретирован материал по комплексу методов ГИС скв. №21 Лимано-Грачёвского месторождения, что позволило определить границы пластов-коллекторов, выявить их литотипы, определить эффективную мощность и фильтрационно-емкостные свойства; построить карты распространения средневзвешенной пористости и эффективной мощности данково-лебедянских отложений по латерали. Из построенных карт значений средневзвешенной пористости и эффективных мощностей, можно сделать вывод, что карбонатные коллекторы данковского горизонта Лимано-Грачёвской площади относятся к низко- и среднеёмким каверно-поровым коллекторам. Эффективная мощность и пористость их закономерно уменьшается с севера на юг в сторону Прикаспийской впадины, что связано с замещением пористых органогенно-детритовых известняков плотными более глубоководными разностями