

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

Кафедра геофизики

**«Петрофизическая характеристика пород-коллекторов методами ГИС на
примере Учебной-2 площади Саратовской области»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы
направление 21.03.01 нефтегазовое дело
профиль «Геолого-геофизический сервис нефтегазовых скважин»
геологического ф-та
Байкулова Булата Андреевича

Научный руководитель
К. г.-м.н., доцент

Б. А. Головин

подпись, дата

Зав. кафедрой
К. г.- м.н., доцент

Е. Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2022

Введение. Методы геофизических исследований скважин (ГИС) являются неременным и обязательным источником информации о вскрываемых бурением горных породах, позволяя выделять среди них проницаемые пласты и определять их физические свойства, важнейшими из которых с практической точки зрения являются тип пустот, коэффициент пористости и коэффициент нефтегазонасыщенности.

Также к методам ГИС относится и испытание пластов (ИПТ) в скважине, являющееся, в отличие от интерпретации регистрируемых кажущихся геофизических характеристик, непосредственно прямым методом определения продуктивности выбранного интервала разреза.

В связи с этим цель данной работы определена как проведение оперативного определения петрофизических свойств коллекторов по данным ГИС с последующим подтверждением выданных характеристик методом ИПТ.

Для достижения поставленной цели предстоит решить следующие задачи:

- ✓ изучить геологическое строение осадочного чехла района работ, включая литологию и нефтегазоносность;
- ✓ рассмотреть методы ГИС, используемые для выделения пластов-коллекторов и оценки пористости и насыщенности;
- ✓ освоить методику оперативной интерпретации ГИС;
- ✓ применить полученные данные для проведения оперативной интерпретации ГИС в скважине Учебной-2 площади;
- ✓ сравнить полученные результаты с результатами проведения ИПТ;
- ✓ сделать выводы, подвести итоги работы.

Бакалаврская работа состоит из введения, заключения, списка использованной литературы и 3 разделов: раздел 1 – «Геолого-геофизическая характеристика территории исследования»; раздел 2 – «Методика работ»; раздел 3 – «Результаты интерпретации данных ГИС».

Основное содержание работы. В административном отношении район работ находится на территории Дмитриевского муниципального образования Духовницкого района Саратовской области.

В геологическом строении района работ принимают участие осадочные породы палеозойских и мезозойских образований, залегающих на докембрийском кристаллическом основании.

Породы палеозоя представлены отложениями девонской и каменноугольной систем.

Девонская система представлена отложениями среднего и верхнего отделов, залегающие с большим угловым и стратиграфическим несогласием на породах фундамента.

Бобриковский горизонт (C1bb) сложен толщей песчаников с тонкими прослоями алевролитов и аргиллитов. Песчаники серые, кварцевые, мелко- и среднезернистые, крепкие, присутствуют трещины, заполненные глиной, битуминозные с запахом УВ, плохо смачиваются водой. Аргиллиты темно-серые, почти черные, тонкослоистые, слабослюдистые, оскольчатые с включениями обуглившихся растительных остатков. Алевролиты темно-серые, кварцевые, мелко-крупнозернистые, глинистые, плотные, слюдистые. Толщина отложений бобриковского горизонта составляет 15 м. Интервал нефтегазоносности – 1125-1134 м.

В тектоническом плане Учебная-2 площадь расположена в пределах Неверкинско-Иргизского прогиба Волго-Уральской антеклизы.

В системе нефтегазогеологического районирования район работ расположен в Жигулевско-Пугачевском нефтегазоносном районе Средне-Волжской нефтегазоносной области Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Разделяющий Жигулевский и Пугачевский своды Неверкинско-Иргизский прогиб в настоящее время представляется весьма перспективным с открытием нефтяных и нефтегазоконденсатных скоплений в верхнепалеозойских отложениях на восточном погружении Неверкинско-Иргизского прогиба и в Бузулукской впадине.

Нефтегазоносность каменноугольных отложений подтверждена рядом

месторождений, расположенных вблизи района работ.

В пределах Учебной-2 площади прогнозируемые залежи нефти приурочены к пласту песчаников, расположенному в кровле бобриковского горизонта. Для пласта бобриковских песчаников тип залежи – пластовый сводовый.

Геофизические исследования скважин (ГИС) – совокупность физических методов, предназначенных для изучения горных пород в околоскважинном и межскважинном пространствах.

ГИС применяют для решения геологических и технических задач. К геологическим задачам, в первую очередь, относят литологическое расчленение разрезов, их корреляцию, выявление полезных ископаемых и определение параметров, необходимых для подсчета запасов.

К техническим задачам относят изучение инженерно-геологических и гидрогеологических особенностей разрезов, изучение технического состояния скважин, контроль разработки месторождений нефти и газа, проведение прострелочно-взрывных работ.

По виду изучаемых физических полей методы ГИС делятся на электрические, электромагнитные, ядерные, акустические и другие.

По измеряемым характеристикам горных пород в разрезе скважины выделяют две основные группы методов ГИС:

1. Методы, измеряющие естественные физические поля: метод потенциалов собственной поляризации (ПС), метод естественной радиоактивности (гамма-метод ГМ).

2. Методы, измеряющие искусственные физические поля – энергию излучения, первичного или вторичного, прошедшего горную породу в интервале между излучателем и приемником в скважинном приборе. К этим методам относятся методы электрического сопротивления, радиоактивные и акустические.

К настоящему моменту известно более пятидесяти методов ГИС и их модификаций. Подобное многообразие объясняется рядом факторов. Первый из

них связан со спецификой обратных задач, требующей комплексирования большого числа методов. Второй – с различиями в условиях применения: применяют в осадочных, метаморфических, магматических породах, в скважинах обсаженных и не обсаженных, сухих, заполненных водными растворами солей и непроводящими промывочными жидкостями. Третий фактор, обуславливающий многообразие методов ГИС – большое количество решаемых ими задач геологического, технологического, инженерно- и гидрогеологического характера.

Предпосылками методов электрического каротажа является возможность существования в геологической среде, окружающей скважину, электромагнитного поля, состоящего из суммы электрического и магнитного и приводящего к существованию в земной коре электромагнитных волн. Поле описывается уравнениями Максвелла и условно разделяется в зависимости от частоты поля на три модели: стационарную (постоянное электрическое поле, где частота стремится к нулю), полустационарную (электромагнитное поле средних частот, или индукционное поле) и волновую (электромагнитное поле высоких и сверхвысоких частот).

Исследование и изучение степени деформации (усиления или ослабления) электромагнитного поля в зависимости от дифференциации горных пород, включая целевые объекты (нефтегазовые, продуктивные горизонты, угольные пласты, рудные тела и пр.) и является основной целью электромагнитных методов ГИС.

Методы электрического профилирования выполняются по всему стволу скважины. Методы электрического зондирования выполняются только в интервалах залегания целевых объектов, в частности в нефтегазовых пластах.

Классическим методом, появившимся на заре каротажных работ, является электрический каротаж методом КС (кажущихся сопротивлений). Исследования выполняются с использованием искусственно созданного поля, т.е. должен быть источник поля (генератор). Одновременно с методом КС производится регистрация потенциалов постоянного естественного

электрического поля, т.е. потенциалов собственной поляризации (ПС).

Для проницаемых пластов, в которые происходит проникновение промывной жидкости, составлены (рассчитаны) трехслойные палетки БКЗ. Они представляют собой, как и двухслойные, последовательный набор графиков зависимости ρ_k/ρ_c от L/d с шифром ρ_n/ρ_c , притом, что кривые каждой трёхслойной палетки отличаются по параметрам D/d_c и ρ_{zn}/ρ_c (D – диаметр зоны проникновения). Поэтому 2-х-слойная палетка одна, а 3-х-слойных палеток целый набор.

Ограничения метода КС:

большое шунтирующее влияние скважины при $\rho_n/\rho_c > 200$ (столб бурового раствора служит шунтом)

высокая погрешность в определении ρ_n пластов малой мощности при $\rho_n/\rho_{вм} > 20$ (ток ответвляется во вмещающие породы).

Методы сопротивлений помимо КС и БКЗ включают боковой (БК) и микрокаротаж (МКЗ).

Микрокаротаж (МКЗ) – это исследования в скважинах градиент- или потенциал-зондами КС малого размера, которые расположены на прижимном изоляционном башмаке.

МКЗ относится к детализационным методам каротажа. Основная задача – расчленение продуктивных пластов на проницаемые и непроницаемые. Другие задачи – определение границ пластов и их эффективной толщины (мощности), определение ρ_{zn} и $\rho_{гк}$ (толщины глинистой корки). Благоприятные условия для МК – слабоминерализованная промывная жидкость.

Боковой каротаж (БК) – метод с управляемой системой питающих электродов с целью фокусировки тока в пласт, один из основных методов исследований нефтяных, угольных и др. скважин. Различают 3-х, 7-ми и 9-ти электродные модификации. В специальной литературе и некоторых учебниках БК еще называют методом сопротивления экранированного заземления (СЭЗ). Сущность БК в том, что посредством равного потенциала экранирующих электродов, ток центрального электрода течет перпендикулярно к оси

скважины. В этом случае на измерения меньше влияют мощность пласта, сопротивление вмещающих пород и бурового раствора, что и является преимуществом БК перед методом КС. Преимущество БК еще и в том, что одновременно с кривой ρ_k можно регистрировать кривую удельной электропроводности σ_k (ед. изм. – сим/м). Размер центрального электрода в зондах БК, как правило, первые сантиметры, следовательно можно выявлять очень тонкие пласты и пропластки, при том что метод глубинный и составляет три длины экранных электродов.

Метод потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС или СП) основан на измерении в разрезах скважин естественного постоянного электрического поля Земли. Это поле создается вследствие окислительно-восстановительных, фильтрационных и диффузионно-адсорбционных процессов и определенным образом деформируется под влиянием скважинных условий. Перечисленные процессы приводят к возникновению на границах разделов сред двойных электрических слоев, суммарный потенциал которых и характеризует интенсивность поля ПС. В нефтегазовых, гидрогеологических и др. скважинах основной интерес представляет диффузионно-адсорбционная активность, проявляющаяся при диффузии ионов электролитов из пластовых вод в промысловую жидкость или наоборот. Метод ПС весьма прост в технике исполнения. Схема измерений показана на рисунке. 12. Производится регистрация потенциалов естественного поля ($U_{ПС}$), то есть разность потенциалов между подвижным электродом M , перемещаемым по стволу скважины, и неподвижным электродом N , устанавливаемым на дневной поверхности.

Метод ПС наиболее эффективен в песчано-глинистых разрезах.

Границы пластов на диаграммах ПС соответствуют точкам 0.5 max амплитудных значений. Их величину отсчитывают по линии глин. Минимумами $U_{ПС}$ отмечаются песчано-алевролитовые пласты при значениях удельного электрического сопротивления фильтрата бурового раствора больших, чем у пластовой воды ($\rho_{\phi} > \rho_{в}$). Против песчано-алевролитовых

нефтегазонасыщенных коллекторов аномалии ПС практически не отличаются от таковых против водоносных пластов. В то же время глинистые пласты, содержащие нефть, газ или газоконденсат, характеризуются меньшей амплитудой $U_{ПС}$, нежели глинистые водоносные пласты. Чистые карбонатные пласты (известняки, доломиты) характеризуются при условии $\rho_{\phi} > \rho_v$, как и песчано-алевролитовые, отрицательными аномалиями $U_{нс}$.

Радиоактивный каротаж (РК) – совокупность методов, основанных на изучении распространения естественного или наведенного (искусственного) радиоактивного поля в разрезах скважин и околоскважинном пространстве.

На основе поля естественной радиоактивности создан метод гамма-каротажа (ГК), а на основе наведенной радиоактивности метод нейтронного гамма-каротажа (НГК).

Естественная радиоактивность I_{γ} – самопроизвольный распад неустойчивых ядер атомов, подчиненный определенному статистическому закону.

При каротаже ГК измеряют естественную радиоактивность (J_{γ}) в скважине с помощью специального скважинного прибора, содержащего электронную схему и индикатор гамма-излучения. В современных комплексных приборах радиоактивного каротажа каналы ГК выполнены отдельными автономными модулями. Кроме того, канал ГК может быть частью любого комплексного прибора ГИС. В качестве индикаторов гамма излучения используются газоразрядные и сцинтилляционные счетчики. В качестве сцинтилляторов применяют монокристаллы йодистого натрия NaI или йодистого цезия CsI , активированные для увеличения световыхода таллием Tl .

ГК является основным методом в стандартном комплексе ГИС и эффективно используется совместно с методами КС и ПС для литологического расчленения разрезов. ГК имеет преимущество перед ПС в случае соленых буровых растворов, а также при равенстве УЭС бурового раствора (ρ_c) и фильтрата глинистого раствора (ρ_{ϕ}).

Исходя из решаемых геологических задач на разных стадиях изучения

площадей и месторождений используют разные комплексы методов ГИС. При решении любой геологической задачи комплекс ГИС включает методы, несущие информацию об основных свойствах породы - пористости, глинистости, проницаемости, нефтегазонасыщенности. Совокупность методов определения пористости (АК, ГГК, НГК и др.), глинистости (ПС, ГК), насыщенности (БК, ИК, БКЗ и др.) позволяет решать вышеупомянутые геологические задачи. При этом чем сложнее разрез, тем более обширный комплекс ГИС требуется для его изучения.

Кроме особенностей геологического разреза, комплекс ГИС определяется целевым назначением скважин, специфическими условиями бурения, характером ожидаемой геологической информации. Комплексы ГИС подразделяют на типовые и обязательные.

Типовые комплексы ГИС предназначены для типовых геолого-технических условий: для поисковых, разведочных, эксплуатационных скважин, для всего разреза и перспективных интервалов.

На основе типовых комплексов разрабатывают конкретные обязательные комплексы ГИС, дифференцированные по группам нефтегазоносных провинций и охватывающие все районы, вовлеченные в нефтегазодобывающий процесс.

В основе любого метода скважинной геофизики лежит регистрация параметров соответствующего поля, несущего информацию не только о физических свойствах горных пород, но и об условиях измерения, таких как температура и давление в скважине, ее диаметр, свойства промывочной жидкости и т.п. Поэтому измеряемый геофизический параметр (электрическое сопротивление, потенциал самопроизвольной поляризации, естественная радиоактивность и др.) не является истинным, характерным для естественного залегания горных пород. Для того чтобы получить значение истинного физического параметра необходимо внести поправки в регистрируемый, что составляет смысл геофизической интерпретации данных каротажа.

Качественная интерпретация данных ГИС:

1. Определение типов горных пород (литологическое расчленение разреза).
2. Выделение пластов-коллекторов (проницаемых интервалов).
3. Обнаружение нефтегазонасыщенных пластов.
4. Отбивка водо-нефтяного, водо-газового и нефте-газового контактов.
5. Промыслово-геофизические исследования в обсаженной скважине при ее освоении.
6. Литолого-стратиграфическая корреляция разрезов скважин по их профилю в плане.

Количественная интерпретация данных ГИС:

1. Геометрические размеры пластов-коллекторов (общая и эффективная толщина), объем нефтенасыщенной породы.
2. Пористость (коэффициенты общей и эффективной пористости).
3. Проницаемость (коэффициенты фазовой проницаемости).
4. Насыщенность (коэффициенты водо- и нефтенасыщения).
5. Запасы нефти и газа на месторождении (геологические и извлекаемые).
6. Определение интервала вскрытия (перфорации) пласта.

Заключение. В результате выполненных работ в бобриковских отложениях одной из скважин Учебного-2 месторождения выделены пласты-коллекторы, определена их литология и коэффициенты пористости и нефтегазонасыщенности.

Геофизические параметры выделенных коллекторов соответствуют породам с продуктивным насыщением. Данная оценка подтверждена результатами испытания пластов, в результате которого получен приток нефти.

Таким образом, использованные комплекс методов и приемы интерпретации данных ГИС показали высокую эффективность применительно к породам-коллекторам бобриковского горизонта изучаемой площади, что подтверждено результатами проведения испытания пластов в скважинах.