

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

Кафедра геофизики

**«Литологическое расчленение разреза в процессе бурения терригенных
отложений»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 Геология
профиль «Геофизика при поисках нефтегазовых месторождений»
геологического ф-та
Хатип Эмиля Хрымовича

Научный руководитель

Д. г.-м.н., профессор

подпись, дата

В.А. Огаджанов

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2025

Введение.

Конец XX века стал переломным этапом для нефтегазовой отрасли, когда истощение традиционных месторождений потребовало интенсификации геологоразведочных работ, ускоренного ввода новых скважин в эксплуатацию и повышения экономической эффективности бурения. В этих условиях возникла острая необходимость во внедрении инновационных методов, способных сократить сроки разведки, минимизировать риски аварий и оптимизировать процесс освоения ресурсов. Ответом на вызовы времени стало развитие геолого-технологических исследований (ГТИ) — принципиально нового направления промысловой геофизики, интегрирующего геологический анализ и технологические решения в режиме реального времени.

Исторически становление ГТИ связано с цифровизацией отрасли в 1970-х годах, однако пик их внедрения пришелся на конец XX — начало XXI века, когда рост спроса на углеводороды совпал с освоением сложнопостроенных месторождений. Метод стал катализатором прорыва в бурении, обеспечив не только ускорение темпов разведки, но и повышение точности прогнозирования. Сегодня, в эпоху Big Data и искусственного интеллекта, ГТИ эволюционируют в системы предиктивной аналитики, где обработка данных с датчиков MWD/LWD (измерений во время бурения) позволяет моделировать траекторию ствола, прогнозировать осложнения и автоматизировать управление процессом.

Таким образом, геолого-технологические исследования представляют собой междисциплинарный симбиоз геологии, инженерии и IT, направленный на преодоление вызовов современной нефтегазовой отрасли. Их изучение в рамках дипломной работы позволит не только систематизировать исторический опыт, но и наглядно показать методики повышения эффективности бурения в условиях возрастающих технико-экономических требований.

Цель работы: исследование комплексного применения газового каротажа, анализа шлама и лабораторных исследований керна (ЛБА) для оперативной оценки характера насыщения перспективных пород-коллекторов в процессе бурения, увязки полученных данных с результатами геофизических исследований скважин (ГИС), а также определение эффективности предложенного подхода в различных горно-геологических условиях.

Магистерская работа содержит в себе введение, заключение, список использованных источников, а также 3 раздела основного содержания работы, 6 подразделов первого раздела, 4 подраздела второго раздела и 3 подраздел 3 раздела: 1 «Геолого-геофизическая характеристика района работ», 1.1 «Состояние изученности территории», 1.2 «Краткая геолого-геофизическая изученность», 1.3 «Геологическое строение района», 1.3.1 «Литология и стратиграфия», 1.3.2 «Тектоника», 1.3.3 «Нефтегазоносность». 2 «Методика выполнения работ», 2.1 «Характеристика геолого-технологических исследований», 2.2 «Газовый каротаж», 2.2.1 «Интерпретация данных газового каротажа», 2.3 «Люминисцентно-битуминологический анализ». 3 «Результаты», 3.1 «Анализ эффективности газового каротажа», 3.1.1 «Результаты интерпретации данных газового каротажа», 3.1.2 «Итоги и сравнение с результатом ГИС».

Основное содержание работы.

Первый раздел **«Геолого-геофизическая характеристика района работ».**

Учебное месторождение было открыто в 1965 г. в результате бурения поисковой скважины №11, выполненного Мегионской экспедицией (Главтюменьгеология) в сводовой зоне Учебного локального поднятия (южный сектор Тарховского вала). В ходе опробования установлена промышленная нефтеносность горизонтов БВ10, БВ8 и АВ4-5. В 1966 г. скважиной №9 подтверждена продуктивность горизонта АВ1, а скважиной №2 — горизонта АВ2 [1].

Геоморфологическая структура исследуемого региона характеризуется озерно-аллювиальной равниной, сформированной верхнечетвертичными среднесуглинистыми осадками, включающими ритмично-слоистые озерные глины, алевритовые отложения легкого гранулометрического состава и линзовидные песчаные формации. В прирусловых зонах наблюдаются обширные аккумулятивные песчаные образования. Литологический комплекс соответствует II категории грунтов по строительным нормативам. Рельеф представляет собой морфологически выровненную моренную равнину с реликтовыми пологоволнистыми формами, подвергшимися интенсивной денудационной деградации. Абсолютные высотные отметки варьируют в диапазоне +81–93 м н.у.м., снижаясь в аллювиальных депрессиях до +45–70 м.

Гидрологическая система относится к Обскому бассейну, занимая межфлювиальное пространство между правыми притоками Оби – реками Вах и Ватинский Еган с их субпритоками (Куйеган, Котуреган и др.). Водотоки отличаются минимальными градиентами продольного профиля, выраженной меандризацией и обширными пойменными болотными массивами. Гидрологический режим характеризуется весенне-летним половодьем с аккумуляцией до 75% годового стока, зимней меженью с подземным питанием и устойчивым ледоставом. Лимническая сеть включает многочисленные термокарстовые озера (Самотлор, Кымыл-Эмитор и др.), сохраняющие положительные температуры водной массы в криозоне.

Климатические условия отличаются гиперконтинентальностью с выраженной сезонной дихотомией: продолжительная гипотермальная зима (среднефевральская температура -22°C , экстремум -57°C) с преобладанием западного переноса воздушных масс сменяется коротким теплым летом (июльский максимум $+35^{\circ}\text{C}$) с северными циклонами. Годовая сумма осадков (580 мм) имеет выраженный летне-осенний максимум (390 мм). Ветровой режим характеризуется средней скоростью 3.6 м/с при 15–18 штилевых дней ежегодно.

Криогенные процессы проявляются фрагментарно в виде сезонных

перелетков, однако в разрезе идентифицируется реликтовая многолетняя мерзлота с нулевым термическим градиентом (-0.1 — $+0.2^{\circ}\text{C}$). Ее сохранению способствуют литологические барьеры – глинистые пласты новомихайловской и туртасской свит, блокирующие термическую инфильтрацию. Данные водоупоры обуславливают фазовую стагнацию криолитозоны в условиях меняющихся палеоклиматических трендов.

Геологический разрез месторождения представлен отложениями двух структурных комплексов: доюрских образований и мезозойско-кайнозойского осадочного чехла. Осадочные породы общей толщиной до 3 км залегают на размытой поверхности доюрского складчатого основания.

Номенклатура свит и пачек, слагающих разрез месторождения, не претерпела каких-либо существенных изменений по сравнению с данными отчета 1987 г. Поэтому ниже дается краткая характеристика стратиграфических подразделений. Схема литолого-стратиграфического разреза Учебного месторождения показана рисунке 2, а также в приложении 1 для лучшей наглядности.

Доюрские образования

Палеозойский структурный этаж вскрыт разведочными скв. 8Р, 39Р, 50Р, 126Р, 1035Р, 189Р, 190Р, 192П. Отложения палеозоя представлены сильно метаморфизованными глинистыми, глинисто-сланцевыми и кремнисто-глинистыми сланцами, интрузивными породами. По породам палеозойского структурного этажа развиты коры выветривания, которые на Учебном месторождении мало изучены и не вскрыты.

Юрская система

Отложения юрской системы, несогласно залегающие на доюрском основании, представлены верхним отделом.

Верхний отдел (васюганская, баженовская свиты) представлен преимущественно морскими осадками.

Васюганская свита (келловей-оксфорд) литологически делится на две части. Нижняя - сложена аргиллитами и имеет толщину до 50 м. Верхняя

часть, имеющая толщину до 40 м, представлена преимущественно песчано-алевролитовыми породами, с которыми связана нефтеносность (горизонт ЮВ1).

Баженовская свита (волжский-киммериджский), сложена битуминозными аргиллитами толщиной около 40 м.

Меловая система

Меловая система представлена всеми стратиграфическими единицами.

Нижний мел сложен отложениями мегионской, вартовской, алымской и низов покурской свит.

Мегионская свита (берриас-валанжин) литологически делится на три части. Нижняя – сложена аргиллитами. На них залегает ачимовская толща, представленная тонким и весьма сложным переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов. В составе толщи выделяется до 9 пластов, индексируемых сверху вниз от БВ14 до БВ22, из которых 4 последних в пределах Учебного месторождения содержат промышленные запасы нефти. Толщина ачимовской толщи достигает 80 м. Выше залегают преимущественно песчаные породы, в составе которых выделяются пласты БВ8 - БВ12. Промышленно-нефтеносными являются пласты БВ8 и БВ10. В пределах Учебного месторождения с мегионской свитой связаны отложения клиноформенного комплекса. Толщина отложений свиты: 326 – 370 м.

Вартовская свита подразделяется, на две подсвиты. С ней связан в пределах всего месторождения шельфовый этап осадконакопления. В основании нижней подсвиты отложения представлены переслаиванием серых песчаников, алевролитов и аргиллитов, слагающих пласты БВ7 и БВ6. Пласт БВ7 нефтеносен. Разрез верхней части подсвиты представлен также чередованием разнотекстурных песчаников, алевролитов и глин, образующих до пяти самостоятельных пластов, из которых в трёх (БВ0, БВ1, БВ2) содержатся промышленные залежи нефти. Общая толщина нижней подсвиты, составляет около 240 м.

Верхняя подсвита вартовской свиты подразделяется на две части. В

составе нижней части выделяется три песчаных пласта АВ8, АВ7 и АВ6, с которыми связаны залежи нефти и газа. Верхняя часть подсвиты, характеризуется существенно большей песчанистостью, причем выделяемые в её разрезе пласты АВ4-5 и АВ2-3 имеют значительные эффективные толщины (свыше 50 м) и улучшенные коллекторские свойства песчаников и крупнозернистых алевролитов. Общая толщина вартовской свиты до 400 м.

Алымская свита состоит из двух частей. Нижняя сложена преимущественно песчаниками и алевролитами и выделяется в разрезе как пласт АВ1, который в подошвенной части представлен менее глинистыми разностями (пласт АВ13), а в кровельной части более глинистыми и тонкозернистыми разностями пород сложной текстуры (пласт АВ11-2). Верхняя часть, сложена аргиллитами темно-серыми с частыми тонкими прослоями алевролитов. Общая толщина отложений алымской свиты достигает 80м.

Покурская свита объединяет осадки аптского, альбского и сеноманского ярусов. Она представлена переслаиванием песчаников с алевролитами и глинами. В сеноманских песчаниках (пласт ПК1) залегает газовая залежь. Толщина свиты до 720 м.

Отложения верхнего мела представлены преимущественно глинистыми осадками толщиной 250-300 м.

Палеогеновая система

Состоит в нижней своей части в основном из глин морского происхождения толщина которых составляет от 235 до 240м. Выше залегают континентальные осадки – переслаивание глин, песков. Их толщина составляет 320 м.

Четвертичная система

Отложения четвертичной системы представлены песками. Толщина отложений достигает 120 м.

В пределах Западно-Сибирской плиты большинство исследователей выделяет три структурно-тектонических этажа.

Нижний формировался в палеозойское и допалеозойское время и отвечает геосинклинальному этапу развития современной плиты.

Средний – объединяет отложения, образовавшиеся в условиях парогeosинклинали, имевшей место в пермско-триасовое время.

Верхний – мезо-кайнозойский, типично платформенный формировался в условиях длительного, устойчивого погружения фундамента.

Хантейская антеклиза, расположенная в центральной части Западно-Сибирской низменности, включает в себя следующие положительные структурные элементы первого порядка: Сургутский свод на западе, Нижневартовский на востоке, Каймысовский и Верхне-Демьяновский на юге. Центральную часть антеклизы занимает Юганская впадина.

В региональном тектоническом плане по отражающему сейсмогоризонту «Б» Учебная площадь расположена в Центральной части Нижневартовского свода, в пределах Тарховского куполовидного поднятия, которое объединяет Учебную, Мартовскую, Северо-Учебную, Белозерскую и Черногорскую структуры III порядка, как показано на рисунке 3.

По кровле горизонта БВ10 Учебное куполовидное поднятие оконтуривается изогипсой минус 2200 метров. Все локальные структуры внутри контура выражены довольно резко.

Наиболее крупная из них – собственно Учебная, расположена в центральной и южной частях Тарховского поднятия. Структура оконтурена изогипсой минус 2120 м, имеет изометрическую форму с изрезанными контурами. Размеры ее в плане 12х15 км, амплитуда структуры около 80 м, при этом наиболее крутые углы поднятия характерны для юго-восточной части (скважины IP и ИПР) до 2,20. Белозерная структура по кровле пласта БВ10 осложнена двумя куполами, оконтуренными изогипсой минус 2130 м. Общие размеры структуры 6х15 км в пределах изогипсы минус 2130 м.

В целом Учебное куполовидное поднятие по замыкающей изогипсе минус 2200 м. имеет размеры 32х40 км, амплитуду 150 метров.

По кровле горизонта БВ8 в структурном плане Учебного куполовидного

поднятия отмечается незначительное выполаживание по сравнению с нижезалегающими горизонтами БВ10.

Более существенные изменения структурного плана происходят по кровле самого верхнего продуктивного пласта АВ1. Белозерное, Мартовское поднятие практически сливаются с Учебным, с севера и востока оконтуриваются изогипсой минус 1690 м. На западе и юго-западе оконтуриваются изогипсой – 1640 м. и раскрываются в сторону Аганского, Ватинского, Мегионского и Мыхпайского поднятий. Углы наклона крыльев от десятков минут до 1,45. Амплитуда по отношению к западному крылу около 110 м., восточному и северному – 160 метров.

Вышеизложенное свидетельствует об унаследованном характере развития структур Учебного месторождения, где наряду с тектоническим фактором играли процессы их облекания. Это обусловило совпадение структурных планов по всем горизонтам юры и мела, но с выполаживанием их по более молодым отложениям.

Второй раздел **«Методика выполнения работы».**

Геолого-технологические исследования (ГТИ) представляют собой инновационный подход, интегрирующий геологический анализ и технологическую оптимизацию процесса бурения. В отличие от классических методов, требующих остановки работ для сбора данных, ГТИ обеспечивают непрерывный мониторинг в режиме реального времени. Это позволяет мгновенно адаптироваться к изменениям в разрезе, минимизируя риски аварий, такие как газонефтеводопроявления (ГНВП) или обрушение стенок скважины [4].

Основные цели внедрения ГТИ:

- Повышение безопасности за счёт превентивного выявления аномалий.
- Снижение затрат благодаря исключению простоев и оптимизации ресурсов.
- Увеличение точности геологической модели через интеграцию

данных в 3D-формате.

Ключевые методы ГТИ:

1. Литологическое картирование в реальном времени

Технологии: XRF-анализ шлама и гиперспектральные датчики.

Пример: На Сахалинском шельфе данные XRF выявили глинистые прослой (высокое содержание Al и Si). Траектория ствола была скорректирована в сторону песчаников, что сэкономило 10 суток работ.

2. Геомеханический мониторинг

Датчики напряжений на бурильной колонне фиксируют нагрузки, предотвращая обрушение стенок.

Контроль гидродинамических параметров

Плотность, вязкость, объём циркуляции раствора связаны с предупреждением ГНВП.

3. Механические параметры

WOB (нагрузка на долото): Снижение WOB в глинах указывает на пластичные породы.

TORQ (момент на роторе): Рост TORQ в карбонатах сигнализирует о трещиноватости.

ROP (скорость проходки): Резкое увеличение ROP в песчаниках (до 15 м/час) подтверждает коллекторские свойства.

4. Газовый каротаж – один из главных и важных методов контроля процесса бурения скважины, который подробнее описан в главе 2.2.

Соответствие отраслевым стандартам:

- SPE 112683: Геомеханический мониторинг для снижения рисков.
- API RP 59: Контроль ГНВП через анализ параметров раствора.
- ГОСТ Р 53554-2022: регламентирует проведение ГТИ.

Третий раздел **«Результаты».**

В рамках выполнения данной работы был проведен комплексный анализ данных, полученных в ходе геолого-технологического сопровождения бурения бокового горизонтального ствола (БГС) скважины №1 на Учебном

месторождении. Основной целью исследования являлось обеспечение точного вхождения ствола скважины в целевой продуктивный интервал пласта АВ4-5, а также оценка соответствия фактических параметров бурения проектным значениям.

Заключение.

В условиях возрастающей сложности геологоразведочных работ и необходимости оптимизации добычи углеводородов геолого-технологические исследования (ГТИ) приобретают ключевое значение. Их роль заключается не только в повышении точности данных, но и в обеспечении оперативного управления процессами бурения. Примером успешного применения таких методик стали результаты исследований на Учебном месторождении, где качественные и количественные подходы ГТИ продемонстрировали высокую эффективность в изучении продуктивных горизонтов.

В рамках изучения эксплуатационного объекта пласта АВ4-5 было установлено, что данный горизонт содержит легкую нефть. Это подтвердилось как данными ГТИ, так и геофизических исследований скважин (ГИС). Кроме того, анализ терригенных отложений, представленных аргиллитами и песчаниками, выявил устойчивую нефтенасыщенность, что расширило понимание потенциала исследуемой зоны.