

На правах рукописи



Пушкарева Дарья Андреевна

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ
В НАДСОЛЕВОМ КОМПЛЕКСЕ АСТРАХАНСКОГО
ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

25.00.12 - Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата

геолого-минералогических наук

Москва - 2022

Работа выполнена в Обществе с ограниченной ответственностью
«Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий –
Газпром ВНИИГАЗ»

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук
Семенов Евгений Олегович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Постников Александр Васильевич
профессор, заведующий кафедрой литологии
ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени
И.М. Губкина»

доктор геолого-минералогических наук
Успенский Борис Вадимович
профессор, заведующий кафедрой геологии
нефти и газа им. А.А. Трофимука
ФГАОУ ВО «Казанский (Поволжский)
федеральный университет»

Ведущая организация: ФГБУН Институт проблем нефти и газа
Российской академии наук (ИПНГ РАН)

Защита состоится «20» апреля 2022 года в 13 ч. 30 мин. на заседании
Диссертационного совета Д 511.001.01, созданного на базе Общества с
ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт
природных газов и газовых технологий - Газпром ВНИИГАЗ», по адресу: 142717,
Московская область, Ленинский городской округ, поселок Развилка,
Проектируемый проезд №5537, здание 15, строение 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ООО «Газпром
ВНИИГАЗ» и на сайте: [http:// www.vniigaz.gazprom.ru](http://www.vniigaz.gazprom.ru).

Автореферат разослан «28» февраля 2022 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д-р физ.-мат. наук

Бузников Никита Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Астраханское газоконденсатное месторождение (далее – АГКМ) является крупнейшим месторождением Прикаспийского нефтегазоносного бассейна с аномально высоким содержанием углекислого газа и сероводорода в сырье (до 40%). В разработке находится продуктивная залежь башкирского яруса каменноугольной системы, экранированная мощными галогенными отложениями кунгурского яруса пермской системы. Отбор газа из залежи сдерживается необходимостью переработки или долговременного захоронения попутно добываемых кислых компонентов пластовой смеси (H_2S и CO_2).

Возрастает интерес к мезо-кайнозойскому надсолевому комплексу отложений, продуктивность которого установлена практически по всему периметру Прикаспийской впадины. Вблизи АГКМ открыты и разрабатываются несколько мелких многозалежных месторождений (Верблюжье нефтяное, Бугринское газовое и др.). При проведении геологоразведочных работ на АГКМ газопроявления отмечались в ряде скважин в отложениях верхнепермского, мезозойского и даже плиоценового возраста, в связи с чем в пределах надсолевого комплекса можно ожидать мелкие техногенные скопления газа. Исследование геологического строения надсолевого комплекса также актуально для решения научно-прикладных проблем, которые способствуют эффективной разработке АГКМ. Необходим поиск природных резервуаров, пригодных для утилизации жидких отходов производства Астраханского газохимического комплекса. Частной проблемой является оценка возможности создания в надсолевом комплексе объектов для долгосрочного захоронения кислых газов.

Перечисленные проблемы диктуют необходимость доизучения геологического строения надсолевого комплекса: структурных факторов, дизъюнктивной тектоники, фильтрационно-емкостных и флюидоупорных свойств отложений и т.д. Для их решения ООО «Газпром добыча Астрахань» реализует программу геологического изучения надсолевого комплекса АГКМ, включающую бурение специальных разведочных скважин с отбором керна и 3D сейсморазведку.

В пробуренных до 1990-х годов поисковых и разведочных скважинах на подсолевые отложения керн из надсолевого комплекса отбирался в весьма ограниченном количестве и на сегодняшний день не сохранился. Имеющаяся информация о коллекторских и флюидоупорных свойствах потенциальных резервуаров носит самый общий характер. Диссертация является первым научным исследованием отложений из надсолевого комплекса АГКМ, базирующимся на детальном анализе кернового материала.

Степень разработанности темы

В разные периоды большой вклад в исследование надсолевого комплекса юго-западной части Прикаспийской впадины и непосредственно Астраханского свода внесли Айзенштадт Г.Е.-А., Анисимов Л.А., Бабич Д.А., Бармин А.Н., Бродский А.Я., Быстрова И.В., Волож Ю.А., Воронин Н.И., Гольчикова Н.Н., Григоров В.А., Делия С.В., Захарчук А.В., Калягин С.М., Левина В.И., Миталев И.А., Мишанин С.И., Мовшович Е.В., Осинский Г.Д., Попов С.В., Самойлович В.Л., Серебряков А.О.,

Успенская Н.Ю., Щучкина В.П., Ушивцева Л.Ф., Федоров Д.Л., Федорова Н.Ф. и многие другие исследователи. Авторами был рассмотрен широкий круг геоструктурных и палеотектонических вопросов, морфологии соляных диапиров, перспектив нефтегазоносности, локализации ловушек УВ и т.д. Однако из-за неоднородного строения и слабой разбуренности большая часть данных о надсолевом комплексе, особенно на Астраханском своде, была получена косвенными методами исследования или прогнозировалась по аналогии с прилегающими территориями. Имеющихся данных недостаточно для геологической характеристики комплекса и, в частности, формирующих его отложений.

Целью работы является установление закономерностей внутреннего строения, свойств и регионального распространения отложений, формирующих природные резервуары надсолевого комплекса, для постановки ГРП с целью дальнейшего повышения эффективности разработки АГКМ.

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

- выполнить анализ фактических данных и подобрать методику исследования отложений надсолевого комплекса;
- установить минералогический и литологический состав, генезис отложений и реконструировать обстановки осадконакопления;
- определить фильтрационно-емкостные, флюидоупорные свойства горных пород и проанализировать седиментологические и постседиментационные факторы, контролирующие их качество;
- выполнить региональный прогноз площадного распространения и изменения свойств резервуаров в пределах АГКМ;
- выделить структурные элементы с резервуарами оптимального качества для постановки геологоразведочных работ, способствующих дальнейшей эффективной разработке АГКМ.

Фактический материал и методы исследования

Диссертационная работа базируется на новом материале, исследованном автором в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в качестве соисполнителя научно-исследовательских работ в рамках Комплексной программы доизучения осадочного чехла Астраханского ГКМ (ООО «Газпром добыча Астрахань»). В качестве фактического материала использовались 200 м кернового материала, отобранного из 6 новых скважин (2017-2021 гг.), данные ГИС и результаты описания шлама из 14 скважин старого фонда (1976-1990 гг.), а также научно-исследовательские работы и публикации по теме исследования.

В работе использовался широкий комплекс исследований, который включал описание керна, петрографический, гранулометрический, рентгенофазовый, споропыльцевой и микрофаунистический анализы, растровую электронную микроскопию, комплекс стандартных исследований пористости и проницаемости. Обобщение полученных результатов проводилось различными методами систематизации и анализа (генетическая интерпретация данных гранулометрического анализа, литофациальный, электрофациальный и циклостратиграфический анализы и т.д.).

Основной объем исследований был проведен в Московском центре исследования пластовых систем (кern и флюиды) ООО «Газпром ВНИИГАЗ», часть аналитических исследований (палеонтологический анализ, РЭМ) была выполнена специалистами

Геологического института РАН и геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Личный вклад

Автором была подобрана методика исследования, выполнено описание кернового материала, петрографический анализ шлифов, интерпретация данных ГИС. При непосредственном участии автора выполнялся комплекс лабораторных исследований и интерпретация результатов (гранулометрический, рентгенофазовый, петрофизический анализы). Автором самостоятельно выполнен анализ результатов лабораторных исследований, построены литолого-петрофизические модели резервуаров, проведена их региональная геометризация и на ее основе выделены объекты для постановки геологоразведочных работ.

Научная новизна

На основе современных комплексных методов исследования кернового материала, отобранного впервые за 30 лет, получены данные о возрасте, обстановках осадконакопления, коллекторских и флюидоупорных свойствах отложений надсолевого комплекса АГКМ. Новые данные позволили выделить и охарактеризовать в пределах комплекса природные резервуары для поиска мелких залежей УВ, а также долговременного захоронения жидких отходов производства и попутно добываемых кислых компонентов пластовой смеси.

С учетом новых данных была выполнена региональная стратиграфическая корреляция отложений надсолевого комплекса, позволившая выполнить прогноз распространения свойств резервуаров и проиллюстрировать их неоднородное строение в пределах АГКМ.

Геометризация резервуаров позволила выделить первоочередные объекты для постановки геологоразведочных работ в пределах АГКМ.

Практическая значимость и реализация результатов работы

Полученная прямая информация об отложениях уже сейчас используется для снижения издержек при строительстве и эксплуатации новых скважин, при подборе рецептур буровых растворов и т.д.

Новые данные являются основой для решения научно-прикладных и прикладных задач на АГКМ: поиска мелких залежей УВ, сбора данных для различных систем мониторинга за состоянием недр и гидродинамического моделирования, формирования программы бурения скважин и т.д.

Прогноз свойств резервуаров рекомендуется использовать при планировании геологоразведочных работ, в том числе - обоснования расширения границ существующих и выбора новых подземных хранилищ разного назначения.

Основные защищаемые положения

1) В разрезе надсолевого комплекса перспективными резервуарами для поиска ловушек УВ, долгосрочного захоронения жидких отходов производства и кислых газов являются отложения среднеюрского, в меньшей степени – нижнетриасового и средне-верхнеюрского отделов. Отложения палеогеновой системы могут рассматриваться только в качестве надежного флюидоупора.

2) Закономерности формирования коллекторских и экранирующих свойств отложений, формирующих резервуары надсолевого комплекса Астраханского ГКМ, в первую очередь определялись фациально-палеогеографическими факторами, в

меньшей степени – постседиментационными факторами.

3) Перспективными для утилизации жидких отходов производства (при благоприятном сочетании всех факторов) могут быть среднеюрские резервуары в пределах Южно-Аксарайской, Аксарайской, Ширяевской и Южной мульд и средне-верхнеюрский резервуар в пределах Южной мульды; для долгосрочного захоронения кислых газов - среднеюрские резервуары в пределах Южной, Сеитовской, Сары-Сорской и Ахтубинской мульд.

Степень достоверности

Достоверность результатов обусловлена комплексированием данных ГИС и результатов исследования кернового материала и подтверждается проведением обширного комплекса лабораторных исследований с помощью комплекса физико-химических методов анализа с использованием актуальных методик на современном оборудовании. Полученные результаты значительно дополняют опубликованные ранее данные.

Апробация результатов

Результаты исследований докладывались на всероссийских и международных конференциях, форумах и совещаниях:

- III Международной научно-практической конференции «*Актуальные вопросы исследования нефтегазовых пластовых систем (SPRS-2020)*», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва, 2020 г.;

- Международной научно-практической конференции «*О новой парадигме развития нефтегазовой геологии*», ГГБУ «Академия наук республики Татарстан» и др., Казань, 2020 г.;

- IV Российском Совещании по глинам и глинистым минералам "*ГЛИНЫ-2019*", Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, 2019 г.;

- 3-ей Всероссийской молодежной научной конференции «*Актуальные проблемы нефти и газа*», Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, 2019 г.;

- XIII Всероссийской конференции молодых ученых, специалистов и студентов «*Новые технологии в газовой промышленности (газ, нефть, энергетика)*», РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва, 2019 г.;

- Международном молодежном научном форуме «*ЛОМОНОСОВ-2019*», МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, 2019 г.;

- II Международной научно-практической конференции «*Актуальные вопросы исследования нефтегазовых пластовых систем (SPRS-2018)*», ПАО "Газпром", Москва, 2018 г.

Результаты исследований опубликованы в 11 научных работах, в том числе 4 статьи - в рецензируемых научных журналах, включенных в «Перечень ...» ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Содержание работы изложено на 164 страницах машинописного текста, включая 7 таблиц, 77 рисунков и 2 приложения. Список использованной литературы включает 102 источника.

Благодарности

Автор выражает благодарность своему научному руководителю, к.г.-м.н. Семенову Евгению Олеговичу, за ценные советы и конструктивную помощь при выполнении диссертационной работы, а также к.г.-м.н., доценту Короткову Б.С. и к.х.н. Михалкиной О.Г. за помощь и советы при проведении исследований и в процессе работы над текстом диссертации.

Благодарность выражается коллективу ООО «Газпром добыча Астрахань», в частности к.г.-м.н. Захарчуку В.А., за консультации и ценные замечания, а также сотрудникам Московского центра исследования пластовых систем (керна и флюиды) ООО «Газпром ВНИИГАЗ» за помощь в выполнении лабораторных исследований.

Благодарность выражается специалистам-палеонтологам д.г.-м.н. Вишневской В.С., д.г.-м.н. Рогову М.А., д.г.-м.н. Тесаковой Е.М., к.г.-м.н. Исаковой Т.Н., к.г.-м.н. Устиновой М.А., к.г.-м.н. Александровой Г.Н. и к.г.-м.н. Бордунову С.И. за выполненный палеонтологический анализ кернового материала.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отражена актуальность и степень разработанности темы исследования, цель и задачи, фактический материал и методы исследования, личный вклад автора, научная новизна, практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе приводится краткий обзор истории исследований, современное состояние изученности, общая характеристика и проблематика исследования надсолевого комплекса АГКМ.

Надсолевой верхнепермско-кайнозойский комплекс отложений отделен от подсолевого девон-нижнепермского комплекса региональным галогенным флюидоупором кунгурского яруса пермской системы. Структурный план надсолевого комплекса характеризуется ячеистой структурой за счет чередования соляных штоков, их гряд и межкупольных мульд. Межкупольные мульды надсолевого комплекса выполнены карбонатными и терригенными отложениями верхнепермско-палеогеновой систем. Кунгурско-палеогеновые отложения плащеобразно, с резким угловым и стратиграфическим несогласием, перекрыты терригенными отложениями неоген-четвертичной систем.

Основной вклад в исследование надсолевого комплекса юго-западной части Прикаспийской впадины внесли Айзенштадт Г.Е.-А., Анисимов Л.А., Бабич Д.А., Бармин А.Н., Бродский А.Я., Быстрова И.В., Волож Ю.А., Воронин Н.И., Гольчикова Н.Н., Григоров В.А., Делия С.В., Захарчук А.В., Калягин С.М., Левина В.И., Миталев И.А., Мишанин С.И., Мовшович Е.В., Осинский Г.Д., Попов С.В., Самойлович В.Л., Серебряков А.О., Успенская Н.Ю., Щучкина В.П., Ушивцева Л.Ф., Федоров Д.Л., Федорова Н.Ф. и др. Авторами рассмотрены вопросы геологического строения, тектоники и морфологических характеристик соляных диапиров, перспектив нефтегазоносности, возможной локализации ловушек УВ и т.д. Результаты исследований привели к открытию ряда нефтяных и газовых месторождений по периметру Астраханского свода, преимущественно в пределах Сарпинского прогиба.

К 90-ым годам интерес к изучению надсолевого комплекса на Астраханском своде ослаб из-за безуспешных попыток открытия месторождений УВ. В последние

годы ситуация меняется – надсолевой комплекс становится интересен не только с позиций поиска УВ для кратковременного прироста добычи, но для решения ряда научных и прикладных проблем.

Изучение надсолевого комплекса необходимо для поиска природных резервуаров, пригодных для утилизации жидких отходов производства Астраханского газодобывающего комплекса. Также рассматривается вопрос возможности и целесообразности долгосрочного хранения в пределах комплекса попутно добываемых кислых компонентов пластовой смеси (CO_2 , H_2S). Долгосрочному захоронению флюидов в надсолевом комплексе способствуют латеральная и вертикальная изолированность мульд, закрытый гидродинамический режим и небольшие глубины залегания отложений с чередованием пород-коллекторов и флюидоупоров. Утилизация кислых соединений позволит в перспективе увеличить темпы разработки месторождения, которые искусственно сдерживаются по экологическим требованиям.

Технологии долгосрочного захоронения и утилизации кислых газов разрабатывались коллективом авторов Bachu S., Carroll J.J., Gunter W.D., Buschkuehle M., Thompson A.W., Baines S.J., Clark M.A., Dooley J.J., Dashtgard S., Hawkes C.D., Haug K., Longworth H.L., Wilson M., Wong S. и др. С 90-х годов проекты захоронения используются в Канаде и США для снижения экологических выбросов и улучшения показателей разработки сероводородсодержащих месторождений. Аналогичные проекты в России отсутствуют. Из отечественных трудов, посвящённых вопросам подземного хранения сероводородсодержащих соединений, выделяется диссертационная работа Серебрякова О.И. В работе на примере Астраханского ГКМ показано, что долгосрочное захоронение требует комплексного геологического, гидрогеологического, экологического и технологического исследования потенциального полигона закачки. Это связано со значительным техногенным воздействием на недра сероводородсодержащих и других типов закачиваемых флюидов, что приводит к необратимым изменениям геосреды и возможным серьёзным экологическим последствиям. Для минимизации рисков среди геологических критериев захоронения отмечена необходимость создания геологической модели полигона, в которой бы учитывалось наличие надёжно экранированных вместительных резервуаров с высокими ФЕС и отсутствием тектонических нарушений. Для полигона необходимо выявление закономерностей строения и изменения фильтрационных параметров, а также изучение реакций взаимодействия закачиваемого флюида и вмещающих отложений для надёжной герметичности объекта захоронения.

На настоящий момент информации о строении и свойствах природных резервуаров надсолевого комплекса в пределах АГКМ недостаточно. Из-за неоднородного строения и слабой разбуренности свода основная часть имеющихся данных получена косвенными методами исследования или прогнозируется по аналогии с прилегающими территориями. Региональный обзор строения и свойств резервуаров надсолевого комплекса в пределах юго-западной части Прикаспийской впадины, составленный Федоровой Н.Ф., Быстровой И.В., Барминым А.Н., Мишаниным С.И., Калягиным С.М. и др. авторами, позволяет прогнозировать наличие резервуаров на Астраханском своде в отложениях триасовой, юрской и меловой систем. Непосредственно на АГКМ фрагментарные данные о строении природных резервуаров получены из практики эксплуатации действующего Астраханского полигона

захоронения промстоков (АПЗП), где с 1987 г. проводится закачка жидких отходов производства в верхнеюрские и нижнемеловые отложения.

Для получения прямой информации о строении природных резервуаров с 2013 г. на АГКМ реализуется многоцелевая программа доизучения надсолевого комплекса, проводимая с отбором керна. Новый материал позволяет впервые за 30 лет получить представление о возрасте, составе, строении свойствах отложений, формирующих природные резервуары.

Во второй главе приводится методика исследования, которая позволяет установить закономерности изменения строения и свойств природных резервуаров в надсолевом комплексе Астраханского ГКМ.

Резервуары надсолевого комплекса рассматриваются в первую очередь как объекты долгосрочного захоронения жидких отходов производства и кислых газов, поэтому помимо комплекса стандартных исследований коллекторов и флюидоупоров необходим подробный литологический и минерально-структурный анализ формирующих их отложений. Комплексный анализ помогает определить и спрогнозировать изменение свойств пород в разрезе, предсказать долгосрочное взаимодействие матрикса породы с закачиваемым флюидом, определить степень краткосрочной и долгосрочной герметичности резервуара, спрогнозировать изменение свойств резервуаров при различных типах эксплуатации объекта или аварийных ситуациях и т.д. Установленные закономерности строения и свойств природных резервуаров позволяют прогнозировать их распределение по площади для постановки ГРП в пределах неразбуренных участков с учетом необходимых экологических и технических требований.

Для первичного прогноза литолого-петрофизических свойств, оценки качества и закономерностей распределения резервуаров в надсолевом комплексе АГКМ в работе предложена следующая методика исследований.

Первый этап - реконструкция условий осадконакопления отложений по данным исследования кернового материала с учетом региональных палеогеографических данных для создания типовых литологических разрезов резервуаров и прогноза их строения.

Второй этап - определение фильтрационно-емкостных и флюидоупорных свойств пород, а также выявление седиментационных и постседиментационных факторов, контролирующих качество резервуаров и прогноз изменения их свойств.

Оценка фильтрационно-емкостных свойств пород проводилась согласно результатам петрофизических исследований, петрографического, рентгенофазового и гранулометрического анализов, генетического анализа отложений.

Для оценки экранирующих свойств пород использовались результаты рентгенофазового, в меньшей степени – петрографического и гранулометрического анализов, растровой электронной микроскопии. При оценке в основном учитывалось содержание, состав и структурные особенности глинистых минералов в составе отложений. Критерием качества являлось соотношение «набухающих» (группа смектита и набухающие смешанослойные минералы) и «ненабухающих» глинистых минералов (группа иллита, ненабухающие смешанослойные минералы, каолинит, хлорит). Дополнительно оценивалось содержание карбонатных минералов, наличие терригенной примеси, структурно-текстурные особенности пород и другие параметры.

Третий этап - региональный прогноз распространения и выдержанности резервуаров. Для этого разрезы скважин с построенными литолого-петрофизическими моделями сопоставляются с разрезами, установленными по данным ГИС, и выполняется их корреляция с выделением реперных горизонтов.

Установленные ранее стратиграфические границы были скорректированы на основе новых биостратиграфических данных. Изучение региональных закономерностей распределения и выдержанности отложений в рамках скорректированных границ проводилось с использованием методов циклостратиграфического и электрофациального анализа.

В качестве фактического материала в работе были использованы данные по 14 скважинам из старого фонда и 6 новым скважинам, пробуренным в рамках программы доизучения АГКМ с 2017 по 2021 г. (рисунок 1). Из 6 новых скважин было исследовано 200 м кернового материала, из которого 47% пришлось на отложения юрской системы, 40% - палеогеновой и 13% - триасовой (рисунок 1).

В период выполнения диссертационного исследования отбор керна из отложений меловой системы не производился, однако региональный анализ юго-западной части Прикаспийской впадины свидетельствует о хороших свойствах потенциальных меловых резервуаров на АГКМ.

Объём проведенных исследований включал 600 проб для литологических исследований, 97 проб для биостратиграфических исследований и 490 проб для определения фильтрационно-емкостных свойств пород.

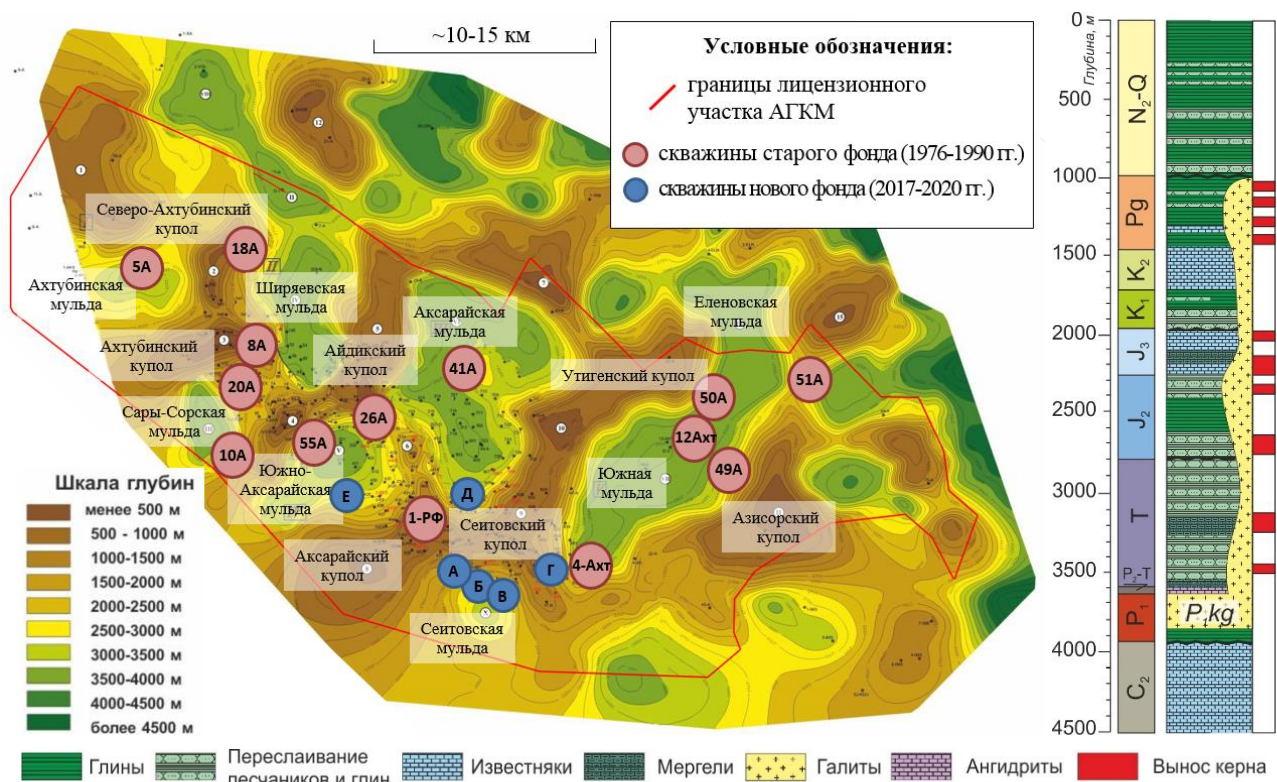


Рисунок 1. Схема расположения скважин в пределах Левобережной части АГКМ и сводная литостратиграфическая колонка надсолевого комплекса АГКМ с интервалами отбора керна

В третьей главе показаны результаты лабораторных исследований нового кернового материала из отложений нижнетриасового, средне-верхнеюрского отделов и палеогеновой системы (рисунок 1). По результатам исследования созданы литолого-петрофизические модели резервуаров, которые иллюстрируют закономерности изменения коллекторских и флюидоупорных свойств формирующих их отложений.

Нижнетриасовый резервуар в нижней части сложен песчаниками индского яруса мощностью 32 м (пласты-коллекторы), в верхней – чередованием глин и мергелей оленекского яруса мощностью 122 м (пласты-флюидоупоры). Индский возраст определен с долей условности по положению отложений в разрезе, оленекский - по остракодам *Gerdalia longa Belousova*, *Glorianella cf. simplex Kukhtinov* и др.

Песчаники однородные по строению, преимущественно среднезернистые, кварцевые, розоватого оттенка, с редким доломитовым цементом, пролювиально-аллювиального генезиса, накапливались в подгорно-аккумулятивной равнине в условиях умеренно аридного климата (рисунок 2). На обстановки осадконакопления песчаников указывают характерные косослоистые градационные текстуры, средняя зернистость и плохая сортировка, наличие пресноводных остракодов.

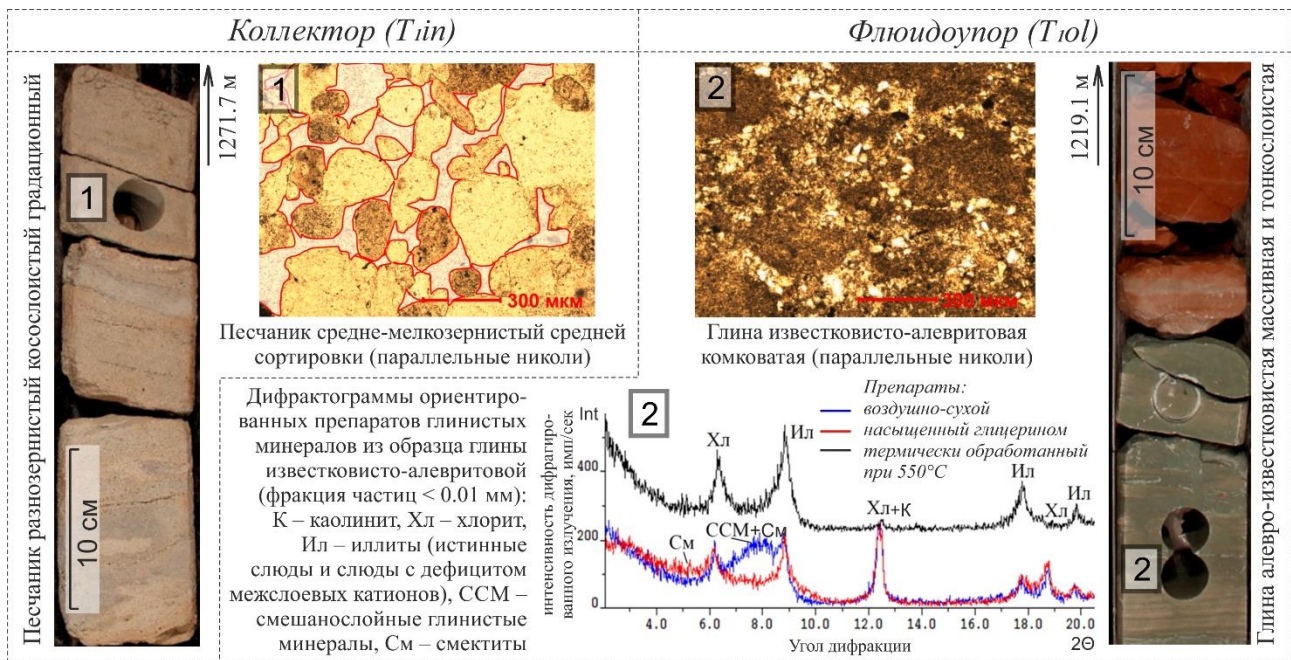


Рисунок 2. Литолого-петрофизическая модель нижнетриасовых отложений

Структурно-текстурные особенности и отсутствие выраженных постседиментационных изменений предопределили высокие ФЕС песчаников. Значения пористости составляют от 18 до 34%, в среднем 30%, проницаемости – от $500 \cdot 10^{-3}$ до $11500 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$, в среднем $3500 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$, что позволяет отнести песчаники к коллекторам преимущественно I класса (по классификации Ханина).

Песчаники перекрываются глинами и мергелями алевритистыми буровато-зеленоватого оттенка континентально-озерного генезиса, на что указывают находки пресноводных остракодов *Gerdalia longa Belousova* и конхострака *Conchostraca indet.*, а также тонкослоистая, слабо нарушенная текстура отложений, характерная для областей со спокойной гидродинамикой. Озерно-аллювиальные отложения перекрыты мелководно-морскими, генезис которых определен с долей условности по

региональным палеогеографическим данным, увеличению содержания карбонатных минералов и следам активной биотурбации в отдельных слоях.

Мергели и глины алевролитистые характеризуется высокими экранирующими свойствами за счет однородного строения, наличия большого количества смектитов и набухающих пакетов в смешанослойных глинистых минералах (следствие аридного климата), а также мелко-тонкокristаллической структуры карбонатных минералов (рисунок 2).

Среднеюрский резервуар в нижней части сложен чередованием песчаников (пласты-коллекторы) и глин позднебат-келловейского ярусов суммарной мощностью 150-210 м, в верхней – глинами келловейского яруса (пласты-флюидопоры) мощностью до 160 м. Отбор керн производился только из пластов-коллекторов. Позднебат-келловейский возраст определен преимущественно по спорам *Cyathidites* и *Dicksonia magnifica*, пыльце *Classopollis classoides* и др.

Песчаники разнозернистые, полевошпат-кварц-граувакковые, неоднородного строения, косослоистые и пятнистые, с глинистыми интракластами, вторично сцементированные (рисунок 3). Отложения накапливались в пределах обширной затапливаемой аллювиальной и затем дельтовой равнины в условиях умеренного гумидного климата. Генезис песчаников определен по присутствию «пуддинговых» и косослоистых градационных текстур, крупной зернистости и средней сортировке, отсутствию выраженных следов биотурбации и практически повсеместно диагностированным фораминиферам (*Astrorisidae*, *Saccamminidae* и др.). Песчаники распределительных каналов чередуются с менее выдержанными по мощности алевролитами глинистыми с фрагментами корневой системы и участками локального ожелезнения осадка, которые накапливались в фациях полуизолированных заливно-лагунных побережий.

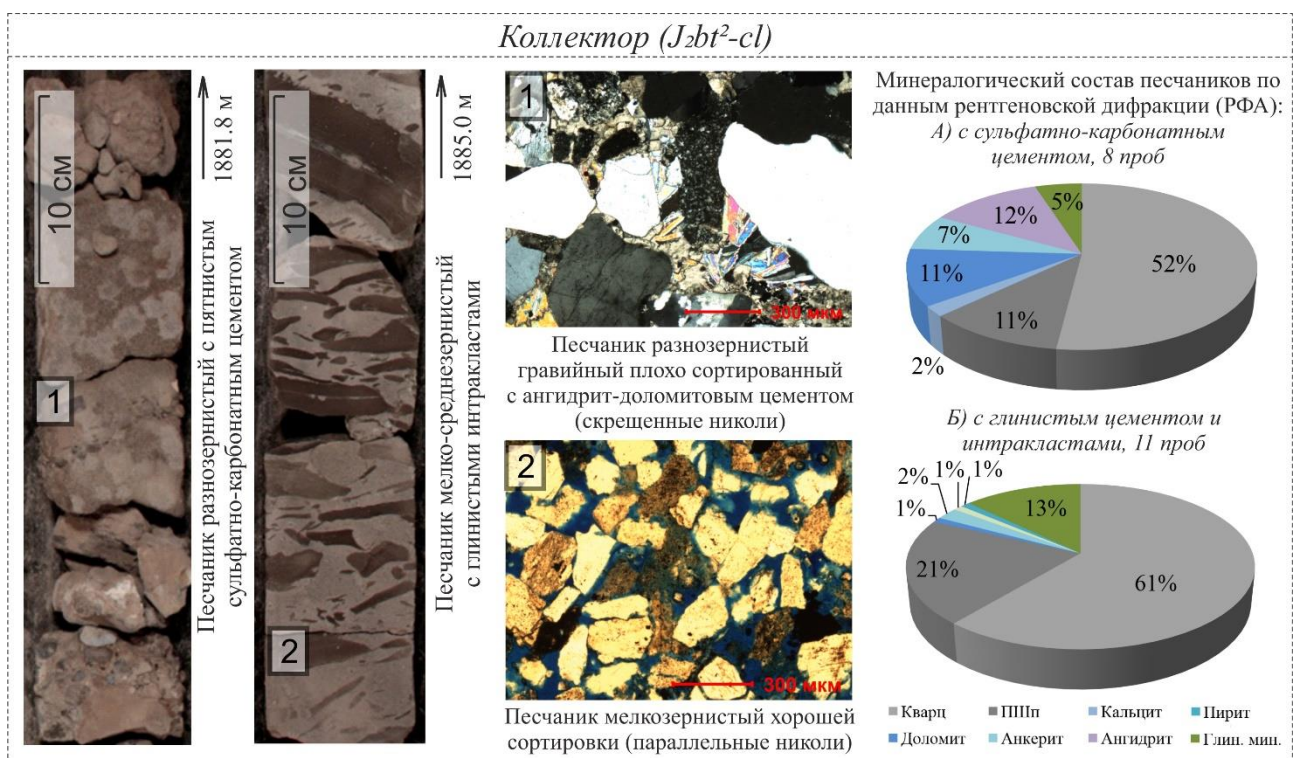


Рисунок 3. Литолого-петрофизическая модель среднеюрских отложений

Среднеюрские песчаники, накапливавшиеся в изначально благоприятных для формирования коллекторов условиях осадконакопления, подверглись постседиментационным изменениям, что привело к ухудшению ФЕС. При отсутствии глинистых интракластов или первичного глинистого цемента в песчаниках отмечается развитие вторичного сульфатно-карбонатного цемента. Вторичная цементация проявлена в изначально более приемистых прослоях внутри распределительных каналов дельты и выражена как в виде отдельных стяжений (рисунок 3), так и в виде сплошной цементации, что приводит к разбросу ФЕС. Диапазон изменения пористости песчаников составляет 0.5-34% (в среднем 20%), проницаемости - $0-4000 \cdot 10^{-3}$ мкм² (в среднем - $500 \cdot 10^{-3}$ мкм²), что позволяет отнести коллекторы к I-VI классам.

Коллекторы лучшего качества предполагаются в основании вскрытого разреза, где залегают выдержанные песчаные пласты распределительных каналов дельты. Коллекторы среднего качества можно ожидать в средней части разреза: несмотря на то, что трансгрессивный тренд осадконакопления приводит к увеличению содержания глинистых минералов вверх по разрезу, он одновременно «нивелирует» влияние вторичной сульфатно-карбонатной цементации.

Выдержанные глинистые пачки в верхней части вскрытого разреза и палеогеографическая обстановка конца среднеюрской эпохи позволяют предполагать, что песчаные коллекторы будут надежно экранированы шельфовыми глинами.

Средне-верхнеюрский резервуар в нижней части сложен алевро-глинистыми песчаниками келловейского яруса суммарной мощностью 44 м (пласты-коллекторы), в верхней – карбонатно-глинистыми отложениями оксфорд-кимериджского (титонского?) ярусов мощностью 102 м (пласты-флюидоупоры). Келловейский возраст определен преимущественно по спорам *Syathidites* и *Dicksonia magnifica*, пыльце *Classopollis classoides* и др. Оксфорд-киммериджский(титонский?) возраст - по аммонитам *Dichotomoceras sp.*, фораминиферам *Ammobaculites verus Dain*, пыльце *Classopollis classoides Pflug*, спорам *Selaginella kemensis Chlonova* и др.

Песчаники алевро-глинистые, мелкозернистые, полевошпат-кварц-граувакковые, неоднородного строения, прибрежно-морского генезиса за счет характерного «рябчикового» облика отдельных слоев и многочисленной фауны фораминифер (*Haplophragmium aff. Aequale* и др.).

Во вскрытой части разреза среднеюрские песчаники относятся к III-IV, редко II классу коллекторов. Диапазон изменения пористости песчаников составляет 10-30% (в среднем 25%), проницаемости - $1-1500 \cdot 10^{-3}$ мкм² (среднее геометрическое - $25 \cdot 10^{-3}$ мкм²). Коллектора характеризуются средним качеством за счет параметров среды осадконакопления: плохой сортировки, наличия тонкозернистого алеврита и неравномерное распределение первичного глинистого цемента (рисунок 4).

Песчаники перекрыты глинистыми, карбонатно-глинистыми, карбонатными и глинисто-карбонатно-кварцевыми осадками, накопление которых проходило преимущественно в пределах глубоководного шельфа при периодических колебаниях глубины дна бассейна осадконакопления. На генезис отложений указывает карбонатно-глинистый состав, тонкослоистые и массивные ненарушенные текстуры, преобладание смектит-иллитовой глинистой ассоциации, наличие плохо окристаллизованного кварца в отдельных слоях и глубоководный комплекс морской фауны (фораминиферы *Ammobaculites*, *Haplophragmium* и др.) (рисунок 4).

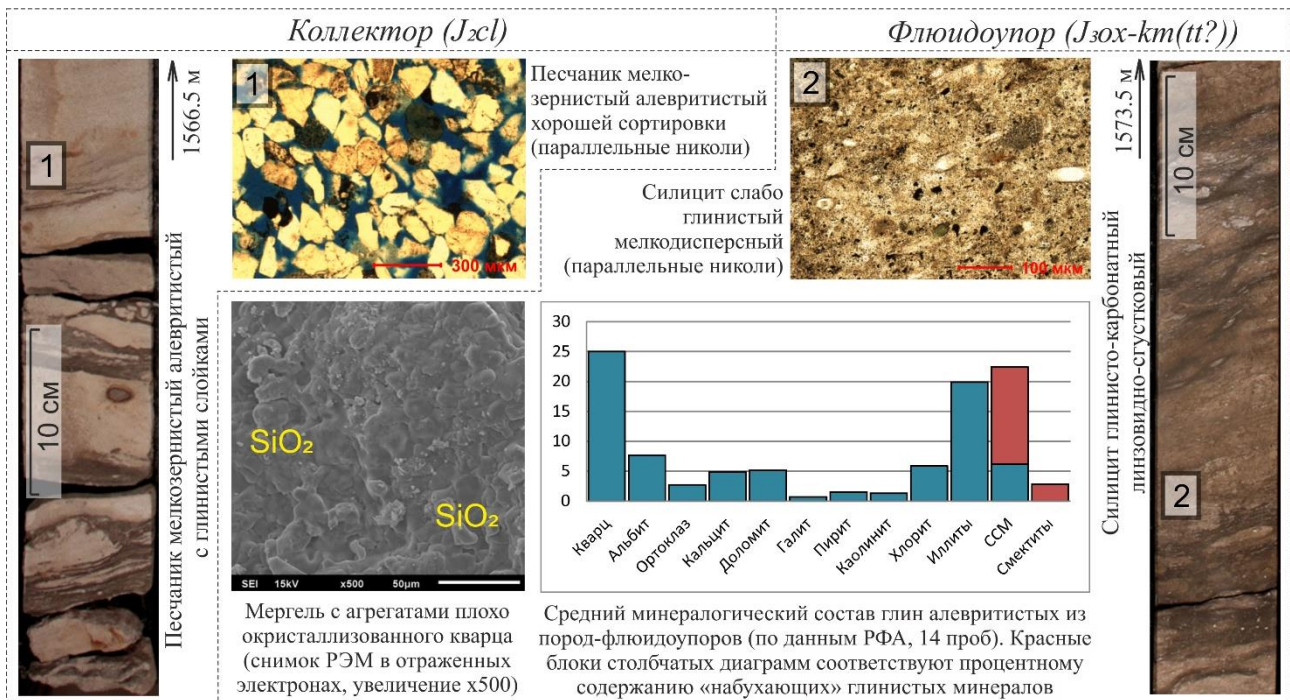


Рисунок 4. Литолого-петрофизическая модель средне-верхнеюрских отложений

Экранирующие характеристики обусловлены содержанием смектитов и набухающих смешанослойных глинистых минералов в составе верхнеюрских пород, а также однородной тонкокристаллической и мелкодисперсной структурой отложений. Отложения, накапливавшиеся в наиболее глубоководных обстановках, содержат агрегаты плохо окристаллизованного кварца суммарным содержанием до 70%, что может придавать породам-флюидоупорам прочность. Неоднородное строение и комбинация пластичных и прочностных характеристик обуславливает средние, ближе к высоким, экранирующие свойства верхнеюрских отложений во вскрытой части разреза.

Отложения *палеогенового резервуара* представлены карбонатно-глинистыми отложениями танетско-приабонского ярусов мощностью 110-170 м и глинистыми отложениями майкопской свиты рюпельско-хаттского ярусов мощностью 840 м. Танетско-приабонский ярусы определены преимущественно по данным изучения нанопланктона (диагностированы зоны NP8, NP15-17, NP19-21), рюпельско-хаттский ярусы – по пыльце *Pinaceae* и *Taxodiaceae*, диноцистам зоны *Wetzeliella symmetrica* и др.

Отложения танетско-хаттского ярусов накапливались в обстановках от мелководно- до глубоководно-шельфовых при нескольких периодах обмеления и погружения дна бассейна осадконакопления в условиях гумидного климата. На это указывают смена карбонатного осадконакопления терригенным, преобладание смектит-иллитовой глинистой ассоциации, комбинация однородных тонкослоистых, массивных текстур и текстур биотурбации, комплекс морской фауны (пелагические глобигерины *Globigerina pseudoeocaena Subb.*, мелководно-шельфовый нанопланктон *Braarudosphaera bigelowii (Gran and Braarud) Deflandre* и др.).

В основании вскрытого разреза залегают мергели танетского яруса палеоцена, характеризующиеся высокими экранирующими характеристиками за счет однородного строения и состава, большого количества смектитов и набухающих смешанослойных

глинистых минералов и тонкокristаллической структуры карбонатных минералов (рисунок 5).

В нижней половине разреза залегают фораминиферовые вак-мадстоуны лютетско-приабонского ярусов эоцена, не являющиеся коллекторами (средние значения пористости – 25%, газопроницаемости – $1 \cdot 10^{-3}$ мкм²).

В верхней половине разреза залегают алевритовые глины майкопской серии олигоцена (рисунок 5). Преобладание смектитов, набухающих смешанослойных глинистых минералов и однородное строение отложений обуславливают высокие экранирующие характеристики пород, ухудшающиеся вверх по разрезу за счет появления алевритовой примеси.

Результаты исследований не позволяют выделить в палеогеновых отложениях породы-коллекторы, однако вскрытый интервал может быть отнесен к качественному флюидоупору.

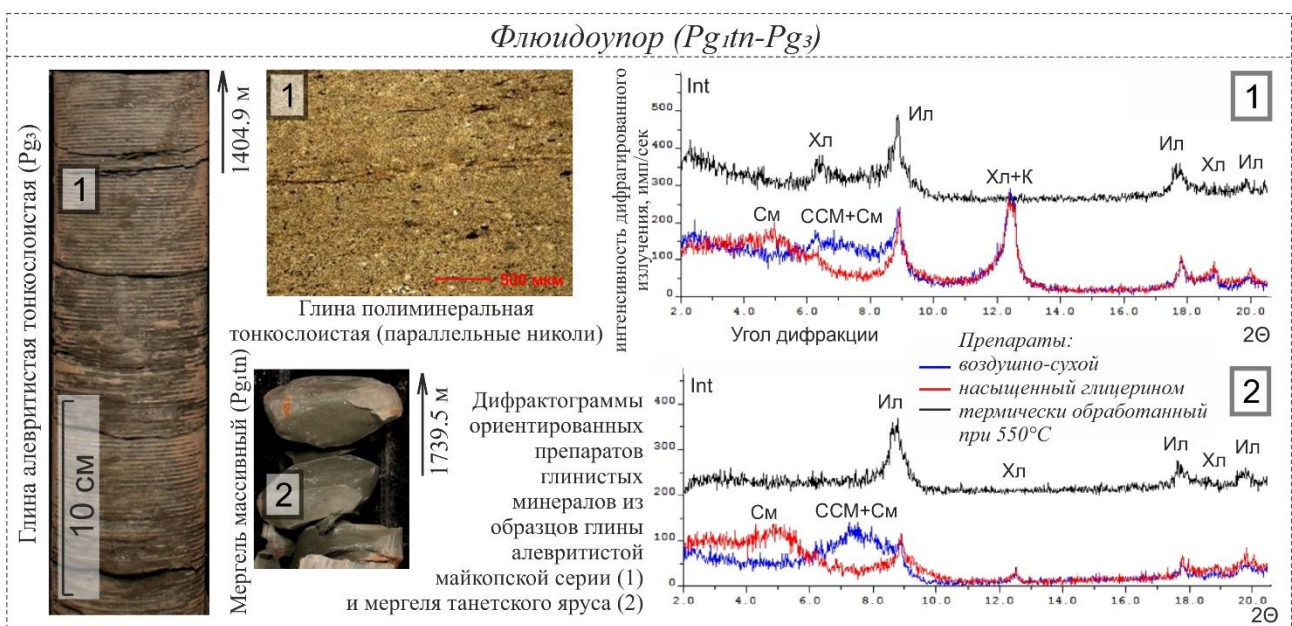


Рисунок 5. Литолого-петрофизическая модель палеогеновых отложений

Четвертая глава посвящена анализу региональных закономерностей строения и распределения свойств резервуаров в пределах надсолевого комплекса АГКМ, основанных на цикличности осадконакопления и степени размыва отложений.

Нижнетриасовый резервуар выделяется в пределах нижнетриасового циклита, который относится к размытому в верхней части пермо-триасовому циклиту крупного ранга. Нижнетриасовый циклит имеет мощность от 80 до 570 м и трансгрессивную направленность, за счет чего пласты-коллекторы предполагаются в его нижнем элементе, а флюидоупоры – в верхнем. Верхняя часть циклита была подвержена неравномерному размыву.

Нижний элемент циклита представлен песчаными пролювиально-аллювиальными коллекторами однородного строения. Большие мощности коллекторов (до 120 м) характерны для глубоких осадочных мульд северо-восточной части АГКМ, меньшие (50-60 м) – для западной и юго-западной частей. Мощность коллекторов закономерно уменьшается в бортовых частях мульд вплоть до полного выклинивания или срезания отложений.

В верхнем элементе циклита песчаники сменяются карбонатно-глинистыми континентально-озерными и мелководно-морскими отложениями мощностью 80-500 м, региональная выдержанность которых прослеживается по карбонатным реперным прослоям в середине верхнего элемента циклита. Карбонатно-глинистые отложения повсеместно распространены и перекрывают песчаники, надежно экранируя пласты-коллекторы. Сокращенные толщины глин и мергелей часто совпадают с зонами отсутствия песчаных отложений из нижнего элемента циклита.

Наиболее мощные и выдержанные нижнетриасовые резервуары сосредоточены в погруженных частях Южной, Южно-Аксарайской, Аксарайской и Сары-Сорской мульд, где их мощность достигает 600 м.

Среднеюрский и средне-верхнеюрский резервуары в полном объеме соответствуют размытому средне-верхнеюрскому циклиту, в пределах которого выделены два про-рециклита низкого ранга: среднеюрский и верхнеюрский (рисунок 6). Среднеюрский (J_2bt^2-cl) циклит накапливался в переходных континентально-морских обстановках при наступлении трансгрессии и затем – регрессии. За счет этого коллекторы выделены в нижнем и верхнем элементе циклита, а флюидоупоры – в среднем. Верхнеюрский ($J_3ox-km(tt?)$) циклит накапливался при аналогичной трансгрессивно-регрессивной направленности, но в шельфовых обстановках, поэтому формирующие его породы рассматриваются только в качестве флюидоупоров.

Среднеюрский (J_2bt^2-cl) резервуар соответствует нижнему и среднему элементам среднеюрского про-рециклита (рисунок 6). Палеогеографические обстановки и площадная реконструкция электрофаций свидетельствуют о том, что накопление отложений проходило при постепенном погружении дна бассейна осадконакопления при влиянии речной палеосистемы со стороны центральной части Прикаспийской впадины. За счет этого пласты-коллекторы в нижнем элементе циклита сложены чередованием песчаников и глин дельтового генезиса мощностью 20-180 м, а пласты-флюидоупоры – регионально выдержанными глинами шельфового генезиса мощностью 50-200 м. Влияние речной системы прослеживается на протяжении всего келловейского века, что привело к неоднородному старению коллекторов и флюидоупоров в пределах АГКМ. В соответствии с положением источника сноса, на северо-востоке и востоке месторождения выделяются более однородные и мощные коллекторы, а на юго-западе и западе – более выдержанные по строению глинистые флюидоупоры с меньшим влиянием песчаной примеси.

Среднеюрский резервуар имеет выдержанное строение и хорошее качество на всей территории АГКМ, а его вскрытые мощности составляют от 100 м (Аксарайская мульда) до 400 м и более (Южная мульда). К бортовым частям мульд происходит закономерное уменьшение мощностей резервуара.

Можно ожидать, что распределение коллекторов в разрезе будет определяться не только постепенным затоплением дельты и расположением ее распределительных каналов, но и степенью вторичной цементации отложений, более проявленной в основании разреза. Коллектора будут надежно экранированы глинистым флюидоупором за счет его повсеместной выдержанности и небольшой глубины залегания пород.

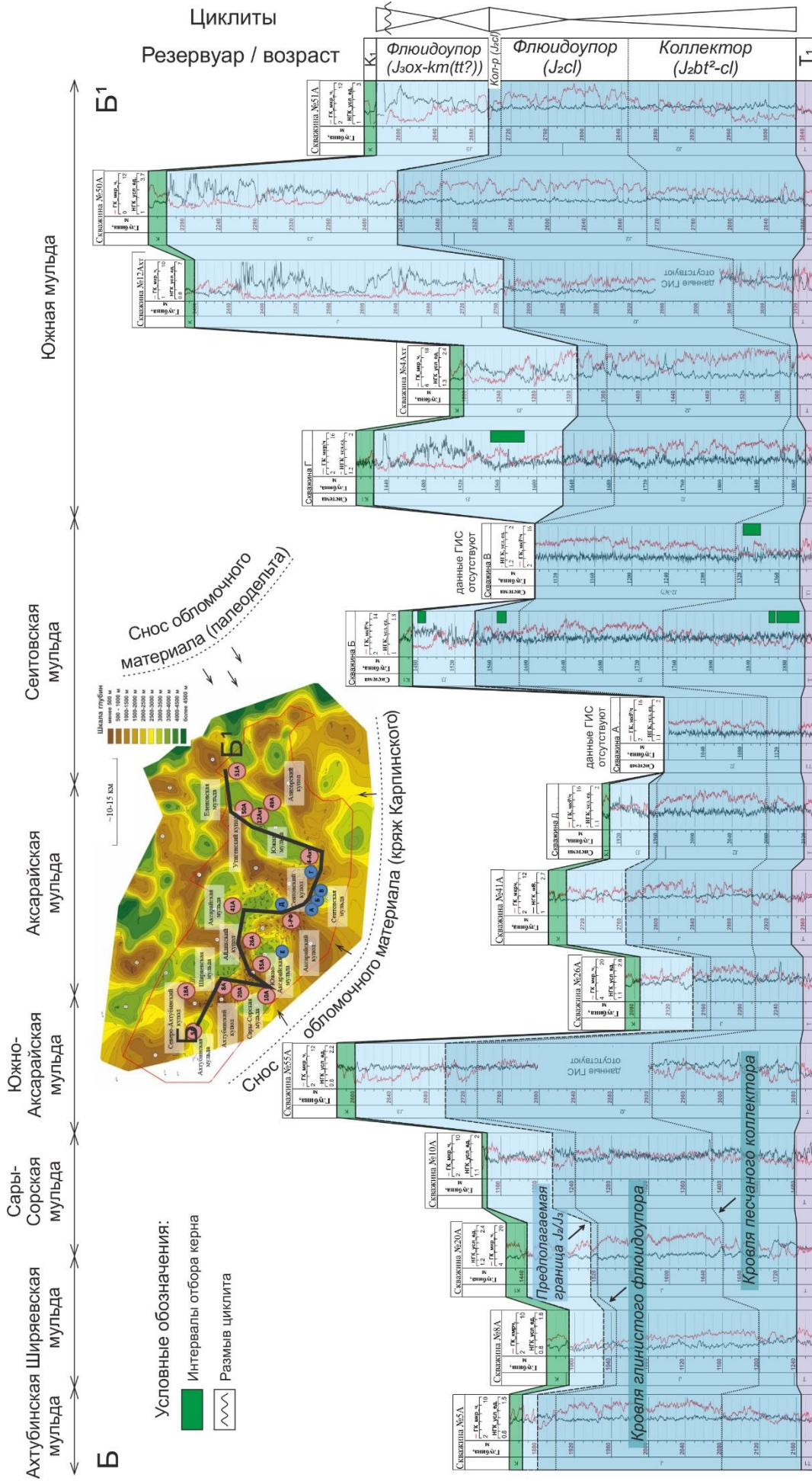


Рисунок 6. Корреляционный планшет средне-верхнеюрских отложений надольного комплекса Астраханского ГКМ

Средне-верхнеюрский (J_{3ox-km(tt?)}) резервуар соответствует верхнему элементу среднеюрского про-рециклита и всему верхнеюрскому про-рециклиту. Накопление отложений проходило в морских обстановках при погружении дна бассейна осадконакопления в оксфордском веке и его последующем подъеме, который привел к размыву части накопленных отложений.

Пласты-коллекторы верхнего элемента среднеюрского циклита сложены выдержанными алевро-глинистыми песчаниками прибрежно-морского генезиса мощностью 10-60 м. Регрессивный тренд осадконакопления и электрофациальные реконструкции указывают на наличие пород с лучшими ФЕС в верхней части разреза.

Пласты-флюидоупоры сложены регионально невыдержанными карбонатно-глинистыми шельфовыми отложениями мощностью 65-260 м, резко перекрывающими песчаные отложения коллекторов (рисунок 6). В пределах западной части АГКМ отложения выделяются с долей условности, имеют отличающее строение и состав. Анализ кернового материала, палеогеографических данных, мощностей отложений, а также электрофациальные реконструкции позволяют сделать следующий вывод: западная и юго-западная часть АГКМ не погружалась в течение оксфордского времени так сильно, как восточная и северо-восточная. На западе территория подверглась лишь небольшому погружению, при котором началось накопление мелководных карбонатов. Впоследствии накопившаяся на западе карбонатная пачка могла быть размыва, в то время как глубоководные толщи в восточной части территории в большей степени сохранились от размыва.

Средне-верхнеюрский резервуар характеризуется небольшими по мощности, выдержанными пластами-коллекторами и флюидоупором, сохранившимся от размыва только на северо-востоке АГКМ. Наиболее полный разрез отложений, формирующих резервуар, будет характерен для Южной и Сеитовской мульды (суммарная мощность отложений – до 280 м).

Палеогеновый флюидоупор выделен в верхней части размывтого мел-палеогенового циклита крупного ранга. Палеогеновые отложения накапливались при погружении дна бассейна осадконакопления, имеют мощность до 1350 м, неравномерно и интенсивно размывты, а в наиболее сохранившейся части разреза прослеживается их двучленное строение.

Новые биостратиграфические данные позволили скорректировать мощность палеогеновых отложений. Ранее за нижнюю границу палеогеновой системы принималась подошва майкопской серии олигоцена. Было установлено, что под подошвой майкопской серии выделяется крупная пачка глинисто-карбонатных верхнепалеоцен-эоценовых отложений мощностью порядка 150-200 м, которая ранее из-за недостатка фактического материала была ошибочно отнесена к верхнемеловой системе. Контрастность и выдержанность пачки по данным ГИС позволила протрассировать ее границы в пределах рассматриваемой территории. Согласно новым данным, отложения верхнего палеоцена и эоцена имеют мощность порядка 200 м и сохранились от размыва в пределах Южной, Южно-Аксарайской, Аксарайской и Ахтубинской мульды. К пачке приурочены пласты-флюидоупоры танетского яруса мощностью 70 м с хорошими экранирующими характеристиками. Залегающие над верхнепалеоцен-эоценовыми отложениями алевроитистые глины майкопской серии

мощностью до 1100 м сохранились от размыва только в пределах Южно-Аксарайской и Аксарайской мульды и также рассматриваются как качественные флюидоупоры.

Палеоцен-эоценовые отложения формировались при частых колебаниях глубины осадконакопления, поэтому в пределах палеогеновой системы могут быть выделены циклиты более мелкого ранга, к отдельным элементам которых могут быть приурочены пласты-коллекторы. По данным исследования керна, породы эоцена имеют крайне низкие значения ФЕС, связанные с накоплением отложений в пределах мелководного шельфа. Однако по данным ГИС ниже отбора керна прослеживаются выдержанные карбонатные пачки мощностью до 80 м, которые в центральных частях мульды при большом погружении могут быть трещиноватыми коллекторами.

Таким образом, в пределах АГКМ качественные флюидоупоры присутствуют в Южно-Аксарайской и Аксарайской мульдах, где их суммарная мощность достигает 1350 м. Меньшие по мощности пласты-флюидоупоры присутствуют в Южной и Ахтубинской мульдах (мощность порядка 150-200 м). С долей условности в глубоко погруженных частях этих мульд могут присутствовать трещиноватые карбонатные коллекторы.

В пятой главе на основании установленных свойств резервуаров и закономерностей их распространения по площади предложены первоочередные структуры для поиска ловушек УВ, утилизации жидких отходов производства и долгосрочного захоронения кислых газов.

Требования к объектам долгосрочного захоронения закономерно усложняются при увеличении токсичности закачиваемого флюида. Поэтому для первичной региональной оценки резервуаров предложены следующие критерии:

- 1) Региональная выдержанность, вертикальные и латеральные изменения свойств резервуаров, их предполагаемая вместительность;
- 2) Состав и структурная однородность коллекторов и флюидоупоров (например, песчаные коллекторы и глинистые флюидоупоры предпочтительнее для хранения кислых газов за счет более прогнозируемых реакций в пласте);
- 3) Глубины залегания резервуаров для прогноза изменения коллекторских и флюидоупорных свойств (особенно для карбонатсодержащих флюидоупоров);
- 4) Количество резервуаров в пределах каждого структурного элемента (учет буферных горизонтов для аварийного улавливания флюида);
- 5) Степень разбуренности структурных элементов (старый фонд скважин может использоваться для утилизации жидких отходов производства, в то время как для долгосрочного захоронения кислых газов предпочтительнее неразбуренные объекты).

В соответствии с перечисленными критериями нижнетриасовые, среднеюрские и средне-верхнеюрские резервуары могут рассматриваться в качестве объектов для поиска УВ. Перспективы поиска с точки зрения свойств резервуаров будут определяться только наличием флюидоупора и приемистого коллектора. Мелкие ловушки можно ожидать в прибортовых частях межкупольных мульд.

Для утилизации жидких отходов производства пригодны все рассмотренные резервуары при учете их выдержанности и небольшой глубине залегания. При больших глубинах залегания стоит ожидать изменения экранирующих характеристик в карбонатно-глинистых породах нижнетриасового и верхнеюрского флюидоупоров. С учетом этих данных и региональной неоднородности резервуаров перспективными для

утилизации жидких отходов производства можно считать среднеюрские резервуары в пределах Южно-Аксарайской, Аксарайской, Ширяевской и Южной мульд, а также средне-верхнеюрский резервуар в пределах Южной мульды (рисунок 7). Палеогеографические данные позволяют предполагать, что средне- и средне-верхнеюрский резервуар может иметь продолжение в пределах сообщаемой с Южной мульдой Еленовской мульды.

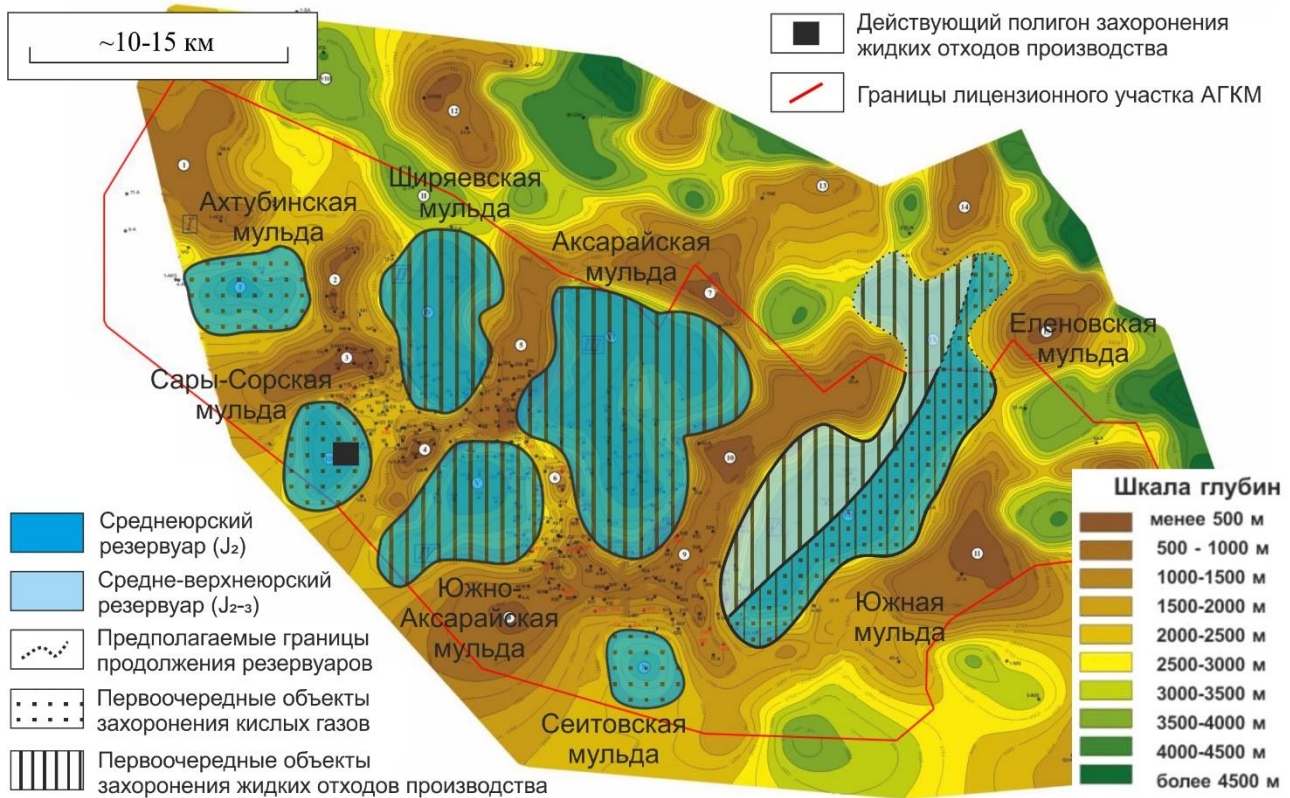


Рисунок 7. Карта первоочередных объектов ГРП в надсолевом комплексе Астраханского ГКМ

Перспективными для долгосрочного захоронения кислых газов можно считать сравнительно объемные терригенные среднеюрские резервуары Южной и, вероятно, Еленовской мульд. Положительным фактором при долгосрочном захоронении кислых газов будет наличие мощной глинистой пачки (до 40 м) из нижней части верхнеюрского флюидоупора, который может рассматриваться как резервный экран.

В качестве второстепенных объектов для захоронения кислых газов можно рассматривать среднеюрские резервуары менее объемных Сары-Сорской и Ахтубинской мульд. В их пределах ожидаются более качественные флюидоупоры, поскольку формирующие их отложения были меньше подвержены влиянию песчаной примеси со стороны юрской речной системы северо-востока АГКМ. Хорошее качество среднеюрского флюидоупора может скомпенсировать отсутствие резервных экранов, а сами объекты могут быть рассмотрены как перспективные для отработки технологии закачки. Прилегающая к Южной мульде небольшая по объему Сеитовская мульда также может рассматриваться в качестве второстепенного объекта захоронения за счет выдержанных пластов-коллекторов в основании среднеюрского резервуара.

Можно ожидать, что приемищность среднеюрских коллекторов, ухудшенная развитием вторичного сульфатно-карбонатного цемента, будет частично

скомпенсирована закачкой газов кислого состава. Также ожидается, что экранирующие характеристики флюидоупора не будут ухудшаться при контакте с кислым флюидом за счет глинистого состава отложений.

Дальнейшие исследования должны проходить с привлечением детальных сейсмогеологических, гидродинамических и других видов исследований для комплексного обеспечения целостности резервуаров. С технической точки зрения необходима оценка максимальных объемов резервуаров при различных условиях хранения флюида, анализ режимов хранения и т.д. С экологической точки зрения необходима тщательная оценка угрозы проникновения кислых газов в артезианские воды и на поверхность земли по различным каналам миграции (вдоль стенок диапиров, внутри резервуара, по тектоническим разломам и т.д.), прогноз долгосрочной устойчивости вмещающих пород при контакте с закачиваемым кислым флюидом для гарантии отсутствия утечек и т.д. Необходимо проведение экспериментов по взаимодействию пород и газов в условиях, приближенных к пластовым и т.д.

Новые данные вносят вклад в представления о геологическом строении надсолевого комплекса, которые будут учитываться при решении дальнейших технических и научно-прикладных задач и способствовать рациональной и эффективной разработке АГКМ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В разрезе надсолевого комплекса перспективными резервуарами для поиска ловушек УВ, долгосрочного захоронения жидких отходов производства и кислых газов являются отложения среднеюрского, в меньшей степени – средне-верхнеюрского и нижнетриасового отделов. Отложения палеогеновой системы могут рассматриваться только в качестве толщ-флюидоупоров.

2. Закономерности формирования экранирующих и коллекторских свойств отложений, формирующих резервуары надсолевого комплекса Астраханского ГКМ, в первую очередь определялись фациально-палеогеографическими, в меньшей степени – постседиментационными факторами.

3. Лучшими свойствами и выдержанностью обладают отложения среднеюрского резервуара (средняя мощность - 250 м). Качественные коллекторы и флюидоупоры ожидаются в пределах всех рассмотренных мульд на всей территории АГКМ, а их свойства и строение во многом предопределились наличием крупной палеodelьты на северо-востоке территории. В соответствии с источником сноса, сравнительно большие по мощности пласты-коллекторы можно ожидать на северо-востоке территории (мощность до 175 м, Южная мульда), а более однородные флюидоупоры – на юго-западе территории (мощность до 180 м, Ахтубинская и Ширяевская мульды). Также можно ожидать, что интенсивность вторичной сульфатно-карбонатной цементации, отмеченной в пластах распределительных каналов дельты с наилучшими ФЕС, вверх по разрезу будет уменьшена за счет влияния глинистой примеси.

4. Породы нижнетриасового резервуара (средняя мощность – 400 м) также обладают качественными фильтрационно-емкостными и флюидоупорными характеристиками, которые предопределились переходными от континентальных к мелководно-морским обстановками осадконакопления при доминировании умеренного аридного климата. Перспективы резервуара для использования под

технические задачи ограничены возможным ухудшением экранирующих свойств карбонатсодержащих пород-флюидоупоров при их нахождении на больших глубинах. Наилучшие по выдержанности резервуары характерны для восточной части территории (Южная мульда, мощность 500-600 м).

5. Средне-верхнеюрский резервуар (средняя мощность – 300 м) характеризуется средним качеством. Отложения, формирующие пласты-коллекторы, накапливались в прибрежно-морских условиях и характеризуются повышенной глинистостью, а шельфовые карбонатно-глинистые породы-флюидоупоры сохранились от размыва только на востоке АГКМ. Перспективный резервуар для использования под технические задачи можно ожидать только в пределах Южной мульды, где мощность коллектора составляет до 60 м, а флюидоупора – до 370 м.

6. В палеогеновых отложениях породы-флюидоупоры отмечены в верхней (глины майкопской серии олигоцена, средняя мощность 1000 м) и нижней части разреза (мергели танетского яруса палеоцена, средняя мощность 70 м). Породы-коллекторы достоверно не установлены и могут лишь предполагаться в отдельных пластах эоценовых известняков. Палеогеновые отложения рассматриваются в качестве локального флюидоупора, наиболее выдержанного в пределах Южно-Аксарайской и Аксарайской мульды.

7. Согласно результатам исследования кернового материала и ГИС, перспективными для захоронения жидких отходов производства являются среднеюрские резервуары в пределах Южно-Аксарайской, Аксарайской, Ширяевской и Южной мульды, а также средне-верхнеюрский резервуар в пределах Южной мульды. Для долгосрочного захоронения кислых газов перспективными являются среднеюрские резервуары в пределах Южной, Сеитовской, Сары-Сорской и Ахтубинской мульды. Резервуары нижнего триаса, средней и средней-верхней юры в пределах всех рассмотренных мульды также могут рассматриваться в качестве объектов для поиска УВ, преимущественно в прибортовых частях диапиров и областях выклинивания отложений.

8. Приведенные рекомендации основаны на литолого-петрофизических свойствах резервуаров и являются лишь первым этапом оценки возможности создания в надсолевом комплекса АГКМ объектов долгосрочного захоронения кислых газов и жидких отходов производства. Дальнейшие исследования должны быть посвящены тщательному анализу минерально-химических, структурных, тектонических, гидрогеологических, экологических, технических и других факторов, комплексный анализ которых будет гарантировать безопасность и эффективность долгосрочного захоронения.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. К оценке флюидоупорных свойств верхнеюрских отложений Астраханского свода / А.Ю. Комаров, Д.А. Пушкарева, Е.О. Семенов, О.Г. Михалкина // Газовая промышленность. – 2021. – № 12 (826). – С. 36-45.
2. Комплексное исследование коллекторских свойств средне-верхнеюрских отложений Астраханского газоконденсатного месторождения / А.Ю. Комаров, Д.А. Пушкарева // Территория Нефтегаз. – 2021. – № 7-8. – С. 36-42.
3. Международный опыт, проблемы и перспективы подземной утилизации

кислых неуглеводородных газов / Д.А. Пушкарёва // Вести газовой науки. – 2021. – № 1 (46). – С. 209-221.

4. Потенциал нижнетриасовых резервуаров Астраханского свода в качестве подземного хранилища кислых газов сепарации / Е.О. Семенов, В.А. Захарчук, О.Г. Михалкина, Д.А. Пушкарёва // Вести газовой науки. – 2018. – № 5 (37). – С. 100-109.

5. Литолого-минералогические критерии выбора объектов подземного хранения кислых газов на примере Астраханского ГКМ / Д.А. Пушкарёва, Е.О. Семенов, О.Г. Михалкина // Актуальные вопросы исследования нефтегазовых пластовых систем (SPRS-2020): тезисы докладов. – М.: Газпром ВНИИГАЗ. – С. 52.

6. Комплексное исследование флюидоупорных свойств палеогеновых отложений Астраханского ГКМ / Д.А. Пушкарёва, О.Г. Михалкина // О новой парадигме развития нефтегазовой геологии: Материалы Международной научно-практической конференции – Казань: Изд-во «Ихлас», 2020. – С. 166-170.

7. Особенности исследования глинистых минералов пород-коллекторов / О.Г. Михалкина, Е.О. Семенов, Д.А. Пушкарёва // IV Российское Совещание по глинам и глинистым минералам "ГЛИНЫ-2019". Материалы докладов. – М.: ИГЕМ РАН, 2019. – С. 143-144.

8. Характеристика среднеюрских коллекторов Астраханского ГКМ / Д.А. Пушкарёва, О. Г. Михалкина, Н. Г. Баянова // Актуальные проблемы нефти и газа: Тезисы 3-й Всероссийской молодежной конференции, Москва, 06–07 ноября 2019 года. – Москва: Институт проблем нефти и газа РАН, 2019. – С. 31.

9. Потенциал среднеюрских коллекторов Астраханского ГКМ в качестве хранилища промышленных стоков / Пушкарёва Д. А. // Новые технологии в газовой промышленности (газ, нефть, энергетика): тезисы докладов XIII Всероссийской конференции молодых ученых, специалистов и студентов, Москва, 22-25 октября 2019: / Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина. – Москва: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2019. – С. 28-29.

10. Характеристика верхнеюрских пород-флюидоупоров Астраханского свода по результатам исследования керн / Пушкарёва Д.А. // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2019». Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. – М: МАКС Пресс, 2019.

11. Потенциал нижнетриасовых резервуаров Астраханского свода в качестве подземного хранилища кислых газов сепарации / Д.А. Пушкарёва, Е.О. Семенов, О.Г. Михалкина // Актуальные вопросы исследования нефтегазовых пластовых систем (SPRS-2018): тезисы докладов II Международной научно-практической конференции 19–21 сентября 2018 г. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2017. – С. 56.

Подписано в печать « » февраля 2022 г.

Заказ № .

Тираж 100 экз.

1 уч. – изд.л, ф-т 60х84/16

Отпечатано в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» по адресу:
142717, Московская область, Ленинский городской округ,
посёлок Развилка, Проектируемый проезд № 5537,
здание 15, строение 1, ООО «Газпром «ВНИИГАЗ»