

Коннов Дмитрий Андреевич

**ЛИТОФАЦИАЛЬНЫЕ И ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВЫЯВЛЕНИЯ
ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ В АПШЕРОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ
АСТРАХАНСКОГО ПРИКАСПИЯ**

Специальность 1.6.11. – Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Работа выполнена на кафедре «Геология нефти и газа» института нефти и газа Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань.

Научный руководитель:

Гольчикова Надежда Николаевна, доктор геолого-минералогических наук, доцент, кафедра «Геология нефти и газа» института нефти и газа Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный технический университет», профессор кафедры, г. Астрахань.

Официальные оппоненты:

Бочкарев Анатолий Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, кафедра общей и нефтегазопромысловой геологии факультета геологии и геофизики нефти и газа РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, профессор кафедры, г. Москва

Бородкин Владимир Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, кафедра «Геология месторождений нефти и газа» нефтегазового института Тюменского индустриального университета, профессор кафедры, г. Тюмень

Ведущая организация:

Акционерное общество «Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики», г. Саратов.

Защита диссертации состоится 22 октября 2025 г. в 15:00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.100.01 при ФГБУН ИПНГ РАН по адресу: 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3, аудитория 703.

С диссертацией можно ознакомиться у ученого секретаря диссертационного совета 24.1.100.01 при ФГБУН ИПНГ РАН и на сайте: <https://www.ipng.ru/upload/iblock/fac/131wkxb3dnvulk454is6kj1hkgmgus8l.pdf>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
Кандидат геолого-минералогических наук

А.В. Кишанков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Нефтегазоносность надсолевых отложений Астраханского Прикаспия характеризуется наличием трех основных нефтегазоносных комплексов (НГК): триасового, юрско-мелового и неоген-четвертичного. При этом абсолютное большинство геологоразведочных работ сосредоточено исключительно в первых двух. Неоген-четвертичный НГК зачастую игнорируется. Нефтегазоносность апшеронских отложений Астраханского Прикаспия подтверждена множественными газопроявлениями, зафиксированными при бурении глубоких и гидрогеологических скважин, а также открытием Кирикилинского газового месторождения. Одним из основных газоносных горизонтов является апшеронский комплекс отложений. Современные исследования, включая анализ и систематизацию данных последних лет, выявили, что изучаемая территория характеризуется значительно более сложным геологическим строением, чем предполагалось ранее. В связи с этим возникает необходимость в проведении детального литофациального и палеотектонического анализа апшеронского яруса на данной территории. Это позволит выделить перспективные зоны для проведения геологоразведочных работ в пределах данного комплекса отложений. Такие исследования будут способствовать увеличению этажности нефтегазоносности в надсолевых отложениях Астраханского Прикаспия, обеспечить прирост газа и могут быть использованы при прогнозировании возможных осложнений во время бурения глубоких и гидрогеологических скважин на территории Астраханского Прикаспия. По словам академика Алексея Эмильевича Конторовича: «В ближайшем будущем необходимо сосредоточить внимание на мелких и мельчайших месторождениях». Их освоение может обеспечить стабильное энергообеспечение удалённых населённых пунктов, не подключённых к магистральным газопроводам, что соответствует задачам социально-экономического развития региона, а также способствует созданию локальных энергетических кластеров для нужд промышленных и агропромышленных предприятий, снизив их зависимость от централизованной инфраструктуры и логистических издержек.

Объект исследования. Объектом исследования настоящей работы выступают апшеронские отложения Астраханского Прикаспия, характеризующиеся региональным распространением и сложной литолого-фациальной дифференциацией. Проведённые автором исследования, основанные на комплексной интерпретации данных сейсморазведки (2D/3D), геофизических исследований скважин (ГИС), а также на результатах анализа шлама структурных, поисковых и разведочных скважин, позволили выявить принципиально новые аспекты геологического строения данного комплекса.

Целью исследования является разработка комплексных литофациальных и палеотектонических критериев определения перспективных зон для формирования ловушек УВ

в пределах апшеронских отложений Астраханского Прикаспия.

Задачи:

1. Анализ существующих представлений об особенностях формирования отложений апшеронского яруса Астраханского Прикаспия и его обрамления.
2. Комплексная интерпретация сейсмических исследований, данных ГИС поисковых, разведочных и структурных скважин, совместно с описанием бурения гидрогеологических скважин и последующий статистический анализ полученной информации.
3. Выделение электрофаций в исследуемом разрезе, с последующим сопоставлением с данными бурения гидрогеологических скважин и с результатами интерпретации сейсморазведочных работ.
4. Литофациальное районирование отложений апшеронского яруса Астраханского Прикаспия.
5. Палеотектонический анализ акчагыльско-апшеронских отложений Астраханского Прикаспия, с учетом влияния процесса галокинеза.
6. Построение схем прогнозной перспективности поиска ловушек УВ, в зависимости от литофациальной изменчивости, с учетом влияния соляного диапиризма на процесс формирования отложений апшеронского яруса Астраханского Прикаспия.
7. Количественная оценка ресурсов газа в апшеронском ярусе по категории D₁ и перспективных структур по категории D_л на территории Астраханского Прикаспия.
8. Выработка рекомендаций по дальнейшему изучению данного комплекса отложений, с определением первоочередных объектов для постановки поисково-разведочных работ, а также инженерно-геологического и геолого-технологического использования полученных данных.

Научная новизна:

1. В результате проведенного комплексного литофациального анализа апшеронских отложений Астраханского Прикаспия с использованием модели электрофаций впервые создана детализированная литофациальная модель исследуемого разреза, позволившая выявить три самостоятельных литофациальных пачки (ЛФП). Выделен, ранее отсутствовавший в региональных фациальных построениях регрессионный цикл в середине апшеронского яруса.
2. Создана авторская структурно-тектоническая модель акчагыльско-апшеронских отложений, с использованием последних геолого-геофизических данных.
3. Впервые для апшеронских отложений Астраханского Прикаспия было обосновано влияние скорости роста соляных куполов в раннеапшеронское время на характер аккумулирующихся осадков.
4. Составлены схемы районирования прогнозных перспектив поиска ловушек нефти

и газа, как для каждой ЛФП, выделенной в пределах апшеронского яруса, так и в целом для апшеронского разреза, с учетом палеотектонических особенностей развития исследуемой территории.

Защищаемые положения:

1. Детальное литофациальное районирование апшеронских отложений Астраханского Прикаспия, разработанное на основе геолого-статистического анализа исследуемого разреза с привлечением электрофациальных моделей.
2. Палеотектоническая модель формирования акчагыльско-апшеронского разреза, учитывающая влияние процессов галокинеза на развитие структурно-литологических ловушек в пределах Астраханского Прикаспия.
3. Критерии ранжирования качества коллекторов в зависимости от литофациальных особенностей строения исследуемого разреза.
4. Районирование перспектив выявления ловушек УВ в апшеронских отложениях Астраханского Прикаспия в зависимости от разработанных литофациальных и палеотектонических критериев.

Теоретическая значимость. Исследование позволило существенно доработать концептуальные литофациальные и палеотектонические модели апшеронских отложений региона, установив регрессивно-трансгрессивный цикл в середине века и стадийность активизации галокинеза в акчагыльско-апшеронское время. Оно позволило доказать ключевую роль роста соляных куполов в формировании аномалий мощностей, изменении рельефа дна бассейна, литофациальной изменчивости (включая распределение песчанности).

Практическая значимость. Практическая значимость проделанной работы связана с определением первоочередных направлений поисково-разведочных работ на нефть и газ в апшеронских отложениях Астраханского Прикаспия. На основе интеграции литофациального районирования и палеотектонического анализа, разработаны комплексные критерии определения перспективных зон для формирования ловушек углеводородов. Были локализованы наиболее перспективные участки, для которых разработаны рекомендации по проведению дальнейших геологоразведочных работ, с целью уточнения их углеводородного потенциала. Результаты работы можно использовать при проектировании глубоких и гидрогеологических скважин, проведении инженерно-геологических изысканий. Это позволит снизить риск развития аварийных ситуаций при бурении и строительстве капитальных сооружений различного назначения.

Методологическая основа и личный вклад автора. Автором выполнена интерпретация свыше 38 тысяч погонных метров каротажных диаграмм ГИС, более 3750 км сейсмических профилей МОГТ-2D и данных 3D-сейсморазведки МОГТ, охватывающих площадь 754 км². В

рамках диссертационного исследования осуществлены литофациальное районирование и палеотектонический анализ с применением комплекса методик статистического анализа и определения электрофациальных характеристик. Были разработаны и применены критерии ранжирования качества коллекторов с учетом литофациальных особенностей строения апшеронского разреза Астраханского Прикаспия. Результаты исследования позволили количественно обосновать параметры перспектив выявления углеводородных ловушек в апшеронских отложениях Астраханского Прикаспия. Для обработки и интерпретации данных использовались специализированные программы, такие как Petrel, Т-навигатор, ПетроИнфоКомплекс, QGIS и CorelDraw.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности определяется значительным объемом использованных исходных данных – геолого-геофизической информации по поисковым и гидрогеологическим скважинам Астраханского Прикаспия, временных и глубинных сейсмопрофилей по многочисленным поисковым площадям на территории Астраханского Прикаспия. Основные положения диссертации докладывались на международных научных и научно-практических конференциях. По материалам диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 3 – в журналах, входящих в Перечень рецензируемых изданий ВАК при Минобрнауки России.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Общий объем работы составляет 141 страниц, включая 72 рисунка, 11 таблиц. Библиографический список включает 117 наименований.

Особую благодарность автор направляет доктору геолого-минералогических наук В. В. Пыхалову за комплексное содействие в структурировании и верификации научных результатов.

Ценнейший вклад в разработку концепции работы внесли кандидаты геолого-минералогических наук В. В. Кудинов, С. М. Калягин, Ж. В. Калашник и другие сотрудники кафедры геологии нефти и газа Астраханского государственного технического университета (ФГБОУ ВО АГТУ), чьи критические замечания и рекомендации значительно повысили научную строгость исследования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Анализ существующих представлений о формировании апшеронских отложений Астраханского Прикаспия и его обрамления.

Изучению отложений апшеронского яруса посвящено относительно небольшое количество научных публикаций. Для этих исследований характерно различные точки зрения на процесс их формирования. В последнее время этим вопросом занимались такие исследователи как: Волож Ю.А., Свиточ А.А., Велиев С.С., Жидовинов Н. Я., Староверов В.Н., Гольчикова Н.Н.,

Пыхалов В.В., Кудинов В.В., Быстрова И.В. и другие.

Наиболее полным и всеобъемлющим исследованием, посвященным изучению литофациального районирования и палеотектоники апшеронских отложений Прикаспийской впадины, является работа Ю.М. Васильева (1962). Эта работа в свою очередь дополнялась другими более современными исследованиями. Согласно данным исследований, отложения апшеронского яруса в Астраханском Прикаспии начали формироваться после краткого перерыва в осадконакоплении. За этот период даже крупные реки не успели выработать глубокие и широкие долины. В апшеронский век эрозионные процессы играли подчинённую роль. Отложения, сформированные в это время на исследуемой территории, представлены преимущественно глинистым мелководно-морским комплексом пород.

Ряд исследователей придерживаются модели глубоководного развития Астраханского Прикаспия в акчагыльское и апшеронское время (Ю.А. Волож и др, 2020). Согласно их представлениям, данная территория представляла собой систему подводных конусов выноса (рисунок 1).

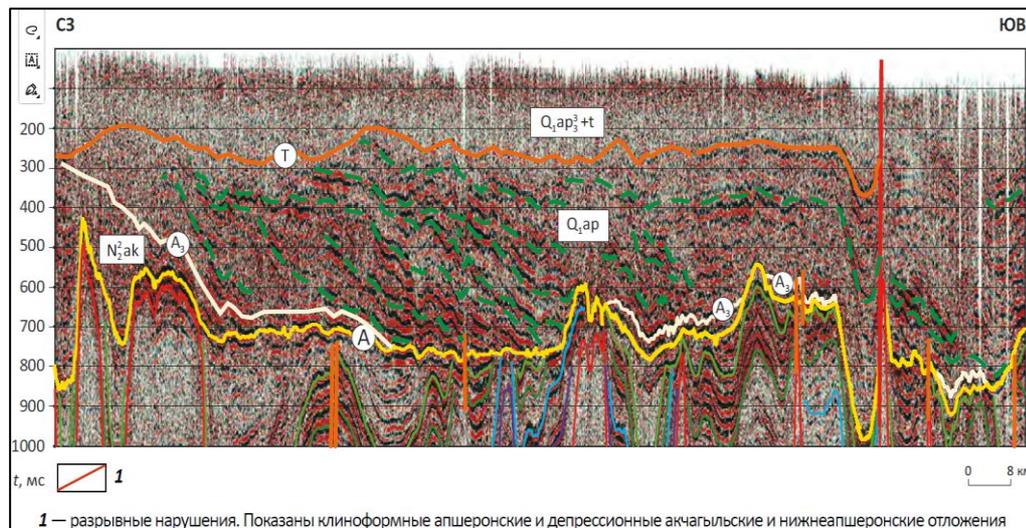


Рисунок 1 – Сеймостратиграфический субмеридиональный разрез плиоцен-четвертичных отложений Астраханского Прикаспия (Ю.А. Волож, В.А. Быкадоров, Т.К. Царегородцева, Е.Е. Курина, 2020)

Конусы выноса в нижней части апшеронского яруса также были выявлены на основании сейсмических данных в дельте реки Волги. Данные конусы были проинтерпретированы как клиновидные тела подводных равнин дельтового комплекса.

В то же время, по мнению Волковой Т.А. (2012) уровень Каспия в апшеронское время был подвержен независимым колебаниям, которые можно рассматривать как периодические флуктуации. В данном контексте они проявляются в виде "всплесков" трансгрессий и регрессий, представляющих собой экстремальные значения, сопровождающиеся небольшими осцилляциями. Такие колебания, по ее мнению, не являются случайными, а имеют определенную закономерность.

Первые исследования, позволившие расчленить апшеронский ярус на три подъяруса (нижний, средний и верхний), были проведены Богдановым А.А. (А.А. Богданов, 1933) и Колесниковым В.П. (В.П. Колесников, 1948). В Астраханском Прикаспии нижний подъярус апшеронского яруса (1.8—1.3 млн. лет назад) залегает на отложениях акчагыльского яруса без видимых следов перерывов. Эти отложения схожи литологически, но для апшеронских отложений характерна большая песчанистость разреза. Исследования палеобиоценозов показывают, что на границе акчагыльского и апшеронского веков бассейн подвергся значительному опреснению. Этот процесс начался в поздний акчагыльский этап осадконакопления, что подтверждается появлением пресноводных форм *Dreissensia* и *Theodotus* в верхних слоях акчагыльского яруса. В раннеапшеронское время опреснение усилилось, что привело к миграции пресноводных форм в Большой Каспий. Таким образом, нижняя граница апшеронского яруса хорошо отбивается по палеонтологическим остаткам: по исчезновению *Cardium ex. gr. dombra Andrus.*, *Avimactra subcaspia Andrus*, *Patomides caspius Andrus*. Согласно исследованиям Велиева С.С., море в это время трансгрессировало. Литолого-стратиграфические исследования Богданова А. А., детализируют строение нижнего отдела апшеронского яруса, представленного зеленовато-серыми глинами, местами опесчаненными, с прослоями известняка. Фауна в нижнем горизонте практически отсутствует, обнаружены только неопределенные отпечатки травянистых растений и остракод. Таким образом, по данным вышеприведённых исследований, предполагается, что в изучаемый период в Астраханском Прикаспии существовали типично морские условия осадконакопления.

В верхнем подъярусе апшеронского яруса (0.92—0.75 млн л. н.) пресноводные *Dreissensia rosziformis Dersh* и *Monodacna sjoegreni Andrus* вытесняют собственно апшеронских моллюсков, и те вымирают. Эти изменения указывают на опреснение вод Каспия и трансгрессию. При этом климат продолжал оставаться прохладным. Нижняя часть среднего подъяруса апшеронского яруса представлена темноокрашенными песками и песчаными глинами без карбонатного цемента и морской фауны. Встречаются лишь редкие обломки остракод и обугленные остатки растений, типичных для заболоченных условий, таких как камыш обыкновенный (*Scirpus Cyperinus*) и однодольные травы. Верхний горизонт среднего подъяруса сложен глинисто-песчаными отложениями с известняком, окрашенными в темные зеленовато-бурые цвета. Для него характерны такие формы моллюсков, как *Apseheronia raricostata* и *Andrus Monodacna*.

Данная литолого-фаунистическая характеристика свидетельствует о постепенном углублении морского бассейна в поздний этап среднего апшерона.

Положение верхней границы апшерона на большей части территории Прикаспия является довольно определенным. Это выражается в изменении состава фауны и изменением окраса глин с светло-серых до темно-серых.

Таким образом, большинство авторов придерживались мнения о преимущественно морских условиях осадконакопления, но при этом предполагалось, что существовали колебания уровня Каспия в течение апшеронского века.

Глава 2. Литолого-фациальное районирование апшеронских отложений Астраханского Прикаспия.

Цель данного этапа работы является восстановление условий седиментации апшеронских отложений Астраханского Прикаспия, то есть построение литолого-фациальной модели. Для достижения заданной цели требуется решить несколько задач: 1) Литогенетическое расчленение разреза апшеронских отложений Астраханского Прикаспия; 2) Построение геолого-статистических разрезов. Вертикальное зонирование территории исследования. Детальная корреляция скважин в акчагыльско-апшеронских отложениях; 3) Латеральный анализ коэффициента песчаности и зонирование исследуемой территории. Построение структурной модели; 4) Выделение электрофаций и фаций на основании радиоактивного каротажа, согласно методике Муромцева В.С. 5) Статистический анализ мощностей литотипов, сформированных в различных условиях осадконакопления. 6) Литофациальное районирование отложений апшеронского яруса на территории Астраханского Прикаспия.

На первом этапе выполнено литологическое расчленение на основе кривых электрического и радиоактивного каротажа, а также данных исследования шлама гидрогеологических и глубоких скважин. В результате получены РИГИС (результаты интерпретации геофизических исследований скважин) для всех исследуемых скважин.

На втором этапе, автором был построен ГСР (геолого-статистический разрез) литологии апшеронских отложений (рисунок 2).

На основе статистического анализа выделены три литофациальные пачки, условно соответствующие нижнему, среднему и верхнему подъярусам апшеронского яруса.

Верхняя ЛФП (лито-фациальная пачка): глинистые отложения (до 80%). Доля песчано-алевритовой фракций возрастает от 3% (прикровельная зона) до 25% (центральная часть разреза); *Средняя ЛФП:* переслаивание песчаных и глинистых прослоев. Максимум песчаных пластов — в подошве (80%) и кровле (65%), минимум в центре (35–50%); *Нижняя ЛФП:* доминируют глинистые породы (>85%). Локальные песчаные пласты (10–15%) в верхней части пачки сокращаются к подошве до 5%.

Таким образом, отложения апшеронского яруса Астраханского Прикаспия представлены преимущественно песчано-глинистыми слоями. Кроме того, выявлено закономерное увеличение вероятности появления песчаника в средней ЛФП и небольшое увеличение вероятности появления песчаных пластов в верхней части нижней ЛФП и в верхней ЛФП. Геолого-статистический анализ позволил определить границы кровли и подошвы средней ЛФП.

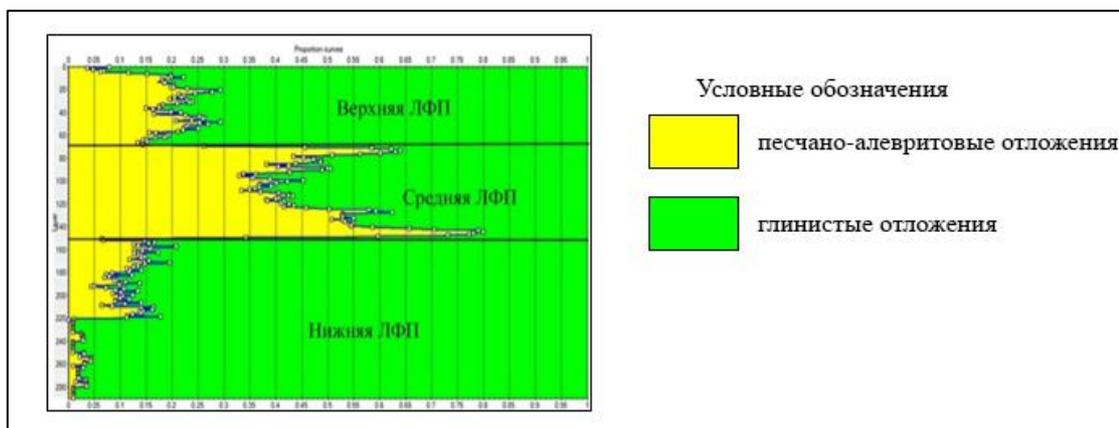


Рисунок 2 – Геолого-статистический разрез апшеронского яруса Астраханского Прикаспия

На следующем этапе, была проведена детальная интерпретация каротажных данных по методике В.С. Муромцева. Сопоставление типовых электрофаций с каротажными диаграммами скважин, вскрывающих апшеронские отложения, выявило соответствие электрометрических моделей фаций реальным кривым (пример для русловых фаций на рисунке 3). Полученные данные интегрированы с результатами описания шлама.

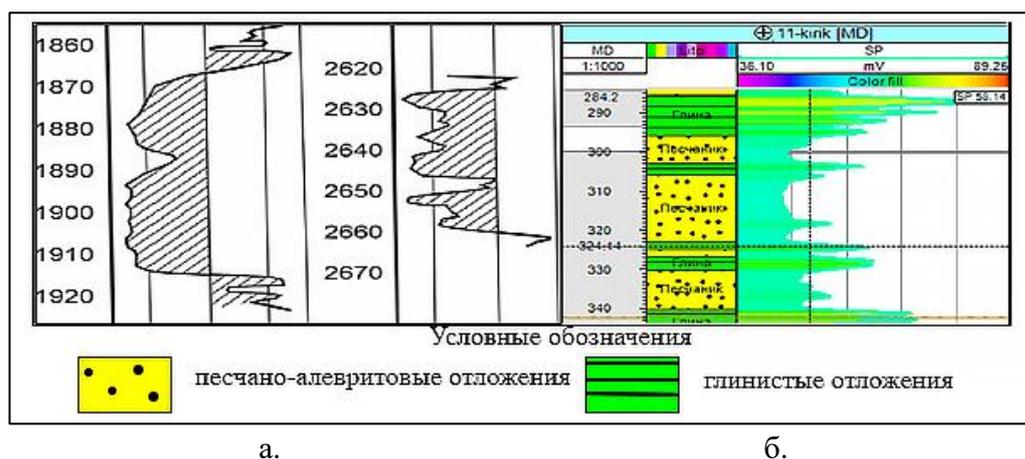


Рисунок 3 – Типовая электрометрическая модель фаций русел рек (а) и пример выделения речных фаций в средней ЛФП апшеронского яруса в скважине 11-Кирикилинская(б)

На основании проведенных исследований были восстановлены условия формирования осадков и составлены авторские схемы районирования по преобладающей фации в нижней, средней и верхней литофациальных пачках апшеронского яруса Астраханского Прикаспия, пример которых представлен на рисунке 4.

Распределение фациальных обстановок в пределах нижней ЛФП апшеронского яруса связано с изменением процессов седиментации в зависимости от смены геоморфологических параметров дна бассейна осадконакопления в начале апшеронского века (рисунок 4а, 4б). Преобладание глинистых отложений в низах нижней ЛФП, свидетельствует о господстве на данном этапе геологического развития изучаемых отложений мелководно морской фациальной обстановки с гидродинамическим режимом низкой активности на большей части территории. Фрагментарное наличие песчано-глинистых прослоев в данной части разреза нижней ЛФП,

свидетельствует о наличии субфаций приуроченных к локальным поднятиям в пределах дна бассейна седиментации, где происходило накопление более грубозернистых осадков. Данный факт может быть объяснен влиянием на процессы седиментации волноприбойной активности.

В верхах *нижней ЛФП* (рисунок 4б) апшеронского яруса наблюдается преобладание фациальных обстановок характерных для подводной равнины дельтового комплекса. Распространение фаций подводной равнины дельтового комплекса может свидетельствовать о преобладании в бассейне седиментации обстановок осадконакопления, контролируемых большим объемом привносимого терригенного осадочного материала песчано-глинистого состава. Данный факт подтверждается и сейсмофациальными данными, интерпретация которых указывает на наличие крупных конусов выноса осадочного материала. Таким образом, анализ строения *нижней ЛФП* апшеронского яруса позволяет, с достаточной степенью обоснованности, предполагать развитие в раннем апшероне фациальных условий характерных для мелководного морского бассейна с преобладанием процесса седиментации глинистых и песчано-глинистых осадков. По окончании времени формирования нижней ЛФП апшеронского яруса происходит постепенная смена фациальных условий на обстановки характерные для подводной равнины дельты, что связано с постепенной регрессией Апшеронского моря.

В пределах *средней ЛФП* дифференцированы два фациальных комплекса: континентальный (аллювиальный) и дельтовый (рисунок 4в). Континентальные речные фациальные условия в середине апшеронского века в основном локализируются в центральной и северной частях исследуемой территории, тогда как дельтовые условия осадконакопления преобладают в южной части. Данный вывод находится в прямой связи с продолжавшейся на этом этапе регрессивной динамикой Апшеронского моря.

Верхняя ЛФП, выделенная в пределах апшеронских отложений, формировалась в фациальных условиях характерных для морского мелководного бассейна, фации литоральной части морского бассейна. Были сформированы фации литоральной части морского бассейна с преобладанием в составе осадка песчано-глинистого материала, а также фации неритовой относительно мелководной части морского бассейна с преобладанием в составе осадка глинистого материала.

Фациальная обстановка с низкой гидродинамической активностью, характерная для седиментации глинистых осадков в условиях относительно мелководной части шельфа доминирует на значительной части исследуемой территории в позднеапшеронское время. В пределах юго-западной части территории выявлены фациальные условия характерные для литоральных частей шельфа со значительно более активным гидродинамическим режимом, что способствует седиментации песчаного и глинисто-песчаного осадка.

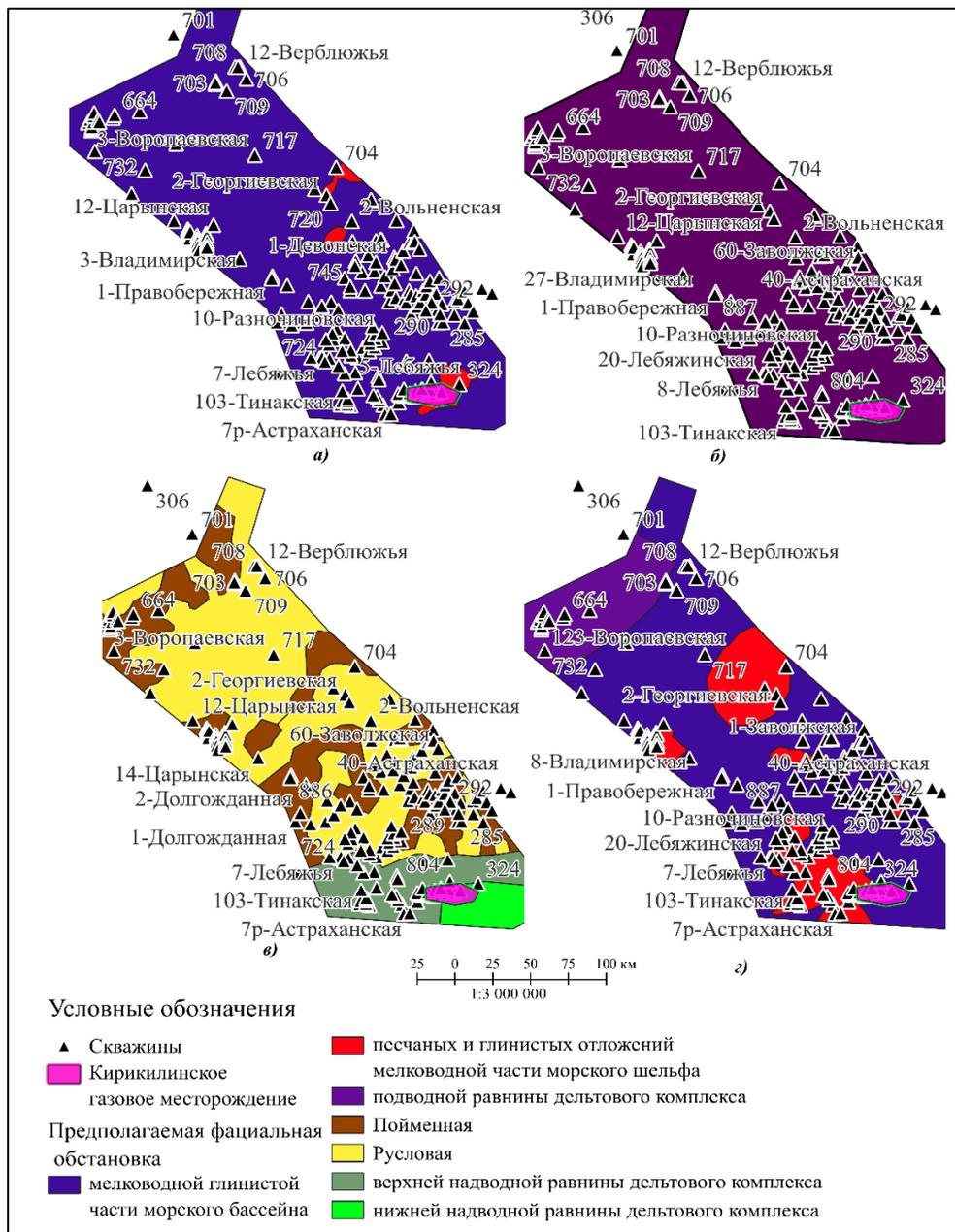


Рисунок 4 – Схема районирования по преобладающей фации апшеронских отложений Астраханского Прикаспия:

а) нижняя часть нижней ЛФП, б) верхняя часть нижней ЛФП, в) средняя ЛФП, г) верхняя ЛФП

В северной части территории исследования, выявлены отложения, формирование которых происходило в фациальной обстановке подводной равнины дельтового комплекса (рисунок 4г). Таким образом, фиксирующаяся в разрезе верхней ЛФП смена фациальных обстановок, указывает на наличие трансгрессии Апшеронского моря в позднем апшеронском веке.

Глава 3. Палеотектонический анализ акчагыльско-апшеронских отложений Астраханского Прикаспия.

Для определения роли галокинеза на формирование акчагыльско-апшеронских отложений на территории Астраханского Прикаспия был проведен палеотектонический анализ на основании всех имеющихся материалов (скважинные и сейсмические данные).

Для *акчагыльского яруса* отмечается закономерное увеличение мощностей в северном направлении в сторону Узеньского прогиба. Мощность плиоцена здесь составляет 220-240 метров. Вероятной причиной возникновения локальных аномалий, как положительных, так и отрицательных является активизация галокинеза в плиоцене для некоторых соляных массивов Астраханского Прикаспия (рисунок 5а).

Во время накопления осадков *нижней ЛФП апшеронского яруса* галокинез, по-видимому, играл значимую роль в перераспределении апшеронских отложений, обуславливая их неоднородную мощность в пределах Астраханского Прикаспия. Мощности данной ЛФП в Астраханском Прикаспии находятся в пределах от 30 до 350 метров (Рисунок 5б).

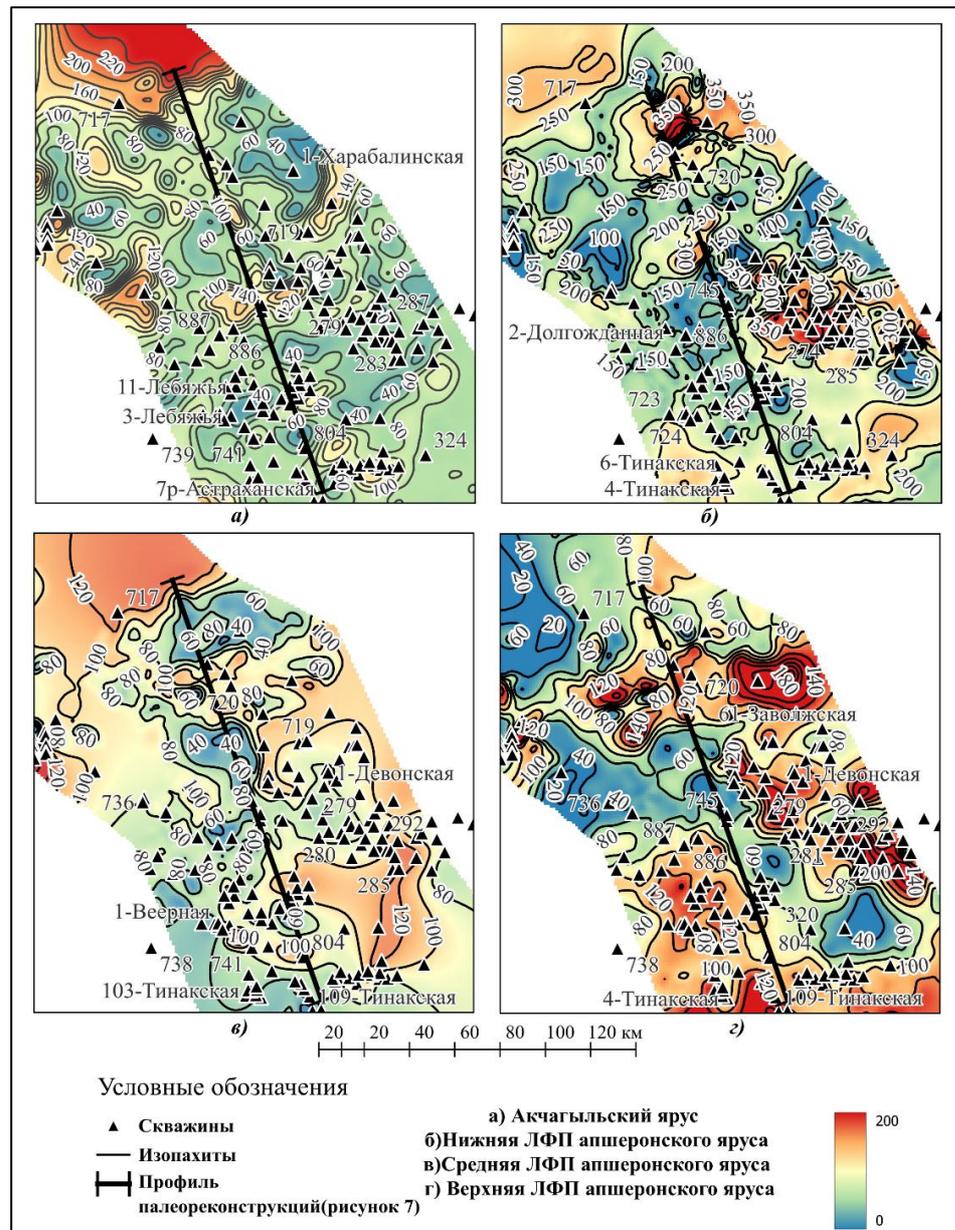


Рисунок 5 – Схемы изопахит акчагыльско-апшеронских отложений Астраханского Прикаспия

В зонах распространения солянокупольной тектоники мощности отложений нижней ЛФП сильно дифференцированы, что может указывать на усиление соляного тектогенеза.

Мощности *средней ЛФП апшеронского яруса* характеризуются низкой дифференциацией (Рисунок 5в). Влияние галокинеза проявлялось не так сильно, как на нижнюю и верхнюю ЛФП, что, связано незначительным периодом формирования данной пачки. Вариация мощностей *верхней ЛФП апшеронского яруса* составляет от 20 до 180 метров. Дифференциация несколько ниже, чем в нижней ЛФП, вероятно это свидетельствует о снижении активности галокинеза на исследуемой территории. По мнению ряда авторов (Захарчук В.А., 2002, Мишанин С.И., 2012) имеется региональный тренд повышения активности соляного тектогенеза в четвертичных отложениях в северном направлении. На основании палеотектонического анализа выявлены зоны активизации галокинеза в различные стадии образования акчагыльско-апшеронских отложений (рисунок 6).

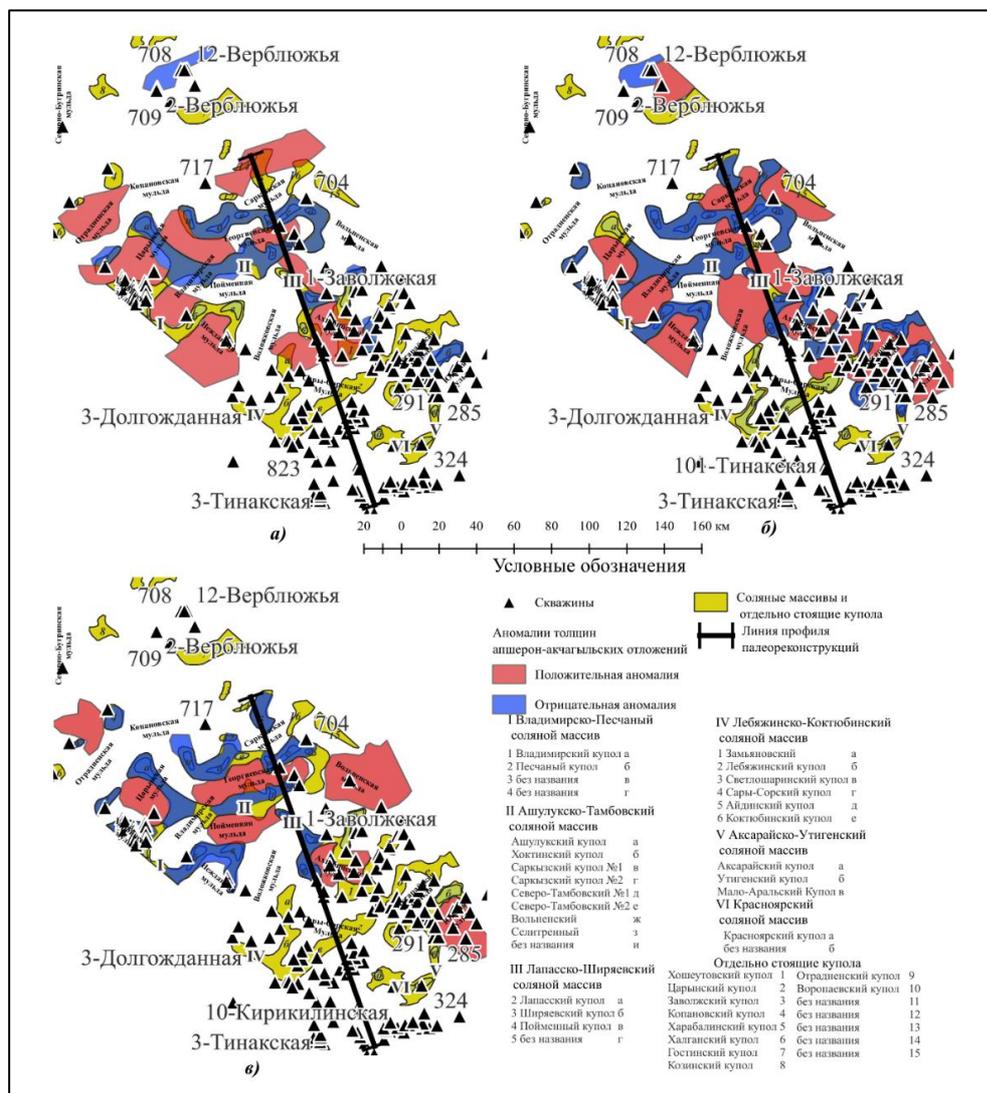


Рисунок 6 – Схема аномалий мощностей акчагыльско-апшеронских отложений в зоне солянокупольной тектоники

В *акчагыльское время* происходит активизация соляной тектоники в центральной и северной частях Астраханского Прикаспия. В данное время испытывал поднятия практически

весь Ашулукско-Тамбовский соляной массив (рисунок 7), южнее от него менее выражено активизировались Лапасский и Ширяевский купола.

Во время образования нижней ЛФП апшеронского яруса в галокинез было увлечено большее количество соляных массивов, помимо тех, что уже были активизированы в акчагыльский век (рисунок 7а). Повышенные мощности и сильная дифференциация, могут свидетельствовать о максимальной скорости галокинеза в периоде акчагыльско-апшеронской активизации солянокупольной тектоники.

Во время образования средней ЛФП влияние солянокупольной тектоники на мощность этой пачки вероятно проявлялось не так сильно, как для нижней ЛФП, что, могло быть связано с незначительным периодом формирования данной пачки (рисунок 7в).

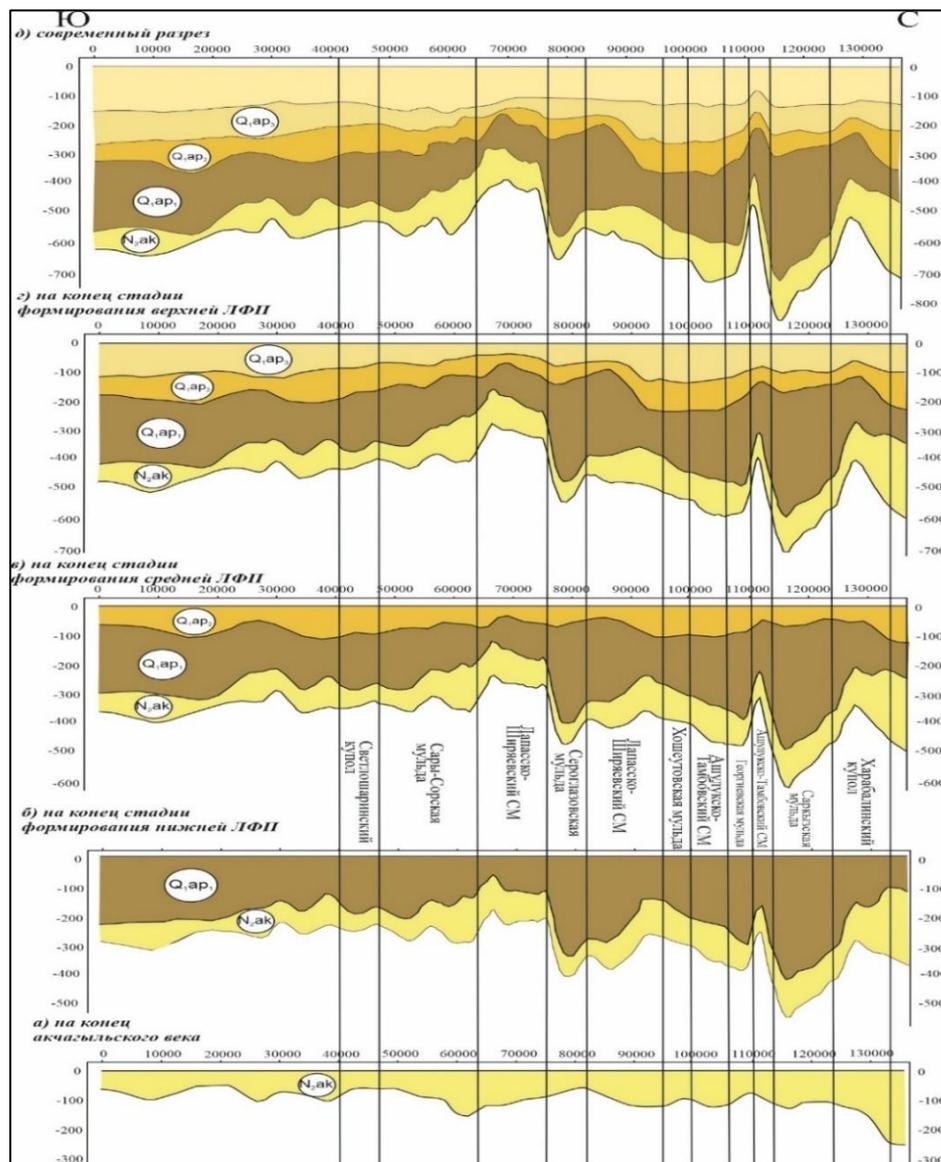


Рисунок – 7 Результаты палеорекострукции акчагыльско-апшеронских отложений Астраханского Прикаспия

При формировании верхней ЛФП апшеронского яруса отмечается снижение масштабов галокинеза по сравнению с нижней. (рисунок 7г). Таким образом по окончании апшеронского

века скорость галокинеза несколько снизилась на большей части изучаемой площади, сохраняясь лишь на севере площади.

Глава 4. Перспективы выявления ловушек УВ в апшеронских отложениях Астраханского Прикаспия.

В пределах территории Астраханского Прикаспия в настоящее время выделяются несколько основных нефтегазоносных комплексов, приуроченных к подсолевым палеозойским отложениям и надсолевым триасовым и юрско-меловым отложениям. С 70-х годов прошлого века и до настоящего времени преобладающая часть геологоразведочных работ была сосредоточена в подсолевых нефтегазоносных комплексах, и в меньшей степени в триасовых и юрско-меловых. Неоген-четвертичные отложения, в пределах которых зафиксированы многочисленные газопроявления в десятках скважин и открыто Кирикилинское газовое месторождение с запасами порядка 2 млрд м³, остаются слабо изученными. Газовая залежь месторождения имеет многопластовое строение: мощность продуктивных пластов варьируется от 1 до 10 метров. Пластовый газ характеризуется метановым составом (99,5 %). При испытании скважины №5 Кирикилинская в интервале 438–444 м зафиксирован естественный дебит 78,1 тыс. м³/сут.

В связи с этим, актуальность представленного исследования заключается в детальном изучении литофациальных и палеотектонических предпосылок формирования коллекторских тел и связанных с ними ловушек в толще апшеронских отложений, а также качественном и количественном региональном анализе перспектив газоносности данных отложений.

Решение задачи разработки критериев ранжирования качества коллекторов базировалось на построении геолого-статистических разрезов апшеронских отложений, и определения коэффициента песчаности в скважинах, вскрывших апшеронские отложения на полную мощность, как отношения мощности песчаных прослоев к общей мощности пласта, сформированного в определенной фациальной обстановке. Статистический анализ различных фациальных обстановок осадконакопления приведен во второй главе настоящей работы. На основании полученных данных проведено ранжирование перспектив выявления литологически ограниченных ловушек, связанных с литофациальной изменчивостью апшеронских отложений Астраханского Прикаспия, с использованием коэффициентов песчаности (таблица 1).

Таблица 1 – Ранжирование перспектив выявления коллекторских тел литологически ограниченных ловушек, связанных с литофациальной изменчивостью апшеронских отложений Астраханского Прикаспия

Ранг	Коэффициент песчаности, %
0	0-5
1	5-15
2	15-30
3	30-45
4	45-60
5	>60

Используя вышеприведенные зависимости, а также результаты статистического анализа распределения коэффициента песчаности в разрезе апшеронских отложений, была разработана схема классификации качества коллекторов, выявленных в пределах исследуемого разреза фациальных обстановок (таблица 2).

Таблица 2 – Ранжирование перспектив выявления коллекторских тел литологически ограниченных ловушек, связанных с литофациальной изменчивостью апшеронских отложений Астраханского Прикаспия

Фациальная обстановка	Коэффициент песчаности, %	Ранг
Русловая	80	5
Верхней части надводной равнины дельтового комплекса	58	4
Нижней части подводной равнины дельтового комплекса	40	3
Мелководно морской части шельфа	29	2
Нижней части надводной равнины дельтового комплекса	25	2
Пойменная	14	1
Неритовой относительно мелководной часть морского бассейна	3	0

Примеры выделения песчаных тел для различных фациальных обстановок на юге Астраханского Прикаспия приведен на рисунке 8.

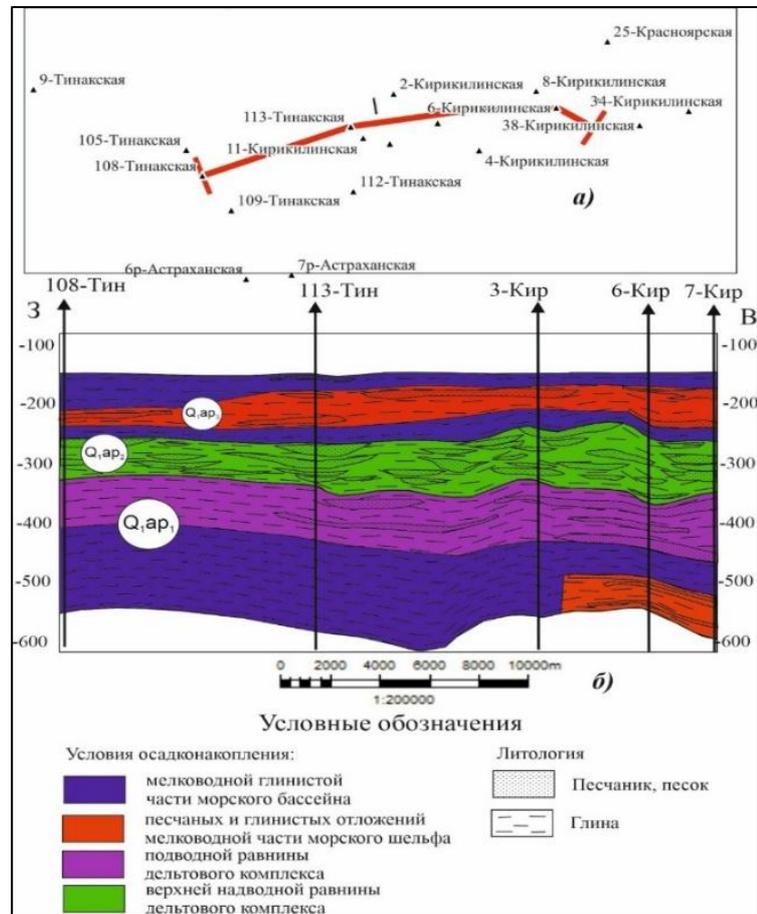


Рисунок 8 – Литофациальный разрез апшеронских отложений через скважины 108Тин-113Тин-3Кир- 6Кир-7Кир на юге Астраханского Прикаспия.
а)схема расположение разреза б) литофациальный разрез

В соответствии с разработанной классификацией составлена схема районирования суммарных рангов трёх ЛФП (рисунок 9а) и на её основе построена карта перспектив газоносности апшеронских отложений Астраханского Прикаспия, учитывающая качество коллекторов, обусловленное фациальными условиями седиментации (рисунок 9б).

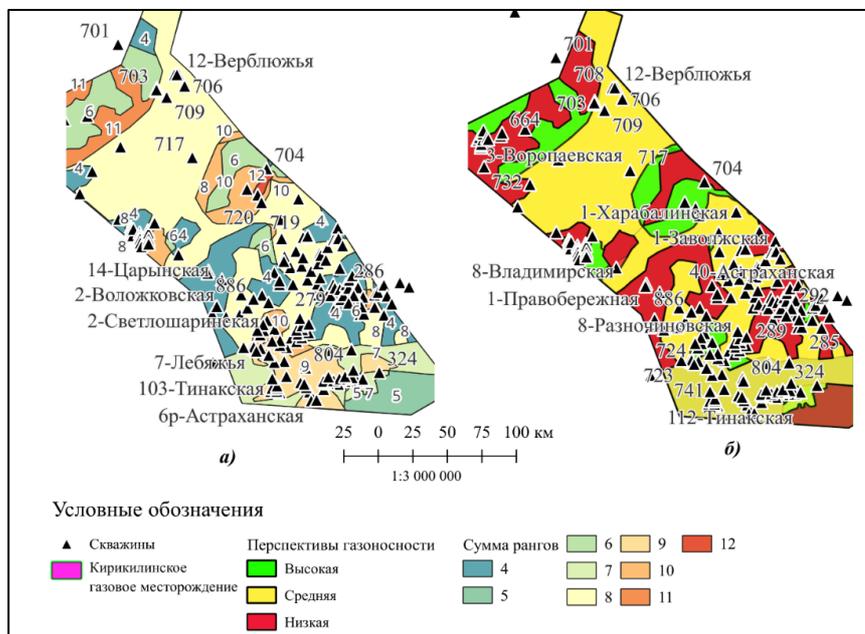


Рисунок 9 – Схема ранжирования перспектив выявления литологически ограниченных ловушек(а) и схема перспектив выявления литологически ограниченных ловушек(б) апшеронских отложений Астраханского Прикаспия.

Следует отметить, что в регионе могли формироваться не только литологически ограниченные, но и структурно-литологические ловушки углеводородов. Их образование обусловлено наложением процессов галокинеза на раннее сформированные литологически ограниченные тела, приуроченные к различным фациальным обстановкам седиментации. Кроме того, рост соляных куполов при формировании выделенных литофациальных пачек оказал влияние на фракционный состав коллекторов за счет возможного изменения геоморфологических особенностей дна бассейна седиментации. На основе результатов литофациального и палеотектонического анализа строения апшеронского яруса Астраханского Прикаспия разработаны ключевые критерии выявления структурно-литологических ловушек и схема районирования перспективных зон: 1) Наличие аномалий мощностей, обусловленных процессами галокинеза. 2) Распределение этапов активизации галокинеза в пределах исследуемой территории. 3) Влияние высокой скорости роста куполов на изменение степени расчлененности дна бассейна аккумуляции.

Согласно этому критерию, на территории Астраханского Прикаспия по кровле средней ЛФП было выделено 11 перспективных объектов. Например, объект №1, приуроченный к Саркызскому соляному куполу, расположен в северо-восточной части зоны активизации

позднеапшеронского галокинеза. По последней замкнутой изогипсе (–185 м) его размеры составляют 19×5 км. В пределах объекта выделены три локальные вершины: западная, центральная и восточная, оконтуренные изогипсами с отметкой –180 м. Амплитуда поднятия достигает 50 м (рисунок 10).

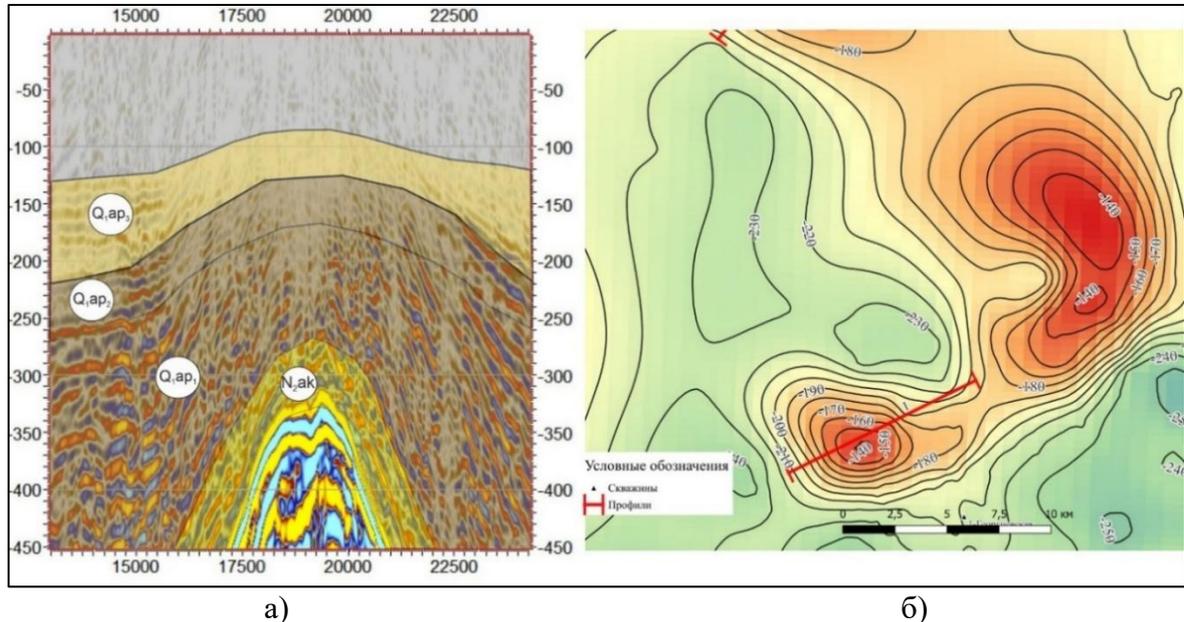


Рисунок 10 – Сейсмогеологический профиль по линии I через объект № 1 и Структурная схема по горизонту Q_{1ar2} объекта №1 над Саркызским куполом

Набольший интерес будут представлять объекты, которые попали в границы участков с высокой перспективностью выявления ловушек на основании лито-фациального моделирования. Данные объекты являются первоочередными для поисковых работ согласно и палеотектоническим, и литофациальными критериям определения перспективных зоны выявления ловушек углеводородов.

Высокая скорость роста соляных куполов может приводить к увеличению расчленённости дна седиментационного бассейна. Это, в свою очередь, способствует формированию локальных поднятий на поверхности дна бассейна и изменению гидродинамического режима с образованием зон повышенной турбулентности, где происходит аккумуляция грубообломочных отложений.

Для проверки данной гипотезы в апшеронских отложениях Астраханского Прикаспия автором проведён анализ пространственного распределения коэффициента песчаности относительно соляных массивов на примере Владимирского и Верблюжьего куполов. В главе 3 были приведены аргументы о том, что в нижнеапшеронское время была активизация роста куполов в центральной и северной частях Астраханского Прикаспия. Данное явление фиксируется в том числе и на Владимирском куполе (рисунок 11). Данный купол выбран в качестве примера, так как он покрыт множеством структурных скважин, что позволяет говорить

о достоверности подтверждения вышеназванной гипотезы.

На схеме наблюдается закономерное увеличение песчаности на куполе и снижение по мере удаления от него в сторону Харбинской мульды на юге и Царынской мульды на севере.

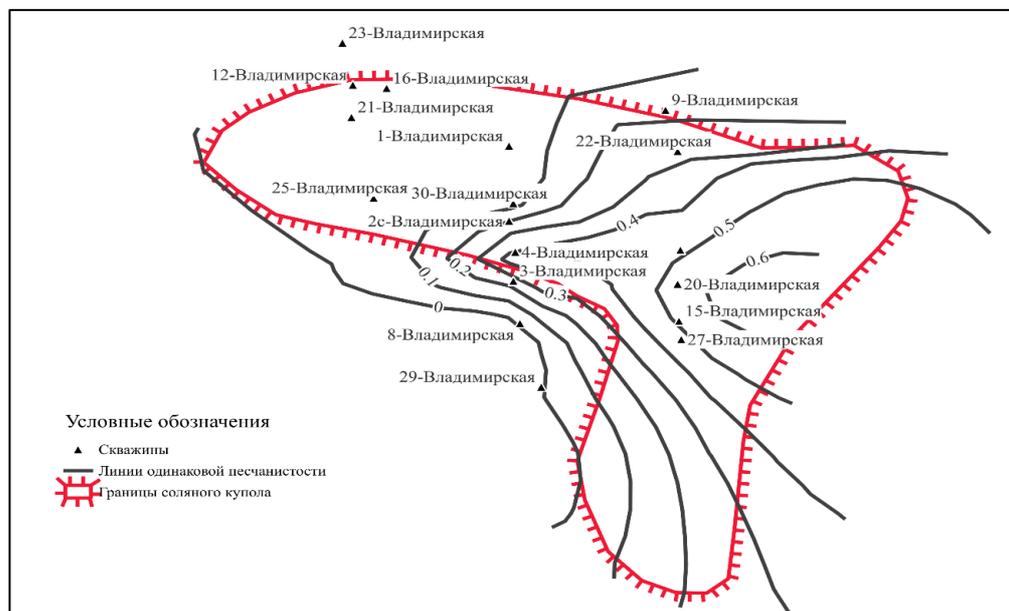


Рисунок 11 – Схема распределения параметра песчаности для нижней ЛФП в пределах Владимирского купола

Выявленные закономерности пространственного распределения литологически экранированных и структурно-литологических ловушек легли в основу оценки ресурсного потенциала апшеронских отложений:

- Категория D_L (локализованные ресурсы): 23 перспективных объекта оценены методом аналогий (Кирикилинское газовое месторождение) с суммарным объёмом 12,6 млрд m^3 ;
- Категория D_1 (прогнозные ресурсы): общие ресурсы, рассчитанные с учётом литофациальной изменчивости, составляют 78,8 млрд m^3 .

В ходе исследования были проведены литофациальный и палеотектонический анализы акчагыльско-апшеронских отложений. На основании вышеназванных анализов были выработаны литофациальные и палеотектонические критерии перспектив выявления ловушек УВ. Для выбора первоочередных поисковых площадей на них должны быть соблюдены следующие условия: 1) Должны относиться к высокой или средней категории перспективности выявления ловушек УВ, согласно литофациальным критериям, 2) Выявленные объекты соответствуют разработанным критериям.

На территории Астраханского Прикаспия, на основании вышеуказанных критериев, выделено 9 поисковых площадей, приоритетных для проведения геологоразведочных работ (ГРП) с целью открытия новых месторождений углеводородов (рисунок 12).

На данных площадях рекомендуется проектировать сейсморазведочные работы, попутно с другими этапами нефтегазоносности, для надсолевого комплекса. Кроме того, при

формировании скоростной модели верхней части разреза (ВЧР), возможно использовать времена первых вступлений, имеющиеся на полевых сейсмограммах. Анализ преломленных волн в начальной части сейсмограмм МОВ 2D и 3D подходит для изучения геологического строения верхних интервалов разреза. Этот метод используется на территориях с проведёнными сейсморазведочными работами МОВ. Он позволяет изучать физико-механические свойства пород ВЧР при глубинах до 300–400 м.



Рисунок 12 – Схема проведения первоочередных ГРР на апшеронский ярус Астраханского Прикаспия

Для комплексного изучения разреза при проектировании поисково-оценочного бурения на первоочередных объектах, в интервале глубин от 100 до 800 метров, необходимо проектировать геофизические исследования в масштабе 1:200 для более детального изучения неоген-четвертичного разреза. В них включить следующие методы: самопроизвольная поляризация (ПС), интервальный метод акустического каротажа (АК), широкополосный волновой акустический каротаж, гамма каротаж (ГК), плотностной гамма-гамма каротаж (ГГКП), нейтронный гамма-каротаж (НГК), боковой (БК) и боковой каротажи (БКЗ), индукционный каротаж (ИК), кавернометрия, инклинометрия.

При проведении комплексной интерпретации полученных данных в обязательном порядке использовать фондовые материалы по результатам бурения гидрогеологических скважин. При бурении скважин технического водоснабжения на апшеронском водоносном комплексе проводить детальное расчленение разреза с использованием данных исследований шлама и ГИС.

Результаты исследования могут быть применены для оптимизации проектирования работ на нижележащие нефтегазоносные комплексы, включая выбор локации устьев скважин и расчёт их траекторий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведённый анализ существующих представлений о формировании апшеронских отложений Астраханского Прикаспия и его обрамления позволил доработать концептуальную литофациальную и палеотектоническую модели апшеронских отложений Астраханского Прикаспия на основе детальных авторских исследований.

2. На основании комплексной интерпретации сейсмических исследований, данных ГИС поисковых, разведочных и структурных скважин, совместно с описанием бурения гидрогеологических скважин и последующим статистическим анализом полученной информации, проведено литофациальное районирования апшеронских отложений Астраханского Прикаспия, определены различные фациальные обстановки осадконакоплений (континентальные, морские и переходные), выявлен регрессивно-трансгрессивный цикл в середине апшеронского века.

3. По результатам палеотектонического анализа, приведенном в 3 главе, была определена стадийность активизации галокинеза в акчагыльский и апшеронский века. Построена схема аномалий мощностей акчагыльско-апшеронских отложений в зоне активной солянокупольной тектоники. Установлена взаимосвязь этих аномалий с активным ростом соляных куполов в периоды накопления верхней и нижней ЛФП соответственно. Образование структурно-литологических залежей в отложениях апшеронского яруса могло быть связано с ростом соляных массивов и отдельных соляных куполов.

4. Разработана система ранжирования перспектив выявления литологически ограниченных ловушек, связанных с литофациальной изменчивостью апшеронских отложений Астраханского Прикаспия. На основании выполненного палеотектонического анализа автором были определены палеотектонические критерии перспективности поиска ловушек структурно-литологического типа. Выявлены наиболее перспективные объекты в пределах средней ЛФП апшеронского яруса.

5. Произведен анализ влияния роста куполов на изменение степени расчлененности дна бассейна аккумуляции, приводящей к локальному изменению гидродинамической

активности и формированию зон повышенной турбуленции с аккумуляцией в его пределах более грубообломочного материала. Он показал, что для нижней ЛФП существует зависимость коэффициента песчаности от пространственного положения соляного купола и мульды. На основании этой модели были выделены перспективные объекты в нижней ЛФП.

6. Предоставлены рекомендации по дальнейшему геологическому изучению региона, выделены девять наиболее перспективных поисковых участков. Для них разработан комплекс геолого-геофизических исследований, направленный на минимизацию затрат, при проведении геологоразведочных работ. Даны рекомендации для проведения камеральных работ, включающие переинтерпретацию материалов сейсморазведки, бассейновое и седиментационное моделирование.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых научных изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации:

1. Коннов Д. А. Литолого-фациальный анализ апшеронских отложений на территории Астраханского Прикаспия: выявление закономерностей распределения коллекторов и типов фаций // Нефть. Газ. Новации. – 2023. – № 2(267). – С. 16-18.

2. Коннов Д. А., Гольчикова Н. Н., Кудинов В. В., Буянова А. В. Выявление структурно-литологических ловушек углеводородов в акчагыльско-апшеронских отложениях Астраханского Прикаспия на основе построения палеотектонической модели // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2024. – Т.9, № 4(38). – С 53–63.

3. Коннов Д. А., Кудинов В. В. Перспективы поисков ловушек газа, связанных с литофациальной изменчивостью апшеронских отложений Астраханского Прикаспия // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2024. – №4. – С 15-25.

В других изданиях:

4. Коннов Д. А. Литолого-фациальная модель апшеронских отложений Кирикилинской площади // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. – 2023. – № 1. – С. 65–71.

5. Коннов Д.А., Методика выявления скоплений свободного газа в неоген-четвертичных отложениях Северного Каспия // 65-я международная научная конференция Астраханского государственного технического университета : материалы конференции, Астрахань, 26–30 апреля 2021 года. – Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2021. – С. 328-330.

6. Коннов Д. А. Палеотектонический анализ отложений нижнеапшеронской литофациальной пачки Астраханского Прикаспия // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. – 2024. – № 3. –С. 31–38.

7. Коннов Д. А. Особенности строения неоген-четвертичных отложений Северного Каспия // Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию Института нефти и газа СКФУ, Ставрополь, 23–24 ноября 2018 года / Под общ. ред. В.А. Гридина, А.-Г.Г. Керимова, М.С. Лебедева, Ю.К. Димитриади, А.Ю. Калиниченко, Л.С. Мкртчяна. – Ставрополь: ООО ИД ТЭСЭРА, 2018. – С. 71-74.

8. Коннов Д.А. Разработка системы классификации коллекторов газа в апшеронских отложениях Астраханского Прикаспия // Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли: сборник трудов. – Ставрополь : АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2024. – 696 с

9. Коннов, Д. А. Учёт геологических аспектов верхней части разреза для повышения эффективности разведочного и эксплуатационного бурения // Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского шельфа : Материалы XI Международной научно-практической конференции, Астрахань, 04 сентября 2020 года. – Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2020. – С. 168-171.

10. Коннов Д. А., Афанасьев А. А., Афанасьев Г. А., Бадмаев И. А. Методика выявления скоплений свободного газа в неоген-четвертичных отложениях Северного Каспия // 65-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета : материалы конференции, Астрахань, 26–30 апреля 2021 г. — Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2021. — С. 328–330.

11. Коннов Д. А., Афанасьев А. А., Афанасьев Г. А., Бадмаев И. А. Подбор параметров различных методов фациального моделирования при различной степени геолого-геофизической изученности территории // 65-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета : материалы конференции, Астрахань, 26–30 апреля 2021 г. – Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2021. – С. 331–333.

12. Коннов Д. А., Гольчикова Н. Н., Кудинов В. В. Некоторые результаты сейсмофациального анализа плиоцен-четвертичных отложений Астраханского Прикаспия // Наука и практика : материалы Всероссийской междисциплинарной научной конференции, Астрахань, 18–23 ноября 2024 г. — Астрахань : Изд-во АГТУ, 2024. – С. 217–220.

13. Коннов Д. А., Коломыйченко А. В. Палеотектонический анализ акчагыльских отложений Астраханского Прикаспия // Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского моря : материалы XV Международной научно-практической конференции, Астрахань, 10–11 октября 2024 г. — Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2024. – С. 181–183.