

АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА

На правах рукописи

**ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И
ФАЦИАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА КАЧЕСТВОМ
КОЛЛЕКТОРОВ МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ
СИНЕКЛИЗЫ**

Специальность: 2521.01 – Геология, поиски и разведка
нефтяных и газовых месторождений

Отрасль науки: Науки о Земле

Соискатель: **Пронин Никита Алексеевич**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
доктора философии по наукам о Земле

Баку – 2025

Диссертационная работа выполнена в Научно-исследовательский и проектный институт «Нефть и газ» SOCAR.

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент НАНА
Алиева Эльмира Гаджимурад кызы

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент НАНА
Кенгерли Таят Насрулла оглы

доктор геолого-минералогических наук, профессор,
Жолтаев Герой Жолтаевич

кандидат геолого-минералогических наук, доцент
Тагиев Мушвиغ Фархад оглы

Диссертационный совет ED 1.01 Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики действующий на базе Института Геологии и Геофизики Министерства науки и образования Азербайджанской Республики

Председатель диссертационного совета:

доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик
Фейзуллаев Акпер Акпер оглы

Ученый секретарь диссертационного совета:

кандидат технических наук, доцент
Мирзоева Дильгуша Рамзей кызы

Председатель научного семинара:

доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент НАНА
Гусейнов Дадаш Ага Джавад оглы

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы и степень изученности темы

Исследование условий осадконакопления и фациального контроля качества коллекторов мезозойских отложений в юго-восточной части Прикаспийской синеклизы, на примере юрско-меловых отложений, представляет собой важную задачу для формирования петрофизической модели пласта, уточнения стратиграфической корреляции между скважинами и создания концептуальной седиментологической модели месторождений. Изучаемый регион характеризуется уникальной геологической структурой, и привлекает внимание многих ученых и инженеров-нефтяников. Исследование процессов формирования мезозойских коллекторов углеводородов, в частности юрского и мелового возраста, является отправной точкой при поиске и разведке новых месторождений и оптимизации добычи УВ.

Одной из основных актуальных проблем, рассматриваемых в данном исследовании, является комплексный анализ процессов осадконакопления на основе литолого-седиментологического анализа керна из скважин месторождений восточной части Прикаспийской синеклизы, что включает в себя изучение фациальных характеристик осадков и эволюции условий осадконакопления в мезозойскую эру, представляющих собой основу для понимания генезиса коллекторов и их качества.

Важной задачей является также выявление фациального контроля за качеством коллекторов в районе исследований, что ранее не проводилось. Методы анализа включают в себя значительный объем стандартного анализа керна вкупе с геофизическими данными. Полученные результаты направлены на выявление текстурных и физических особенностей пород. На основе этих данных оценивалась проницаемость, насыщенность и другие важные параметры, влияющие на качество коллекторов, а также их связь с условиями накопления осадков.

Понимание пространственной седиментологической модели месторождений, в которой четко представлено чередование осадочных фаций как в разрезе, так и в пространстве, в сочетании с

данными петрофизических исследований керна, интерпретации каротажных диаграмм и структурными картами, служит основой для разработки качественной цифровой геологической фациально-ориентированной 3D модели продуктивных пластов и вмещающих пород, а также воссоздания геометрии пластов и архитектуры резервуаров. Полученные результаты представляют собой эффективные инструменты для принятия обоснованных решений в процессе разработки месторождений, оптимизации добычи УВ, применения новых технологий и улучшения методов извлечения углеводородов, что также подтверждает актуальность данного исследования.

Таким образом, результаты, представленные в данной работе, обладают как научной, так и практической значимостью. Они позволяют более полно понимать историю формирования и качество коллекторов изучаемого региона, а также предоставляя важную информацию для геологического и гидродинамического моделирования.

Объект и предмет исследования:

Объектом исследования являются юрские и меловые отложения нефтегазоносных месторождений юго-восточной части Прикаспийской синеклизы, входящих в Тенгиз-Кашаганский нефтегазоносный район. Эти отложения тектонически связаны с Каратон-Тенгизкой системой поднятий, Прорвинской приподнятой зоной и прогнутой частью, находящейся южнее Сагизской относительно поднятой зоны.

Предметом исследования послужил керновый материал, извлеченный из 21-ой скважины девяти месторождений, общим объемом 1331,81 метра. Этот материал подвергся литолого-сидментологическому макроописанию с последующей интерпретацией и учетом результатов ранее проведенных стандартных анализов керна и материалов геофизических исследований скважин (ГИС).

Цель и задачи исследования:

Целью исследования является проведение комплексного фациального анализа и выявление фациального контроля за качеством коллекторов юрско-меловых отложений восточной части

Прикаспийской синеклизы. Результаты, полученные в ходе комплексного анализа, будут использованы при построении геологических моделей месторождений.

Задачи исследования включают в себя:

Изучение геологических характеристик района исследований, в том числе палеогеографических условий;

Литолого-седиментологический анализ керна юрских и меловых отложений с изучением следов жизнедеятельности организмов; построение литолого-седиментологических колонок и планшетов;

Реконструкция условий накопления юрских и меловых отложений; выявление изменчивости фациальных условий по площади района исследований и во времени;

Связь литолого-минералогического состава отложений с выделенными фациями;

Характеристика фильтрационно-емкостных свойств пород, определение зависимости этих свойств от условий осадконакопления и литологии;

Определение влияния колебания уровня Мирового океана на осадконакопление отложений в пределах района исследований.

Методы исследования поставленных задач:

Для решения задач использовались методы седиментологического макроописания керна. Также было проведено рассмотрение геолого-геофизических материалов, результатов стандартного и рентгеноструктурного анализов керна.

Защищаемые положения:

Условия накопления юрско-меловых отложений в восточной части Прикаспийской синеклизы.

Гетерогенность архитектуры юрско-меловых резервуаров: ее природа и влияние на качество резервуаров.

Научная новизна:

- на основании седиментологического анализа кернового материала дана детальная характеристика условий осадконакопления юрских и меловых отложений;

- впервые проведен детальный анализ ихнофоссилий в керновом материале юрско-меловых отложений исследуемого района, позволивший уточнить палеогеографические реконструкции изучаемого региона;

- впервые проведено фациальное районирование и уточнены палеогеографические условия района исследований в юрском периоде;

- на основе сопоставления показателей емкостно-фильтрационных свойств юрско-меловых отложений и обстановок их накопления выявлены наиболее благоприятные фации для формирования пород-коллекторов в изучаемом районе, включающие в себя береговые условия, внутренний, средний шельф, дельтовые протоки и устьевой бар;

- ранее проведенное моделирование, основанное на принципе коллектор – не коллектор, не подтвердило прогнозные запасы. Предложенные же нами фациальные модели привели к приросту запасов в продуктивном горизонте месторождения С. Нуржанов.

- выявлено существование полузамкнутого водоема, частые колебания уровня которого привели к многократным фациальным сдвигам, способствовавшим формированию благоприятных условий для накопления пород – коллекторов и обусловившим гетерогенность архитектуры юрско-меловых резервуаров в районе исследований.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы:

Теоретическая значимость: заключается в том, что полученные результаты вносят существенный вклад в понимание палеогеографической истории восточной части Прикаспийской синеклизы и влияния палеогеографических факторов на формирование коллекторских пород и качество резервуаров.

Практическая значимость: состоит в применении полученных результатов при проведении геологического, фациального и гидродинамического моделирования бассейнов аналогичного типа.

Апробация работы

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на:

- четвертой Международной геологической конференции «АтырауГео-2017» - г. Алматы, 2017 г.;

- втором Международном форуме по геологоразведке «Kazakhstan Geology Forum: Oil&Gas 2018» г. Алматы, 2018 г.;

- Международной научно-практической конференции «Методы увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти» - г. Актау, 2018 г.;

- Международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы эксплуатации зрелых месторождений» - г. Актау, 2019 г.;

- научно-практической конференции «Инжиниринговые решения в области нефтегазовой индустрии Казахстана» - г. Актау, 2020 г.;

- десятой (юбилейной) ежегодной Каспийской технической конференции и выставке SPE – г. Баку, 2023 г.;

По материалам диссертации опубликовано 10 трудов, из которых 10 статей, 4 статьи опубликованы в рецензируемых журналах, утвержденных ВАКом Азербайджанской Республики и Республики Казахстан.

Автор приносит глубокую благодарность научному руководителю член-корреспонденту НАН Азербайджана, д.г.-м.н. Э.Г.-М.Алиевой, а также руководству НИПИнефтегаз SOCAR, диссертантом которого являлся на протяжении последних 5 лет.

Названия организации, в которой выполнялась диссертационная работа

Диссертационная работа выполнена в Научно-исследовательском проектном институте нефти и газа SOCAR.

Структура и объём работы

Диссертационная работа состоит из введения (7765 символов), пяти глав (1-ая глава - 72342 символов; 2-ая глава - 44844 символов; 3-я глава – 35418 символов; 4-ая глава – 33922 символов; 5-ая глава -6678 символов), заключения (3658 символа) и списка литературы 153 наименований. Работа изложена на 227 страницах машинного текста, содержит 11 таблиц и 138 рисунков.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение:

Вступление в работу, где обосновывается актуальность и значимость проведенного исследования, а также формулируются цель и задачи.

Подчеркивается научная новизна и практическая важность полученных результатов, которые предоставляют собой исходные данные для геологического и гидродинамического моделирования.

Глава 1. Геологическая характеристика района исследований:

Подробно рассматривается геологическая характеристика восточной части Прикаспийской синеклизы, включающая в себя тектонику, стратиграфию и нефтегазоносность района исследований. Освещаются особенности геологического строения и возможные перспективы поисков залежей УВ.

Глава 2. Седиментологический анализ и литология юрско-меловых отложений:

Представлены результаты литолого-седиментологического описания керна и их интерпретация. В данной главе также проводится сопоставление с данными ГИС и стандартного анализа керна, направленное на определение условий осадконакопления юрско-меловых отложений. Уточняется стратиграфия и литолого-минералогический состав отложений.

Глава 3. Палеогеография восточной части Прикаспийской синеклизы в юрский и меловой периоды:

Проведен анализ имеющихся палеогеографических данных и реконструкция условий накопления юрских и меловых отложений. Дополнительно рассматривается изучение следов жизнедеятельности организмов и их остатков, выделение ихнофаций и их соотношение с выделенными фациями.

Глава 4. Оценка фильтрационно-емкостных свойств пород выделенных фаций:

Представление результатов характеристики фильтрационно-емкостных свойств пород, включая оценку, построение зависимостей и карт фильтрационно-емкостных свойств по месторождениям. Обсуждение фациального контроля за качеством коллекторов.

Глава 5. Колебания уровня Мирового Океана района исследований:

Результаты сопоставления данных по изменению уровня мирового океана и колебания уровня на месторождениях в регионе.

ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Более ста лет активно изучается Прикаспийская низменность, а также приуроченная к ней Прикаспийская нефтегазовая провинция. Исследуемый район исследований отличается сложным тектоническим строением, где в осадочном чехле выделяются три крупных части разреза, отражающие различные этапы тектонического развития: подсолевой, соленосной и надсолевой. Соль оказывала значительное влияние на формирование коллекторов, ловушек и систем разломов¹. Вблизи изучаемого района находятся крупнейшие месторождения, в том числе в надсолевых отложениях юрского и мелового возраста, что делает поиск новых месторождений перспективным. Оптимизация разработки и получение новых данных становятся первостепенной задачей.

ГЛАВА 2. СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЛИТОЛОГИЯ ЮРСКИХ И МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Результаты седиментологического анализа керна служат основой для формирования петрофизической модели пласта, уточнения стратиграфического возраста и создания концептуальной седиментологической модели месторождения. Этап литологических исследований начинается с краткого описания литологии полноразмерного керна и подробно уточняется с использованием результатов инструментальных анализов.

Седиментологическая интерпретация, включая фациальный анализ и литолого-фациальный анализ, представляет собой восстановление условий осадконакопления. В нефтегазовой инду-

¹ Воцалевский, Э.С. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана / Э.С.Воцалевский, С.Ж.Даукеев, В.П.Коломиец, [и др.] // Нефть и газ. Том 3, -Алматы: Национальная АН Республики Казахстан, -2002 г., 248 с.

стрии необходимость проведения седиментологических реконструкций обусловлена применением методов геологического фациально-ориентированного 3D моделирования продуктивных пластов. Решение проблемы построения фациальной модели на основе комплексного изучения кернового материала является первостепенной при геологическом моделировании.

Для достоверного пространственного моделирования геометрии и свойств пласта требуется подробное знание условий его формирования. Это включает в себя такие факторы, как образование продуктивных отложений в глубоком море, на шельфе или в зонах перехода от континента к морю. Также важно понимание направления простираения береговых линий, сноса обломочного материала и других аспектов.

Результатом седиментологической интерпретации является пространственная седиментологическая модель месторождения, где отчетливо прослеживается чередование осадочных фаций в разрезе и по пространству. Эта модель, совместно с данными петрофизических исследований керна, количественной интерпретации каротажей ГИС и структурными картами, служит основой для разработки качественной цифровой геологической 3D модели месторождения.

В качестве материала для проведения седиментологических исследований использовался полноразмерный керн из месторождений в пределах района исследований, фотографии и результаты стандартных и литологических исследований. Общий объем изученного керна составил 1331,81 метров, охватывая 21 скважину из 9 месторождений, таких как: Каратон, Карасор, Аккудук, Досмухамбетовское, С. Нуржанов, Тажигали, Терен-Узюк, Байтубеарал и Нуржанов Северо-Восточный (НСВ).

Основной методикой, используемой для построения седиментологических колонок и последующей интерпретации, является методика Гари Николса². На рисунке 1 представлен фрагмент седиментологической колонки по одной из изучаемых скважин.

² Nichols, G. Sedimentology and stratigraphy // Second Edition. Wiley-Blackwell, - West Sussex: - 2009, - 432p.

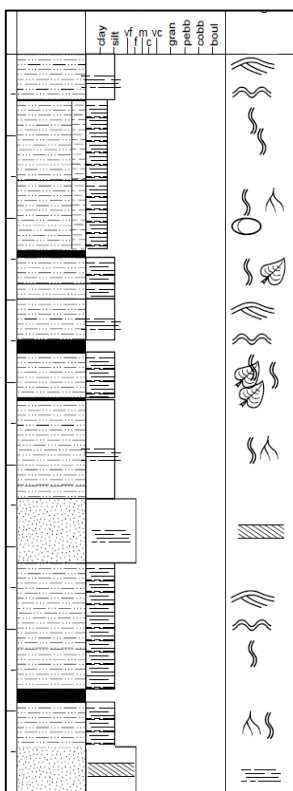


Рисунок 1. Фрагмент седиментологической колонки месторождения Аккудук скважины №18, интервал 1787,40-1796,40 м

Обобщение информации, полученной в результате седиментологического описания керна, приводит к выделению нескольких ассоциаций (Рис. 2), соответствующих четырем основным условиям осадконакопления: морские обстановки, морские карбонатные обстановки, побережья аридных зон и эвапоритов и дельты. Каждая ассоциация включает свой набор фаций, характеризующихся литологическими и текстурными особенностями.

Для определения условий осадконакопления и соответствующих фаций при изучении керна, помимо изучения литологии, структурных и текстурных седиментологических особенностей, использовались методы, основанные на изучении следов жизнедеятельности организмов, выделения остатков организмов и

растительности. Все полученные материалы, вместе, позволяют достаточно точно определить условия осадконакопления и произвести разделение на фации.

Наличие следов жизнедеятельности, детрит и различные остатки организмов указывают на фации морского шельфа. Присутствие углефицированных остатков, указывает на прибрежные обстановки близкие к континентальным, или переходную зону.

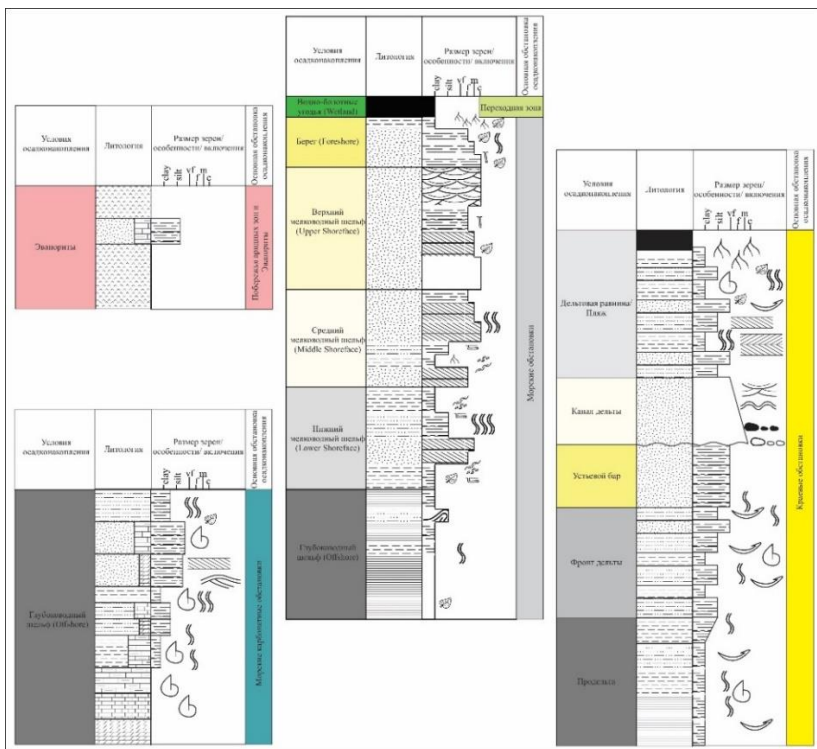


Рисунок 2. Выявленные ассоциации и их связь с основными условиями осадконакопления, литологическими и текстурными особенностями.

Морские обстановки:

Включает в себя, одну фацию переходного условия:

- **Водно-болотные угодья**, литологический разрез которых включает в себя уголь и углефицированные остатки растений в больших количествах.

И пять основных фаций морской обстановки:

- **Береговые условия**, литологический разрез представлен глинистой породой с включением углефицированных остатков корневых систем с плавным переходом в мелко-среднезернистый песчаник. Отличительной структурой породы является слабая биотурбация, норы и горизонтальная слоистость.

- **Верхний мелководный шельф** состоит из отложений песчаника с отличительными слоистыми текстурами. Слоистость проявляется в виде волнообразной, горизонтальной и косо-горизонтальной слоистости с включениями нор и редких углефицированных остатков растений.

- **Средний мелководный шельф** литологически представлен переслаиванием мелко-среднезернистого песчаника с глинисто-алевритистыми прослоями. Горизонтальная и косо-горизонтальная слоистость, разрушенная большим количеством следов биотурбации. В пропластках глинистой породы так же встречаются остатки углефицированных корней.

- **Нижний мелководный шельф** состоит из глинисто-алевритистой породы с прослоями средне-мелкозернистого песчаника. Наблюдается преобладание глинистой породы в разрезе. Структура и текстура горизонтальная и косо-горизонтальная слоистость, разрушенная большим количеством следов биотурбации и ходов илоедов.

- **Глубоководный шельф** литологически представлен отложениями аргиллита в переслаивании с глиной и алевролитом. Наблюдается слоистая текстура в виде горизонтальной и конволютной слоистости. Редко встречаются следы биотурбации и включений детритовых остатков.

Морские карбонатные обстановки:

- **Глубоководный шельф**, основой его литологического разреза являются карбонатные отложения в виде известняков, глинистых известняков, доломитов и мелко-тонкозернистых песчаников на карбонатном цементе. Текстура и структура представлена следами биотурбации, горизонтальная, косая, горизонтальная, ритмичная наклонная слоистость и детритовые остатки раковин организмов.

Побережья аридных зон и эвапориты:

- **Эвапориты**, литологический эвапориты представлены

кристаллическими ангидритами, белого цвета, прозрачными. В разрезе так же встречаются тонкозернистые песчаники на карбонатном цементе с горизонтально слоистой текстурой.

Краевые обстановки

- **Дельтовая равнина, пляж.** Литологический разрез неоднородный и представлен переслаиванием терригенных пород в виде глины, алевролита и песчаника. В большинстве, разрез начинается с углифицированной толщи, которая постепенно переходит в глинистую породу с включением углифицированных остатков корней. По всему разрезу наблюдается слоистая текстура в виде горизонтальной, косо-горизонтальной и разнонаправленной слоистости. Местами слоистость разрушена следами биотурбаций. Включения представляют собой детрит и обломки пелеципод.

- **Канал дельты** в литологическом плане представлен мощными прослоями песчаников с увеличением зернистости породы к низу разреза с включениями мадкластов и литокластов. Песчаник имеет слоистую текстуру в виде волнообразной и волнообразной разнонаправленной слоистости. Контакт с нижележащими слоями, в основном, градиационный

- **Устьевой бар** представлен отложениями мелкозернистых песчаников с слоистой текстурой в виде горизонтальной слоистости, которая частично разрушается редкими следами биотурбации к низу разреза.

- **Фронт дельты** литологически представлен переслаиванием алевролита с тонкозернистым песчаником и глины. В интервале наблюдается горизонтально слоистая текстура, которая частично разрушена следами биотурбации. Включения представлены детритом и обломками раковин пелеципод.

- **Продельта** по литологии представлена переслаиванием глинисто-алевритистой породы с постепенным переходом в аргиллит. В интервале наблюдается горизонтально слоистая текстура, частично нарушенная следами биотурбации, с включениями детрита и остатков раковин пелеципод.

Учитывая ограничения в длине отобранного керна в некоторых скважинах, что мешало провести полноценную интерпретацию и выделение фаций, проанализированы 15 скважин из 5

месторождений: Каратон, Карасор, Аккудук, Досмухамбетовское и С.Нуржанова. Пример планшета с результатами интерпретации анализа керна, выделением условий осадконакопления отложений одного из изучаемых месторождений представлен на Рисунке 3. По результатам анализа ихнофоссилий юрских отложений месторождения Аккудук, подтверждается преобладание морских условий осадконакопления.

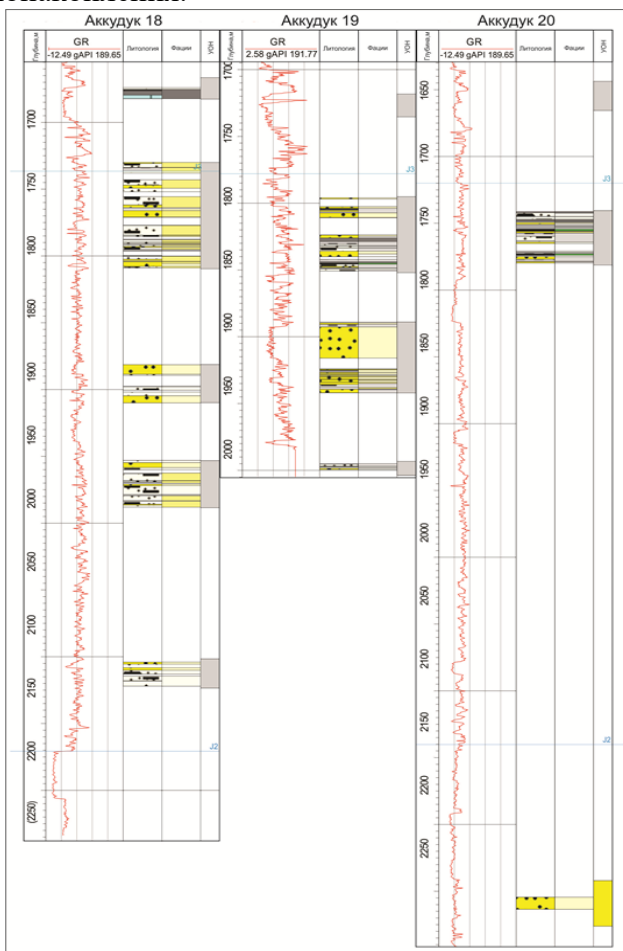


Рисунок 3. Результаты седиментологической интерпретации керна, демонстрирующие смену условий осадконакопления юрских отложений месторождения Аккудук (выравнивание по кровле юры).

Свод результатов выделения условий осадконакопления по всем изучаемым месторождениям представлен в Таблице 1.

Таблица 1
Свод по выделенным обстановкам осадконакопления
в разрезе скважин изучаемых месторождений

Месторождение		Скважина №.		С.Нуржанов						Досмухамбетовское	Карасор	Каратон		Аккулдук					
		Отдел	Ярус	702	704	705	706	708	94	ДСВ-1	22	600	601	КВ-1	18	19	20	21	
		K2																	
K1			K1a																
			K1ne																
			K1v																
J3			J3v																
			J3km																
J2			J3o																
			J2k																
			J2bt																
J1			J2b+a																



Основные условия осадконакопления:

- Краевые обстановки
- Побережья аридных зон и Эвапориты
- Морские обстановки
- Морские карбонатные обстановки

ГЛАВА 3. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ В ЮРСКИЙ И МЕЛОВОЙ ПЕРИОДЫ

Основные черты палеогеографии, восстановленные на основе седиментологического анализа керна и данных исследований скважин (ГИМ), указывают на разнообразие условий осадконакопления в изучаемом регионе Прикаспийской низменности. Различные части разреза свидетельствуют о разных этапах тектонического развития, влиянии солевого тектогенеза, и формировании различных фаций и коллекторов.

Основные выделяемые обстановки:

- Внешний шельф;
- Шельф внутренний/мелкая часть шельфа и прибрежная зона;
- Прибрежные равнины (аллювиальные и морские);
- Равнина низменная аккумулятивная/Низменность, дельта;
- Аллювиальные и озерные равнины/Плоские равнины;
- Холмистые равнины, островная суша.

Средний - Поздний Триас:

В этот период в юго-восточной части Прикаспийской низменности преобладает обстановка островной суши в зоне Кашаган-Тенгизкой. Следует выделить условия внутреннего мелководного шельфа и зоны разгрузки от предполагаемого сноса осадков с холмистых равнин на востоке.

Ранняя Юра:

Палеогеография данного периода характеризуется плоскими равнинами с распределением основных котловин в центральной и южной частях региона. Здесь происходит снос материала с холмистых равнин северо-востока на внутренний мелководный шельф на юго-западе.

Средняя Юра:

В этот период продолжается снос материала с холмистых равнин северо-востока на внутренний мелководный шельф на юго-западе. Выделяются низменности, приморские равнины и наземные комплексы палеодолин с дельтами.

Поздняя Юра:

Основная среда осадконакопления - внутренний, мелководный шельф, служащий депоцентром для осадков, сносимых с холмистых равнин. Отмечаются плоские равнины, низменности, а также приморские равнины с дельтами.

Ранний Мел:

Среда осадконакопления аналогична поздней юре с отсутствием плоских равнин. Преобладает внутренний мелководный шельф и снос материала с холмистых равнин.

Поздний Мел:

Преобладающей средой осадконакопления становится внутренний мелководный шельф с котловинами сложной формы. Условия переуглубленной котловины появляются на западе Кашаган-Тенгизкой зоны.

Таким образом, палеогеография юрско-меловых отложений в изучаемом регионе Прикаспийской низменности представляет собой сложную смену условий осадконакопления на протяжении исследуемого интервала геологического времени. Результаты проведенных анализов и имеющихся результатов палеогеографии, при сопоставлении сходятся, за исключением предложений по внесению корректировок в палеогеографическую реконструкцию средней юры (Рис. 4).

В ходе изучения кернового материала месторождений, также был проведен анализ следов биотурбации и ихнофоссилий. Обнаруженную биотурбацию можно классифицировать по степени интенсивности. Биотурбация меньшей интенсивности присутствует практически во всех разрезах изучаемых скважин. Биотурбация повышенной интенсивности наблюдается в терригенных разрезах площадей Аккудук, Досмухамбетовское, Каратон, С.Нуржанова и Карасор.

В разрезах юрских отложений месторождения Аккудук можно выделить множество пород, в которых обнаруживается обилие следов жизнедеятельности организмов (Рис. 5). Тем не менее, следы не характеризуются высоким таксономическим разнообразием.

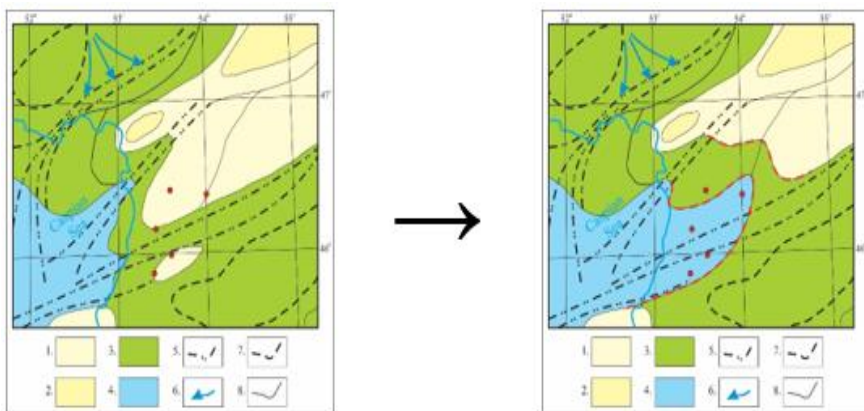


Рисунок 4. Фрагмент палеогеографической карты средней юры³. с предложенными изменениями границ условий осадконакопления по результатам исследования керна. Условия осадконакопления: 1. Плоской равнины, 2. Холмистой равнины, 3. Низменностей, 4. Мелководного шельфа; Контурные обозначения: 5. Предполагаемые наземные и подводные приустьевые комплексы долин, дельт, конусов выноса и их палеодолин, 6. Вероятные направления сноса осадков, 7. Террасовые уступы, 8. Контуры крупных палеоморфологических провинций.

Разрезы месторождений Досмухамбетовское, Каратон и С. Нуржанова отличаются более ограниченным разнообразием ихнотаксонов. На месторождении Досмухамбетовское определены такие ихнотаксоны, как *Teichichnus*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Skolithos*, *Zoophycos*. На месторождении Каратон выделяются *Planolites*, *Skolithos*, *Zoophycos*. В разрезе месторождения С. Нуржанов обнаружен только *Planolites*. Подчеркивается, что выделенные ихнофоссилии относятся к определенным видам, и присутствие интервалов с различной степенью биотурбации не исключает наличие других видов. Единственным различием в разрезах месторождений Досмухамбетовское и Каратон является

³ Глумов, И.Ф. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря/ И.Ф.Глумов, Я.П.Маловицкий, А.А.Новиков, [и др.] // - Москва.: ООО «Недра-Бизнес-центр», - 2004, - 342 с.

присутствие ихнотаксонов Zoophycos, чья этологическая группа указывает на наличие батимальных условий шельфа в момент накопления осадков.

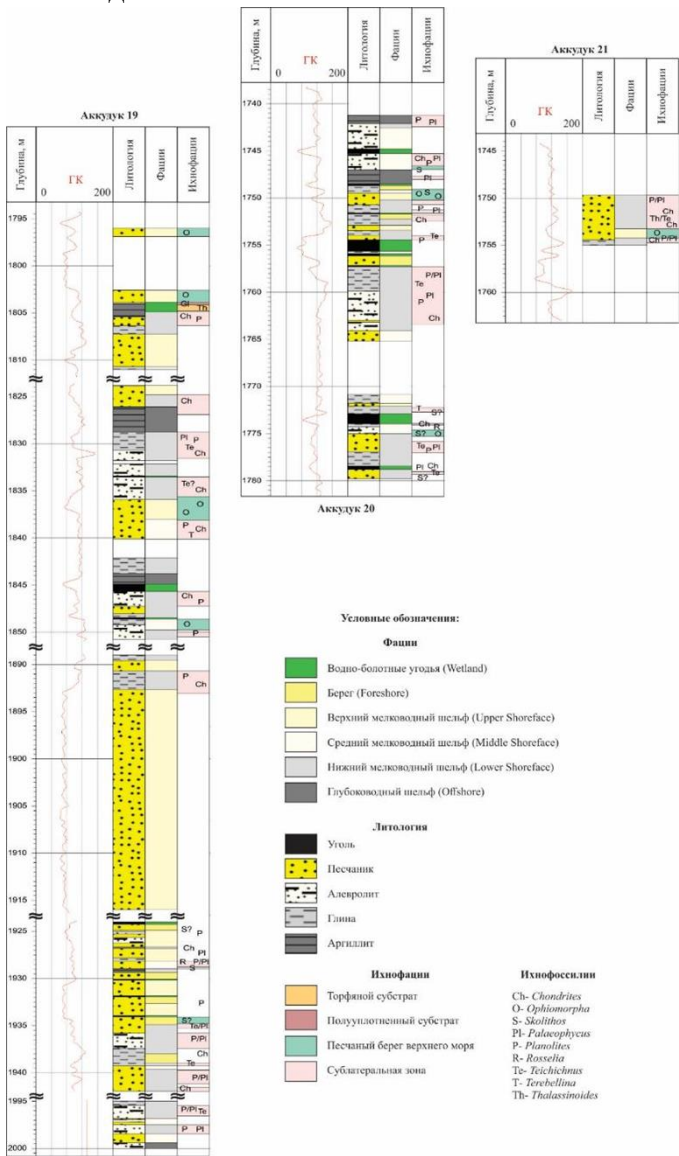


Рисунок 5. Литологические колонки с выделенными фациями средне-верхнеюрских отложений месторождения Аккудук

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД ВЫДЕЛЕННЫХ ФАЦИЙ

Наиболее информативными с точки зрения характеристики фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) оказались 15 скважин из 5 месторождений. Для анализа ФЕС использовались данные по петрофизическим исследованиям, собранные в период с 2012 по 2021 год.

Основными показателями, характеризующими ФЕС, стали значения пористости и абсолютной проницаемости. Стандартный анализ кернового материала продемонстрировал, что средние значения пористости по всем месторождениям составляют 18,95%, а проницаемости – 326,81 мД. Средние значения по скважинам каждого месторождения практически одинаковы. Максимальные средние значения ФЕС получены на месторождении Каратон в скважине №КВ-1: 25,5% по пористости и 1474 мД по проницаемости. Минимальные же значения средних ФЕС по пористости (10,32%) и проницаемости (4,6 мД) зафиксированы на месторождении С.Нуржанов в скважинах №705 и №708 соответственно.

Все значения достоверности аппроксимации для экспоненциального тренда зависимостей проницаемости от пористости превышают 0,5, что умеренно аппроксимирует данные и делает их достаточно надежными.

Карты ФЕС, построенные для месторождений С.Нуржанова и Аккудук с учетом нескольких скважин, по которым имеются результаты стандартного анализа керна, указывают на то, что высокие значения ФЕС отмечаются в сводовой части структуры. Для месторождения С. Нуржанова, где имеется наибольшее количество информации и построены карты ФЕС, установлено, что ФЕС различным образом распределяются по выделенным фациальным обстановкам, таким, как морская карбонатная среда осадконакопления и эвапориты.

Для каждой группы данных ФЕС была проведена привязка к фациям. Путем сводных расчетов были определены средние показатели, минимальные и максимальные значения, а также количество значений для каждой скважины, месторождения, литологии и фации. На основе этих данных были построены зависимости

между пористостью и проницаемостью. Литология пород и выделенные фации были подкрашены на графиках, что облегчило выделение облачных распределений и трендов, а также позволило получить соответствующие выводы относительно установления зависимостей между ФЕС пород и выделенными фациями.

Полученные зависимости по проницаемости от пористости с учетом привязки к фациям подтверждают, с одной стороны, что значения фаций берега, верхних и средних частей мелководного шельфа, канала дельты и устьевого бара, занимают средние и высокие положения и стремятся в правый верхний угол графика зависимости и в основном представлены песчаниками и алевролитами. С другой стороны, породы, литологически представленные глинами, входящие в фации глубоководного шельфа, дельтовой равнины, фронта дельты и продельты, занимают низкие положения на графике, стремясь в левый нижний угол, и чаще всего находятся ниже граничного значения в 1 мД.

В таблице 2 представлены средние значения параметров коллекторских свойств разных фаций.

Исходя из поставленных задач в диссертации, полученные результаты были использованы при уточнении геологической модели валанжинских продуктивных горизонтов месторождения С.Нуржанова. Куб фаций в первоначальной геологической модели строился по методу коллектор - неколлектор (Рис.6). Для учета полученных данных по керну были подготовлены дискретные каротажные диаграммы, вновь произведено построение куба фаций (Рис. 7)

На основе нового полученного куба с учетом выделенных фаций и условий осадконакопления, были уточнены куб насыщенности, куб литологии и ФЕС, пересмотрены уровни флюидных контактов и произведен пересчет геологических запасов. Куб ФЕС строился с учетом распределения значений пористости и проницаемости по фациям. На основании проведенных построений произошел прирост геологических запасов валанжинских продуктивных горизонтов, месторождения С.Нуржанов на 2 %.

Таблица 2

Средние значения пористости и проницаемости по фациям

		Водно-болотные	Берег	Верхний мелко- водный шельф	Средний мелко- водный шельф	Мелкий мелко- водный шельф	Глубоководный шельф	Эвапориты	Дельтовая равнина	Канал дельты	Устьевой бар	Фронт дельты	Продельта
Общее	Пор. ср.знач, %	-	20.42	21.60	14.55	18.15	6.42	8.82	-	23.23	26.15	19.64	-
	Прон. ср.знач, мД	-	462.49	541.56	59.75	22.74	0.12	0.4	-	276.37	1356.6	122.67	-
K1a	Пор. ср.знач, %	-	32.08	23.29	-	14.31	-	-	-	-	-	-	-
	Прон. ср.знач, мД	-	2550.47	1774.23	-	21.27	-	-	-	-	-	-	-
K1v	Пор. ср.знач, %	-	18.36	16.80	14.23	17.23	6.42	8.82	-	-	-	-	-
	Прон. ср.знач, мД	-	185.77	14.71	28.66	2.23	0.12	0.4	-	-	-	-	-
J3	Пор. ср.знач, %	-	14.77	21.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Прон. ср.знач, мД	-	12.89	705.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J2	Пор. ср.знач, %	-	20.17	22.52	16.32	19.38	-	-	-	25.41	26.15	19.64	-
	Прон. ср.знач, мД	-	147.18	798.38	173.11	26.83	-	-	-	498.53	1356.6	122.67	-
J1	Пор. ср.знач, %	-	-	24.13	-	18.85	-	-	-	21.04	-	-	-
	Прон. ср.знач, мД	-	-	339.32	-	28.87	-	-	-	54.2	-	-	-

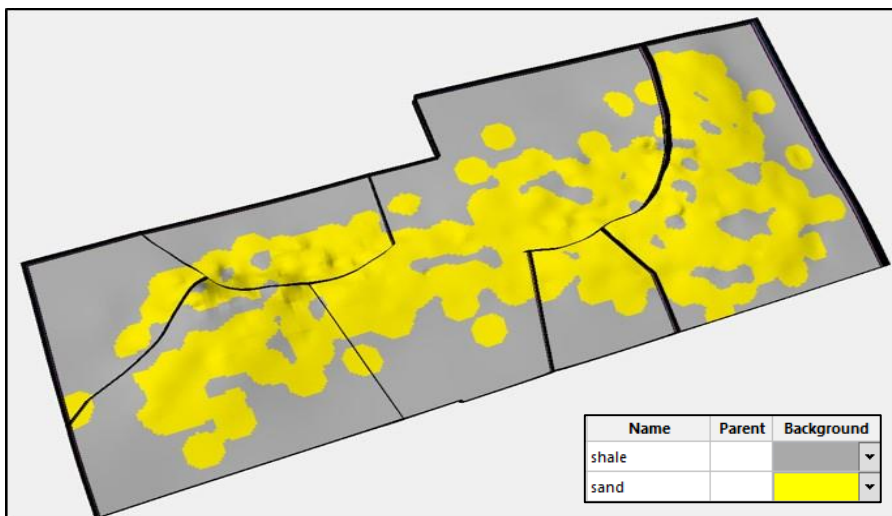


Рисунок 6. Срез куба фаций по валанжинскому продуктивному горизонту месторождения С.Нуржанов, построенного по методу коллектор-не коллектор.

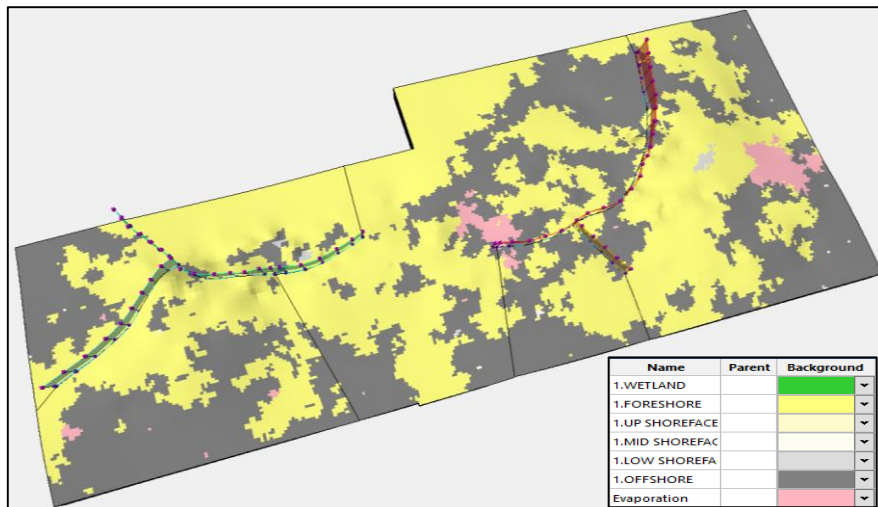


Рисунок 7. Срез куба фаций по валанжинскому продуктивному горизонту месторождения С.Нуржанов, построенного с учетом выделенных фаций и условий осадконакопления по керну.

ГЛАВА 5. КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ МИРОВОГО ОКЕАНА В ПРЕДЕЛАХ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

С начала палеозоя тектонический фактор (тектоноэвстазия) играл определяющую роль в изменении вместимости морских и океанических впадин, а также в изменении рельефа и структуры океанического дна и прилегающих материков. Основные колебания уровня Мирового океана, по-видимому, связаны с развитием системы срединно-океанических хребтов и процессом раздвижения морского дна – спредингом. В периоды ледниковых затоплений, когда вода скапливалась на суше в виде ледниковых щитов, уровень Мирового Океана снижался примерно на 110-140 метров. После таяния ледников вода снова поступала в мировой океан, повышая его уровень примерно на 1/3 от исходного. Изменение температуры и солености влияло на плотность воды, что приводило к различиям в уровне Мирового Океана между высокими широтами и экваториальными районами на несколько метров. Эти факторы способствовали формированию нижней террасы высотой 3-5 метров. В процессе эвстазии также оказывали влияние планетарные факторы, такие как изменение скорости вращения Земли и смещение полюсов.

Литолого-седиментологические исследования, проведенные нами на керне, позволяют большинство фации в районе исследований отнести к морским и дельтовым. Для более глубокого понимания процессов седиментации, определения их масштаба, а также выявления влияния уровня Мирового Океана или региональных-локальных водоемов на осадконакопление в целом, необходимо сопоставить имеющуюся информацию по эвстатическим колебаниям и проградационно-ретроградационным последовательностям, определенным по данным керна и каротажным кривым.

На основе выявленных зависимостей определены и обобщены трансгрессивно-регрессивные циклы и поверхности затопления, что позволяет понять изменения уровня моря. Предполагаемые зоны воздействия локальных колебаний уровня моря приводят к аградационной цикличности.

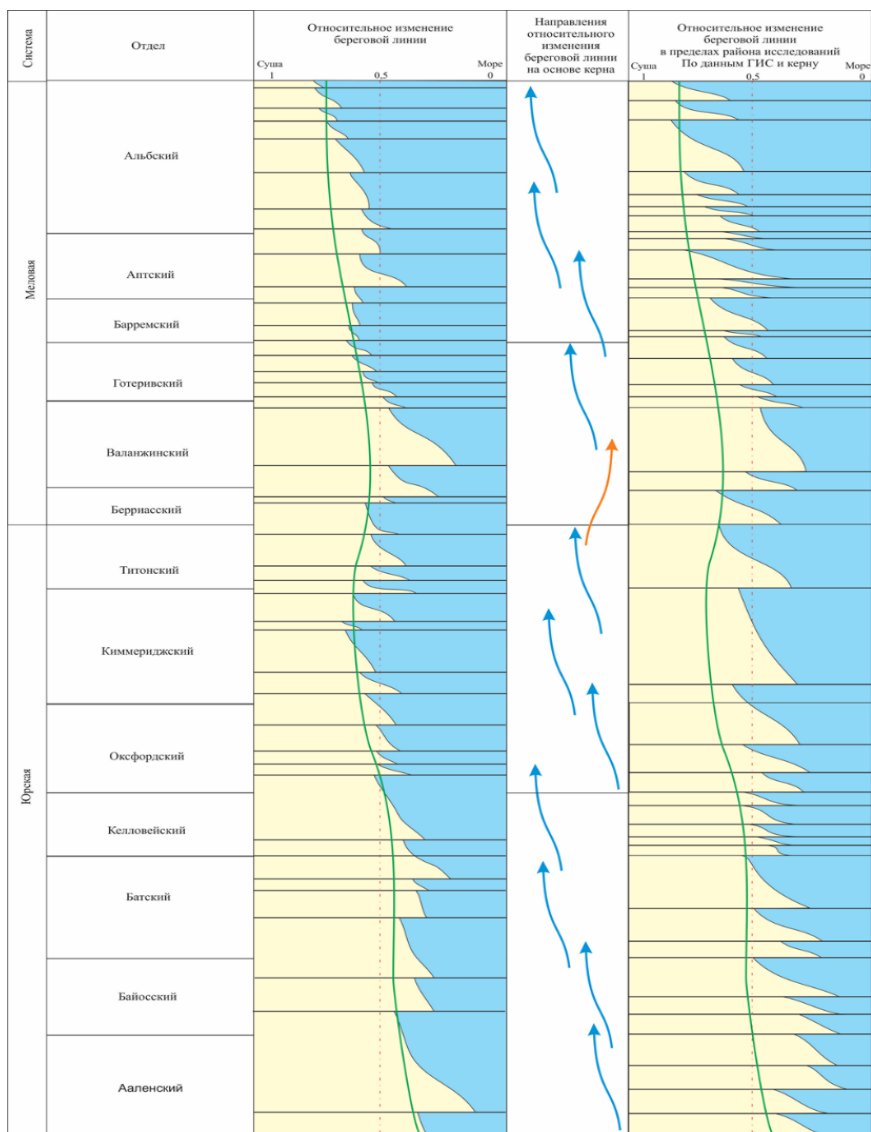


Рисунок 8. Сопоставление данных по изменениям береговой линии Мирового океана⁴ (левая половина графика) и локального бассейна района исследований (правая половина графика) в юрско-меловом периодах.

⁴ Haq, B.U. Mesozoic-Cenozoic Cycle Chart // Datapages, Incorporated, -1987.

Сопоставление данных диаграммы мезозойско-кайнозойского цикла колебаний уровня Мирового Океана с колебаниями уровня водоема, существовавшего в Прикаспийской впадине в юрско-меловой периоды (Рис.8), позволяет предположить, что в юрский интервал времени динамика развития этих водоемов отличается. Происходит более частая смена уровня водоема Прикаспийской впадины, отхода береговой линии, что дает основание предполагать о присутствии здесь изолированного от Мирового Океана мелководного моря.

Отдельного внимания заслуживает факт резкого отступления моря в валанжине, приводящего к накоплению эвапоритовых отложений.

ВЫВОДЫ

1. Изучение кернового материала юрских и меловых отложений позволило выделить фации и определить основные условия осадконакопления, что создает основу для фациального моделирования.
2. В разрезах изучаемых скважин выделены четыре основные обстановки осадконакопления: Морская обстановка; Морская карбонатная обстановка; Побережье аридных зон и эвапориты; Дельты.
3. Разрезы месторождений содержат многочисленные следы жизнедеятельности организмов, которые указывают на фации морского шельфа. Эти данные частично расходятся с палеогеографическими реконструкциями, что требует корректировок.
4. Наилучшие фильтрационно-емкостные свойства выявлены в фациях берега, верхних и средних частей мелководного шельфа, канала дельты и устьевого бара.
5. Выделенные обстановки включают ряд фаций, относящихся к болотным угодьям, мелководному и глубоководному шельфу, эвапоритам, дельтовой равнине, каналам дельты, фронту дельты и продельте. Все выделенные фации характеризуются зависимостями, основанными на литологических и текстурных особенностях керна.

6. Основной минералогический состав отложений представлен силикатами (кварц, полевой шпат, глины) и карбонатами (карбонатный цемент). Увеличение содержания полевого шпата в отдельных интервалах указывает на изменение динамики осадконакопления.
7. Реконструкция условий осадконакопления показала влияние колебания уровня мирового океана на формирование отложений в исследуемом районе.
8. В валанжинском ярусе, вскрытом керном месторождения С.Нуржанов, наблюдается резкий отход моря, сопровождающийся образованием мощных прослоев ангидрита, входящего в фацию эвапоритов.
9. Общая характеристика результатов указывает на постепенное затопление района исследования, с переходом от континентальной обстановки дельты в нижней юре к глубоководным обстановкам с большим содержанием карбонатных отложений в нижнем и верхнем меле.
10. Проведенное фациальное моделирование валанжинского горизонта месторождения С.Нуржанов на основе выделенных условий осадконакопления, обеспечило прирост запасов на 2-5%.
11. Необходимость проведения седиментологических реконструкций обусловлена применением методов геологического фациально-ориентированного 3D-моделирования продуктивных пластов.
12. Построение фациальной модели на основе комплексного изучения кернового материала является первостепенной задачей при геологическом моделировании.

Основное содержание и результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

- 1.Пронин, Н.А. Подход к подбору точек отбора образцов на керновом материале для проведения стандартных и специальных лабораторных исследований // Перспективы нефтегазоносности Казахстана, проблемы, пути изучения и освоения трудноизвлекаемого нетрадиционного углеводородного сырья. Труды ОНГК, - Вып.6, - Алматы: - 2017. - с.367-372.

- 2.Пронин, Н.А. Лабораторный экспресс метод определения гра- нулометрического состава пород оптическим методом // Мате- риалы международной научно-практической конференции «Методы увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти» ТОО «КазНИПИМунайгаз», - Актау: - 2018. - с.351-360.
- 3.Пронин, Н.А. Анализ состояния и дальнейшие направления ли- тологических исследований в ТОО НИИ «Каспиймунайгаз» // Сборник статей "Kazakhstan Geology Forum: Oil&Gas 2018, - Алматы: - 2019. - с.221-225.
- 4.Пронин, А.П. Литология и перспективы нефтегазоносности па- леозойских отложений Северо-Каспийского поднятия (север- ная часть акватории Каспийского моря, Казахстан) / А.П.Про- нин, Л.В.Шестоперова, Н.А.Пронин // Научно-практический журнал «Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана», - Нур- Султан: - 2019. №1, - с.4-15.
- 5.Пронин, Н.А. Выделение зон развития песчаных отложений мезозоя на примере месторождения С.Нуржанов / Н.А.Пронин, Ш.К.Мухаметрахимов, А.С.Сисенгалиева // Материалы между- народной научно-практической конференции «Состояние и перспективы эксплуатации зрелых месторождений». - Том 1, - Актау: - 2019. - с.90-94.
- 6.Пронин, Н.А. Сопоставление результатов электрофациального анализа отложений юрских горизонтов на месторождениях восточной части Прикаспийской синеклизы / Н.А.Пронин, А.С.Сисенгалиева, Е.Т.Тасеменов // Сборник трудов АО «НИПИнефтегаз», Вып. 6, - Актау: - 2020. - с.98-106.
- 7.Пронин, Н.А. Литолого-стратиграфическая характеристика верхнепермских и триасовых отложений месторождения Кара- чаганак / Н.А.Пронин, А.П.Пронин, Т.Е.Джумабаев, Р.Н.Утеев // Научно-практический журнал «Вестник нефтегазовой от- расли Казахстана». - Том 4, - Астана: - 2022. № 3, - с.10-21.
- 8.Пронин, Н.А. Определение условий осадконакопления юрских отложений месторождения Каратон на основе сопоставления электрофаций и седиментологического описания керна // SOCAR Proceedings Special Issue, - 2023. No. 1, - 013-017. DOI: 10.5510/OGP2023SI100861

9. Pronin, N.A. Determination of Environmental Conditions of Mesozoic Deposits of Kataton-Tengiz and Prorva Uplifts Based on the Study of Core Material // SPE Caspian Technical Conference and Exhibition in Baku, - Baku: - 21-23 November, 2023. DOI 10.2118/217544-MS
10. Пронин, Н.А. Определение условий осадконакопления юрских отложений месторождения Аккудук на основе анализа ихно-фоссилий // SOCAR Proceedings Special Issue, - 2023. No. 2, - 066-073. DOI: 10.5510/OGP2023SI200908



Защита диссертации состоится 23 июня 2025 года в 14³⁰ на заседании Диссертационного Совета ЕД 1.01 действующего на базе при Институте Геологии и Геофизики Министерства науки и образования Азербайджанской Республики

Адрес: AZ1073, г. Баку, Азербайджан, пр. Г.Джавида, 119

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института Геологии и Геофизики Министерства науки и образования Азербайджанской Республики

Электронная версия автореферата размещена на официальном сайте Института Геологии и Геофизики Министерства науки и образования Азербайджанской Республики

Автореферат разослан по соответствующим адресам
21 мая 2025 года.

Подписано в печать: 05.05.2025

Формат бумаги: 60x84^{1/16}

Объём: 37664

Тираж: 70 экз.