

## Модель формирования позднефаменско-турнейских отложений в пределах осевой и бортовой зон Сарайлинского прогиба (Республика Татарстан)

А.Н. Кольчугин<sup>1\*</sup>, А.Ф. Сафаров<sup>2</sup>, М.Ф. Валидов<sup>1</sup>, А.М. Калимуллин<sup>2</sup>, Б.Г. Ганиев<sup>2</sup>, А.А. Лутфуллин<sup>2</sup>,  
К.Д. Шуматбаев<sup>2</sup>, Р.М. Хабипов<sup>2</sup>, А.И. Хайдарова<sup>2</sup>, Э.А. Королев<sup>1</sup>, А.С. Хаюзкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup>ПАО «Татнефть», Альметьевск, Россия

Объектом изучения были верхнефаменско-турнейские отложения юго-востока Татарстана, слагающие разрезы различных сегментов Сарайлинского прогиба. Цель исследования заключалась в построении модели седиментации верхнедевонско-турнейского комплекса отложений, развитых в пределах этого прогиба. На основе подробного изучения кернового материала ряда скважин построены типовые разрезы для различных сегментов, разобраны закономерности осадконакопления для разрезов бортовой, склоновой и депрессионной зон. Установлена последовательная сменяемость пород в пределах профиля прогиба, где к осевым зонам быстро уменьшается доля карбонатных отложений и увеличивается доля смешанных глинисто-карбонатно-кремнистых пород с высокой долей сингенетичного органического вещества. В этом же направлении уменьшается мощность разновозрастных отложений. Разрезы бортовой зоны сформированы в обстановках мелководного карбонатного шельфа, разрезы осевой зоны прогиба – в обстановках, заглубленных внутришельфовых впадин, с признаками конденсированного осадконакопления. Склоновые типы разрезов по составу отложений в большей степени тяготеют к депрессионным, хотя и имеют признаки несколько менее глубоководных обстановок седиментации. Представлена и описана модель осадконакопления верхнефаменско-турнейских отложений в пределах рассматриваемой территории. Бортовые зоны Сарайлинского прогиба являются весьма перспективными нефтепоисковыми объектами, разрезы склонового и депрессионного типов могут рассматриваться в качестве потенциально перспективных объектов для разработки сланцевых углеводородов при применении соответствующих технологий. Результаты работы могут быть использованы при седиментологических исследованиях других элементов Камско-Кинельских системы прогибов, в том числе при прогнозах потенциально перспективных для освоения площадей.

**Ключевые слова:** Сарайлинский прогиб, фаменско-турнейские отложения, типы разрезов, модель седиментации

**Для цитирования:** Кольчугин А.Н., Сафаров А.Ф., Валидов М.Ф., Калимуллин А.М., Ганиев Б.Г., Лутфуллин А.А., Шуматбаев К.Д., Хабипов Р.М., Хайдарова А.И., Королев Э.А., Хаюзкин А.С. (2025). Модель формирования позднефаменско-турнейских отложений в пределах осевой и бортовой зон Сарайлинского прогиба (Республика Татарстан). *Георесурсы*, 27(1), с. 208–220. <https://doi.org/10.18599/grs.2025.1.24>

### Введение

Волго-Уральская нефтегазоносная провинция уже более 75 лет является одним из основных регионов добычи углеводородов в России. За длительный период эксплуатации большая часть локализованных здесь нефтяных месторождений вступила в позднюю стадию освоения (Хисамов и др., 2010; Катаев и др., 2015). До недавнего

времени перспективные площади для поискового бурения были ограничены областями крупных тектонических поднятий первого порядка (Южно-Татарский свод, Северо-Татарский свод, Башкирский свод, Пермский свод и др.). Однако обнаружение нефтяных месторождений в пределах обрамляющих своды прогибах Камско-Кинельской системы (ККСП) заставило пересмотреть концепцию поисковых работ (Валеева и др., 2015; Катаев и др., 2015). В последние годы различным аспектам строения ККСП посвящено довольно большое число работ, что подтверждает повышенный интерес исследователей к таким зонам (Завьялова и др., 2023; Валеева и др., 2015; Фортунатова и др., 2018, 2023а).

\* Ответственный автор: Антон Николаевич Кольчугин  
e-mail: [Anton.Kolchugin@kpfu.ru](mailto:Anton.Kolchugin@kpfu.ru)

© 2025 Коллектив авторов

Статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией Creative Commons Attribution (CC BY) License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Объектом настоящего исследования являлись отложения верхнедевонско-нижнекаменноугольного возраста Сарайлинского прогиба. Сам прогиб представляет собой узкую, вытянутую в северо-восточном направлении впадину, разделяющую Южно-Татарский (ЮТС) и Северо-Татарский своды (СТС) (Войтович, Гатиятуллин, 2003), и является элементом ККСП, поэтому в его строении прослеживаются основные черты большинства разрезов, вскрывших осевые зоны таких впадин. Кроме того, известно, что осевая зона Сарайлинского прогиба представляет собой область накопления депрессионных типов отложений с высокой долей в них сингенетичного органического вещества (ОВ), что позволяет их рассматривать в качестве нефтематеринских толщ (Косачев и др., 2017), потенциал которых также следует внимательно изучать. С другой стороны, бортовые зоны прогибов нередко характеризуются появлением на них положительных структурных форм с весьма высокими фильтрационно-ёмкостными свойствами (ФЕС) пород, что позволяет рассматривать такие области в качестве нефтеперспективных (Войтович, Гатиятуллин, 2003; Валеева и др., 2015). Здесь важно сделать терминологическое отступление. Под бортовым типом разрезов понимается так называемый «Саитовский тип» по А.К.Шельновой (Шельнова и др., 1966), представляющий собой узкую и, вероятно, довольно извилистую полосу между сводовым и склоновым типами разрезов. Такие разрезы сложены отложениями, образованными на границе перехода мелководных в относительно более глубоководные обстановки осадконакопления, то есть, на границе Южно-Татарского палеосвода и Сарайлинского прогиба.

В ходе работ авторским коллективом изучен керновый материал ряда скважин, расположенных в осевой зоне Сарайлинского прогиба, обрамляющих его склонах и бортах (рис. 1). В ходе макроскопического изучения керна установлено, что разрезы осевой, склоновой и бортовой зоны прогиба отличаются. Это выражается в различии литологического состава слагающих разрезы пород и толщин разновозрастных интервалов. Помимо каменного материала авторским коллективом был проанализирован значительный объем фоновой геологической информации, находящейся на хранении в ПАО «Татнефть», привлечены данные геофизических исследований, результаты интерпретации 2D и 3D сейсморазведки.

Необходимо добавить, что к анализу карты-схемы А.К. Шельновой (рис. 1) необходимо подходить с определенными допущениями, так как она не учитывает данные полученные за последние почти 60 лет. Выделенные области распространения типов разрезов довольно условные, а вынесенные точки положения типов разрезов, на основе исследований керна, могут не совпадать с расположением предлагаемых зон по А.К. Шельновой. В этой связи, в перспективе представленную карту-схему необходимо будет актуализировать, на основе анализа уже имеющихся и новых данных по исследованиям Нижнекамского прогиба и его отдельных элементов.

Целью настоящей работы стало построение модели формирования верхнефаменско-нижнетурнейских отложений в осевой, склоновой и бортовой зонах Сарайлинского прогиба на основании обобщения полученных авторским коллективом геолого-геофизических данных. Построенная модель позволит сформировать

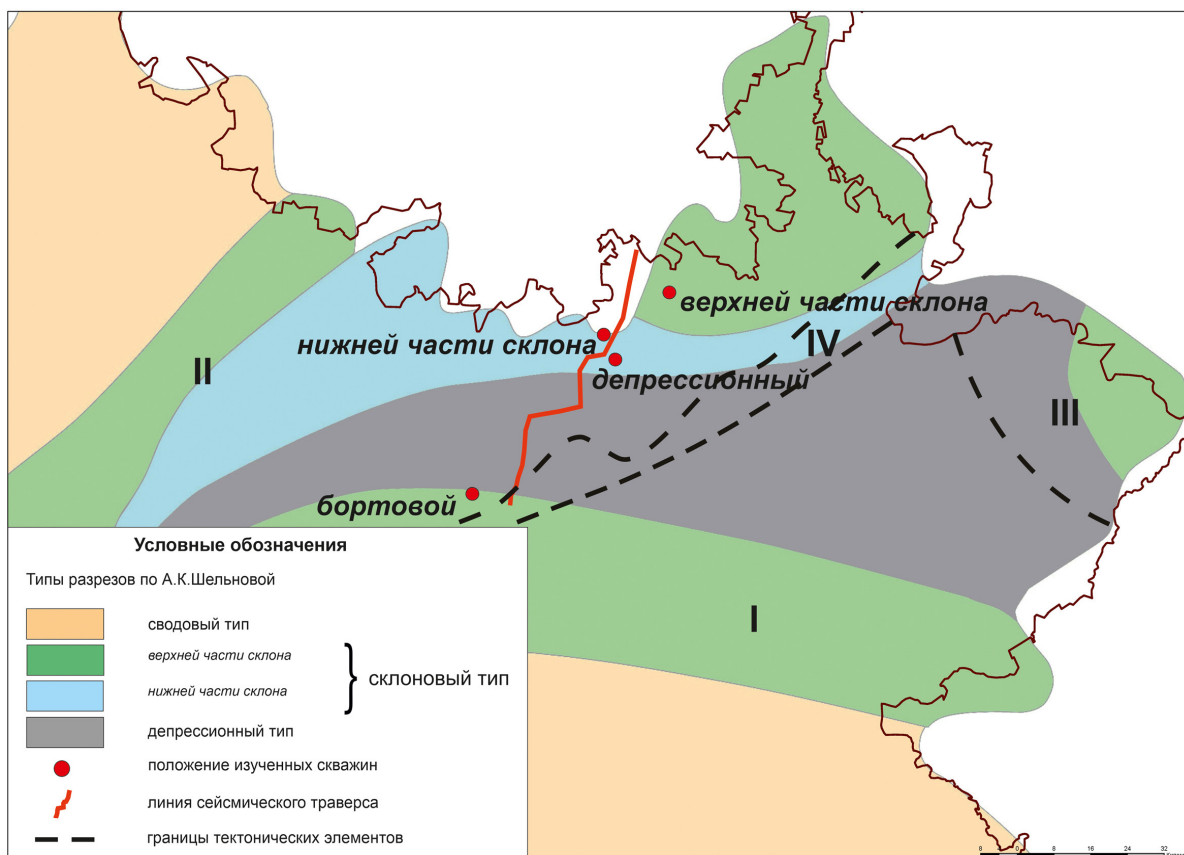


Рис. 1. Карта-схема А.К. Шельновой (Шельнова и др., 1966) с незначительными дополнениями авторов и положением изученных скважин: I – ЮТС, II – СТС, III – Бирская седловина, IV – Сарайлинский прогиб

представление об основных особенностях седиментации в позднедевонско-раннекаменноугольное время на изучаемой площади и обозначить основные черты геологического строения различных сегментов Сарайлинского прогиба. В дальнейшем предложенная модель может быть транслирована и на соседние площади со схожим геологическим строением (Нижекамский и Актаныш-Чишминский прогибы и др. элементы) для выявления закономерностей изменчивости отложений от сводов к прогибам и оценки перспектив поиска новых объектов на этих площадях.

### Методы и методические подходы

Как отмечалось ранее, работы по изучению отложений Сарайлинского прогиба были довольно разноплановыми, в связи с чем сложилось два основных направления исследований: литолого-геохимическое и геолого-геофизическое. По обоим направлениям работа осуществлялась параллельно.

#### Литолого-геохимические исследования

Данный вид работ заключался в подробном изучении кернового материала верхнедевонско-турнейских отложений как бортовой, так и осевой зон Сарайлинского прогиба. В большинстве своем, изученный керн характеризовался высокой степенью выноса материала, с процентом выноса не менее 90%. Описание керна производилось послойно с высокой степенью детализации, особенно для конденсированных разрезов осевой зоны прогиба, так как для него часто характерно тонкое переслаивание литологических типов отложений. После макроописания отбирались представительные образцы для проведения специальных лабораторных исследований. Основным лабораторным методом в рамках настоящего исследования был оптико-микроскопический анализ пород, с целью уточнения деталей литологического строения разрезов. Данные других аналитических исследований (минерального и геохимического состава пород, состава ОВ) несомненно учитывались при работе с разрезами, однако в рамках данной публикации специально не освещались.

#### Геолого-геофизические исследования

Геолого-геофизические исследования выполнялись на основе комплексного подхода, включающего сбор и анализ фондовых отчетных материалов, интерпретацию данных геофизических исследований скважин и данных сейсморазведки. Основное внимание уделено переинтерпретации данных (МОГТ) 2D и 3D, что позволило детализировать геологическое строение исследуемой площади. Сейсморазведочные работы МОГТ 2D выполнены силами 14 сейсмических партий ООО «ТНГ-Групп», обеспечивая более полное покрытие территорий Бондюжского, Первомайского и Комаровского лицензионных участков (ЛУ), а трёхмерные сейсморазведочные исследования (МОГТ 3D) были сосредоточены на Елабужском месторождении, где ожидалось получение наиболее детализированной информации о структурных особенностях рассматриваемых отложений.

Для переинтерпретации сейсмических и скважинных данных, выполненных сотрудниками Института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть», использовалось

специализированное программное обеспечение Petrel компании Schlumberger, которое позволило интегрировать различные источники данных в едином проекте. В рамках проекта были загружены сейсмические профили, данные по скважинам, включая координаты, инклинометрические измерения, абсолютные отметки, кривые каротажа в формате LAS и данные вертикального сейсмического профилирования (ВСП). Особое внимание было уделено стратификации отражающих границ (ОГ), которая была выполнена на основе данных ВСП, проведенных в скважинах, расположенных в пределах различных структурных зон Нижекамского некомпенсированного прогиба ККСП. Это позволило выделить основные отражающие горизонты в интервале визейского терригенного и турнейского карбонатно-терригенного комплексов. Ключевыми отражающими границами, прослеженными на данном участке, являлись:

- кровля тульского горизонта нижнего карбона (C1tl, ОГ У),
- кровля турнейского яруса нижнего карбона (C1t, ОГ С0),
- кровля заволжского надгоризонта верхнего девона (D3zv, ОГ С).

Важной частью проведенного исследования стала оценка степени достоверности интерпретации, включающая анализ качества сейсмических данных, разрешающей способности используемых методов и ошибки, связанные с неоднозначностью стратификации границ в различных структурных зонах. Для минимизации данных ошибок применялись различные подходы к увязке данных ВСП и сейсморазведки, что позволило повысить достоверность построенных моделей.

На рисунке 2 представлено временное сечение по сейсмическому траверсу, проходящему через южный и северный борты Нижекамского прогиба. Так как Сарайлинский прогиб является одним из его элементов, использование данного траверса применительно к изучаемым объектам вполне оправдано. Временной разрез с палеовывравниванием на кровлю нижележащих отложений более контрастно демонстрирует изменение толщин и особенности осадконакопления перекрывающих комплексов.

### Результаты

Предварительный анализ фондовых материалов, а также анализ имеющегося на хранении керна позволил выделить ряд скважин, наиболее полно характеризующих положение разрезов депрессионного, бортового и переходного между ними – склонового типов, согласно предложенной схеме разделения типов разрезов А.К. Шельновой и соавторов (Шельнова и др., 1966). В рамках активно проводящихся на сегодняшний день работ по доизучению района Сарайлинского прогиба и переинтерпретации имеющегося геолого-геофизического материала схема будет детализирована. Проведенная в последние годы работа по анализу геолого-геофизических данных скважин из различных участков Сарайлинского прогиба позволила построить сейсмический профиль вкрест его простираения.

Интерпретация данных геофизических исследований скважин позволила выявить общие закономерности смены типов отложений на выбранном профиле и установить различные типы разрезов: бортовой тип, склоновый тип

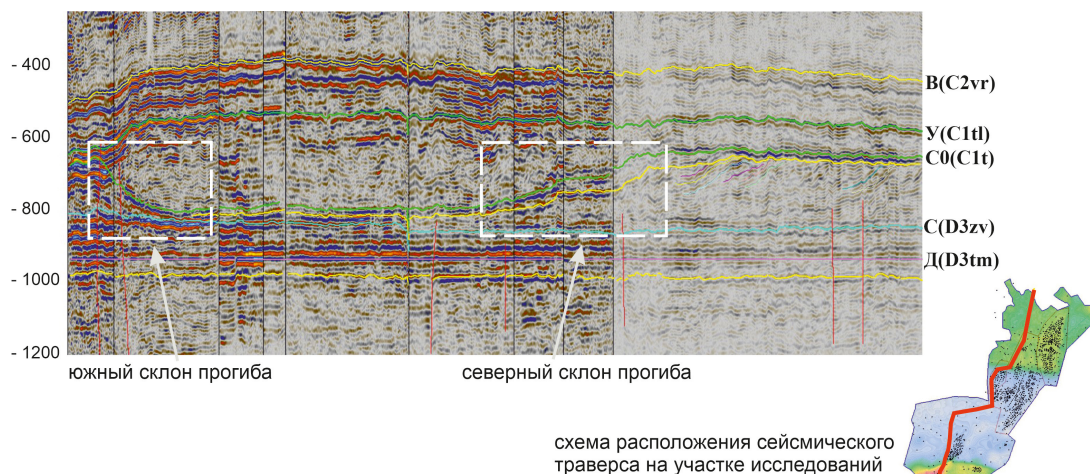


Рис. 2. Сейсмический траверс с палеопреобразованием на кровлю отложений тиманского горизонта, проходящий через южный и северный борта Нижнекамского прогиба ККСР

верхней и нижней частей склона прогиба, депрессионный тип осевой зоны прогиба.

**Основные особенности строения изученных разрезов**

Изучение керна, анализ данных ГИС, а также данных сейсмического профилирования показали, что мощности разновозрастных (турнейских) отложений значительно снижаются по направлению от бортовой зоны к осевой зоне прогиба, примерно вдвое (от 45 до 25 м). Карбонатные отложения, развитые в бортовых зонах прогиба, начинают быстро выклиниваться на склонах и фактически исчезают в депрессионном типе разреза, в то время как мощности высокоуглеродистых пород увеличиваются в обратном направлении – от склона к осевой зоне. На основании анализа керна, для каждого из перечисленных типов разреза в составе верхнедевонско-нижнетурнейских отложений были построены литологические колонки, отражающие особенности литологического строения разрезов. Отсутствие керна для некоторых изученных участков профиля позволяло опираться лишь на данные ГИС, в связи с чем построенные литологические разрезы не являются в полной мере достоверными. Примером такого построения является разрез нижней части склона Сарайлинского прогиба.

Депрессионный тип разреза развит в осевой части прогиба и маркирует наиболее глубоководные обстановки бассейна седиментации. Мощности разрезов такого типа наименьшие в сравнении с другими изученными, что подтверждает с одной стороны малую скорость накопления материала в таких условиях, с другой конденсированный характер осадконакопления. Подробное описание керна позволило выявить определенную закономерность литологической изменчивости пород снизу-вверх по разрезу. Так, в нижней части разреза в составе верхнедевонских отложений наблюдается преобладание карбонатных пород. В нижней части турнейского яруса общая тенденция преобладания карбонатных пород сохраняется, в средней части турнейского яруса карбонатные породы сменяются карбонатно-кремнистыми (рис. 3), которые, в свою очередь, сменяются на преимущественно терригенные в верхней части разреза турнейского яруса,

где представлены тонкослоистыми аргиллитами (рис. 4). Таким образом, в составе отложений, слагающих депрессионный тип разреза, выделяются несколько литотипов: известняки, аргиллиты, кремнистые породы и их смешанные разновидности. Все выделенные литотипы в различной степени обогащены сингенетичным ОВ. Подробно геохимические аспекты состава и особенностей ОВ разбираться не будут, стоит лишь отметить, что содержание ОВ по данным пиролитических исследований может достигать в отдельных интервалах 17–18%, что позволяет относить такие породы к нефтематеринским и считать их аналогами нижележащих пород доманиковского горизонта.

Принципиальное строение депрессионного типа разреза осевой зоны и распределение литологических типов в его составе показано на рисунке 5.



Рис. 3. Переслаивание различных литологических типов отложений в средней части разреза депрессионного типа, гл. 1475,7 м. Фотографии шлифов соответствующих литотипов выполнены в поляризованном свете.



Рис. 4. Типичные тонкослоистые аргиллиты верхней терригенной части депрессионного типа разреза, пл. 1452, 1 м

Склоновый тип (верхней части разреза) развит в верхней части северного склона Сарайлинского прогиба, являющегося более пологим по морфологии по сравнению с крутым южным склоном (рис. 2). Набор литологических типов отложений схож с таковыми в депрессионном типе разреза. Отличительной особенностью литологического наполнения склонового типа разреза является присутствие заметно большего количества интервалов, представленных известняками, а также в целом меньший объем отложений, насыщенных ОВ. Общие закономерности изменчивости пород по разрезу схожи с разрезами депрессионного типа. В нижней части разреза (верхи фаменского и низы турнейского яруса) отмечается преобладание карбонатных пород, представленных известняками, в средней части (средняя часть турнейского яруса) начинают преобладать смешанные породы глинисто-карбонатно-кремнистого состава, в верхней (верхняя часть турнейского яруса) – глинистые породы. Как и в разрезах депрессионного типа, в разрезе верхней части склона наблюдается присутствие сингенетичного рассеянного ОВ,

в среднем составляющего 2,9% в отдельных интервалах достигающего 14%. Важно отметить, что суммарная мощность карбонатно-кремнистых пород, насыщенных ОВ (аналог доманикитов девона), формирующих несколько интервалов в средней части разреза, в совокупности меньше таковой же в депрессионном типе. Часто, на границе литологических типов кремнистых пород и известняков, насыщенных ОВ, наблюдаются прожилки «гармошки», которые, согласно данным Р.В. Мирнова и соавторов (Мирнов и др., 2024), являются результатом раннедиагенетического уплотнения пород, в связи с разной скоростью литификации различных по компонентному составу осадков (рис. 6). Состав таких прожилков кальцитовый, реже кальцитово-кремнистый.

Принципиальная схема строения типового разреза верхней склоновой части Сарайлинского прогиба показана на рисунке 7А.

Склоновый тип (нижней части разреза) развит в нижней части северного борта Сарайлинского прогиба. Отсутствие кернового материала из таких областей позволяет работать лишь с данными ГИС, а представления о строении таких разрезов могут быть сформированы лишь с определенной степенью достоверности. Однако анализ кривых ГИС, данных сейсмического 2D и 3D сеймопрофилирования показывает, что разрез нижней части склона прогиба скорее является промежуточным по строению между депрессионным и разрезом верхней части склона, что в целом отражает общую закономерность изменчивости пород в пределах Сарайлинского прогиба. Чередование литологических типов по разрезу схоже, доля интервалов с известняками выше, чем в депрессионных разрезах, и ниже, чем в разрезах верхней части склона. Такая же закономерность, по-видимому, характерна и для распределения рассеянного сингенетичного ОВ. Сводный разрез нижней части склона, построенный

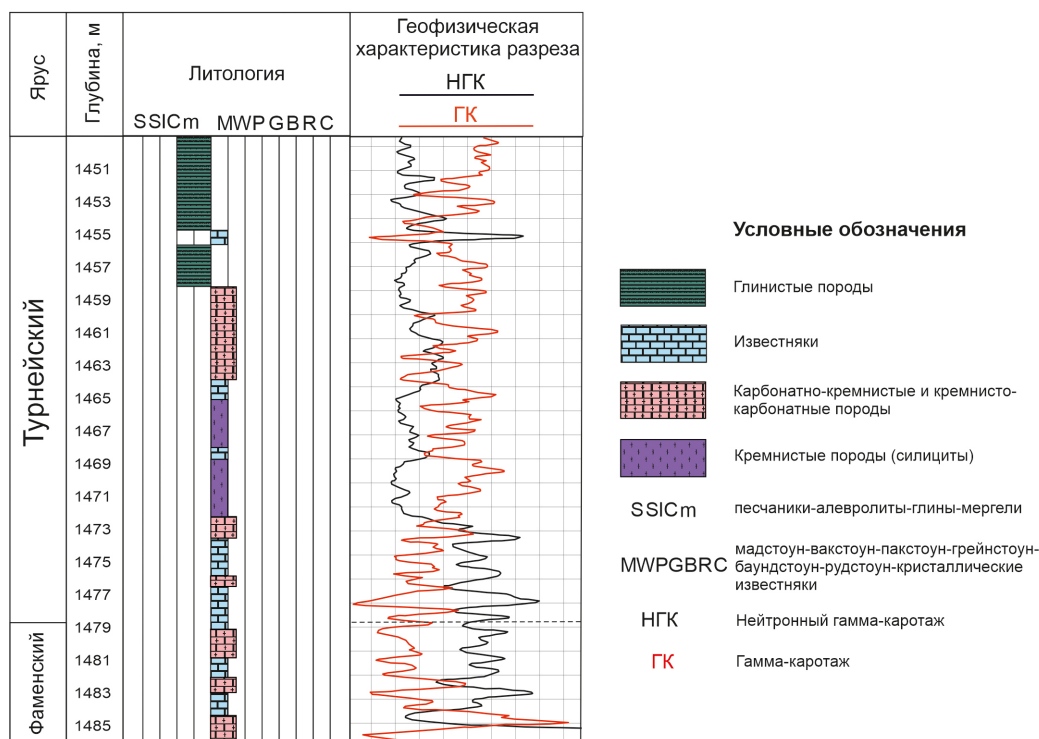


Рис. 5. Сводный разрез депрессионного типа осевой зоны Сарайлинского прогиба

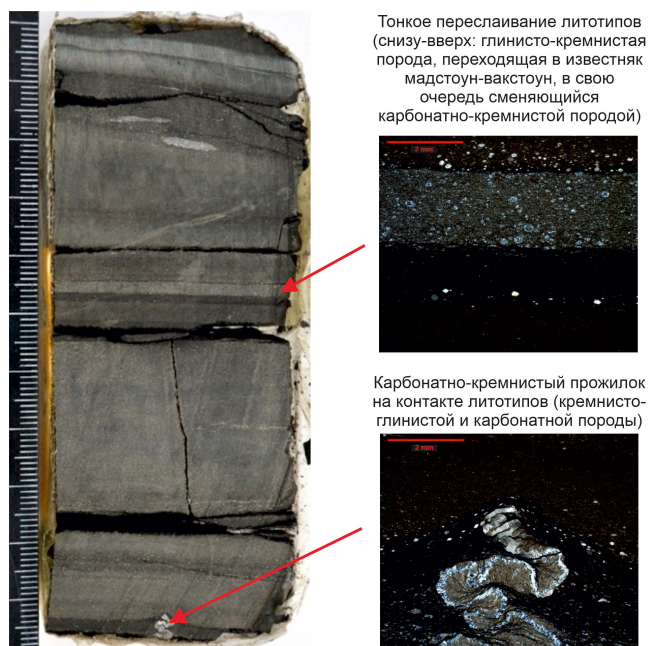


Рис. 6. Типичное ритмичное переслаивание литотипов в средней части разреза склонового типа, гл. 1383,2 м

на основе обобщения и интерпретации данных ГИС скважин этой области, представлен на рисунке 7Б.

**Бортовой тип разреза.** Для разрезов бортовой зоны прогиба характерно принципиально иное строение. Прежде всего, это проявляется в литологическом составе пород и увеличенной мощности разновозрастных отложений по сравнению с разрезами депрессионного и склоновых типов. Так, мощность турнейских отложений в бортовой зоне составляет 36–45 м, тогда как в разрезах самого прогиба варьирует в интервале 20–25 м. Литологическое изучение керна скважин бортовой зоны, расположенной на южной окраине Сарайлинского прогиба, показало, что в строении нижнетурнейских отложений принимают участие исключительно карбонатные породы: известняки и вторичные доломиты. Нижняя часть разреза представлена серыми, в различной степени нефтенасыщенными пористыми известняками. По данным оптико-микроскопического изучения известняки представляют собой хорошо отсортированные пористые биокластовые грейнстоуны с многочисленными следами перемыва осадков под влиянием волновой и штормовой деятельности (рис. 8А). Верхняя часть разреза сложена довольно мощной многометровой пачкой серых, пористых

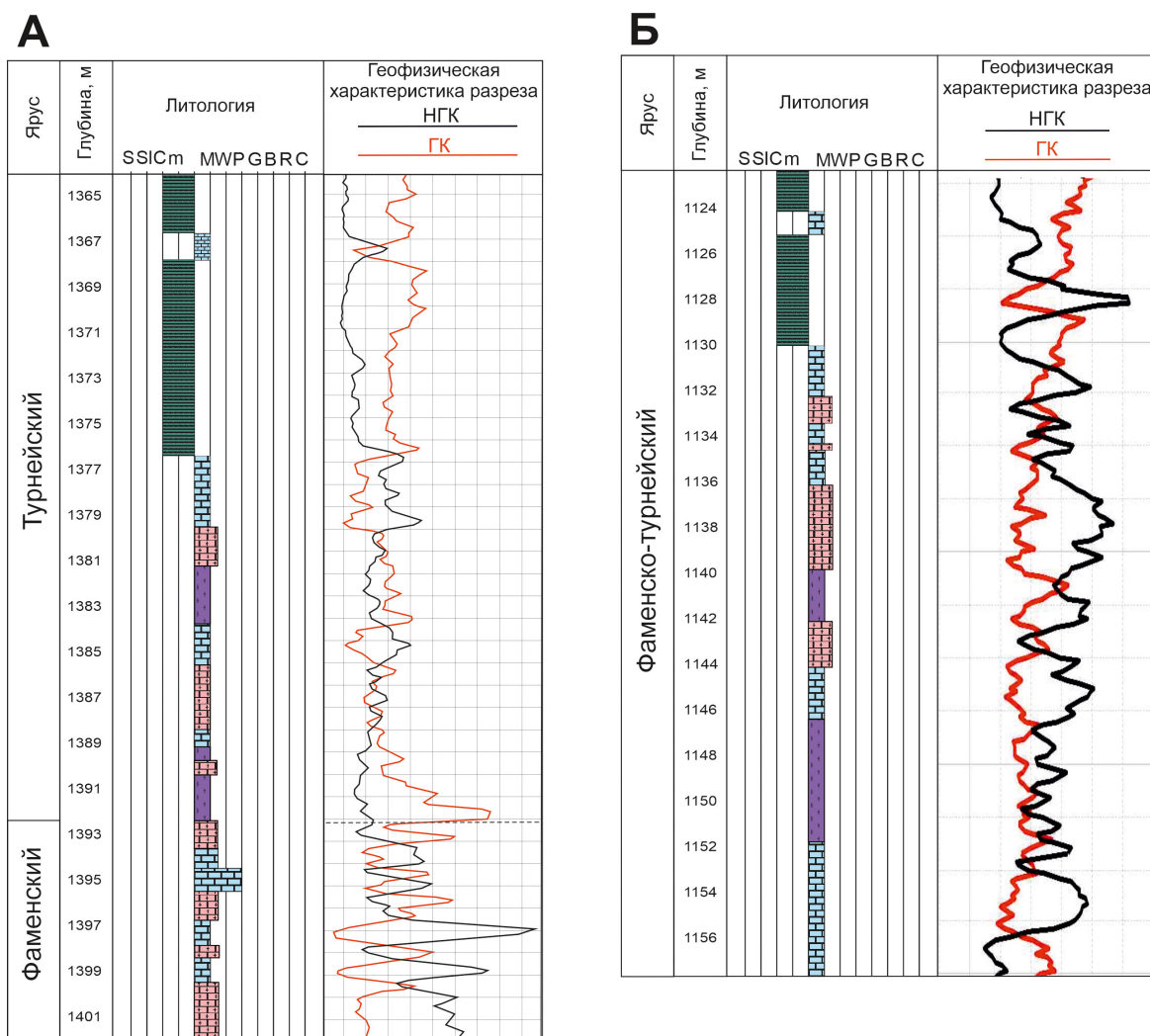


Рис. 7. Сводные типы разрезов северного склона Сарайлинского прогиба: А – верхней части склона, Б – нижней части склона. Условные обозначения см. на рис. 5.

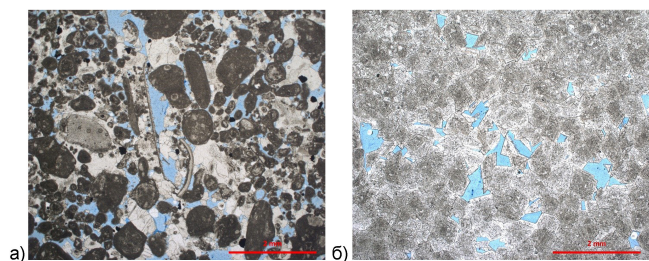


Рис. 8. Фото шлифов пород нижнетурнейских отложений разреза бортовой зоны в проходящем свете: А – известняк, биокластовый грейнстоун, гл. 1271,6 м; Б – вторичный доломит, гл. 1260,8 м

доломитов (рис. 8Б). По данным оптико-микроскопического изучения доломиты мелкозернистые, пористые, хорошо окристаллизованные, часто с седловидными по облику зернами, с признаками явно вторичного происхождения.

На основе обобщения полученных геолого-геофизических данных построен типовой разрез нижнетурнейских отложений бортовой зоны Сарайлинского прогиба (рис. 9).

*Определение границы между девонскими и каменноугольными отложениями*

Одной из сложных методических задач для изученных отложений является определение стратиграфической границы в разрезах между верхнедевонскими и нижнекаменноугольными отложениями. Оказалось,

что для разрезов, расположенных на склоне в осевой зоне прогиба, привычная разбивка стратиграфических подразделений по геофизическим данным невозможна, в силу крайне высокой схожести пограничных отложений, их нетипичного облика в этих зонах и присутствия признаков конденсированного осадконакопления. Литологически граница между девонскими и каменноугольными отложениями также не выявляется. Для решения поставленной задачи был привлечен биостратиграфический метод, основанный на сменяемости видового разнообразия конодонтов. Подробно об определении границ разрезов депрессионного и склонового типов сказано в работе Г.М. Сунгатуллиной с соавторами (Сунгатуллина и др., 2025), в том числе и для вышеописанных разрезов. Для разрезов бортовой зоны, сложенных карбонатными породами, существует аналогичная проблема установления стратиграфической границы, так как известняки, слагающие верхнефаменские отложения, практически не отличаются по облику и составу от нижнетурнейских. Здесь также применяется биостратиграфический метод, основанный на смене видового разнообразия фораминифер (Геология Татарстана, 2003).

**Обсуждение**

Изучение вышеперечисленных типов разрезов позволило сформировать некоторые представления об особенностях формирования верхнефаменско-нижнетурнейских отложений в пределах Сарайлинского прогиба и его

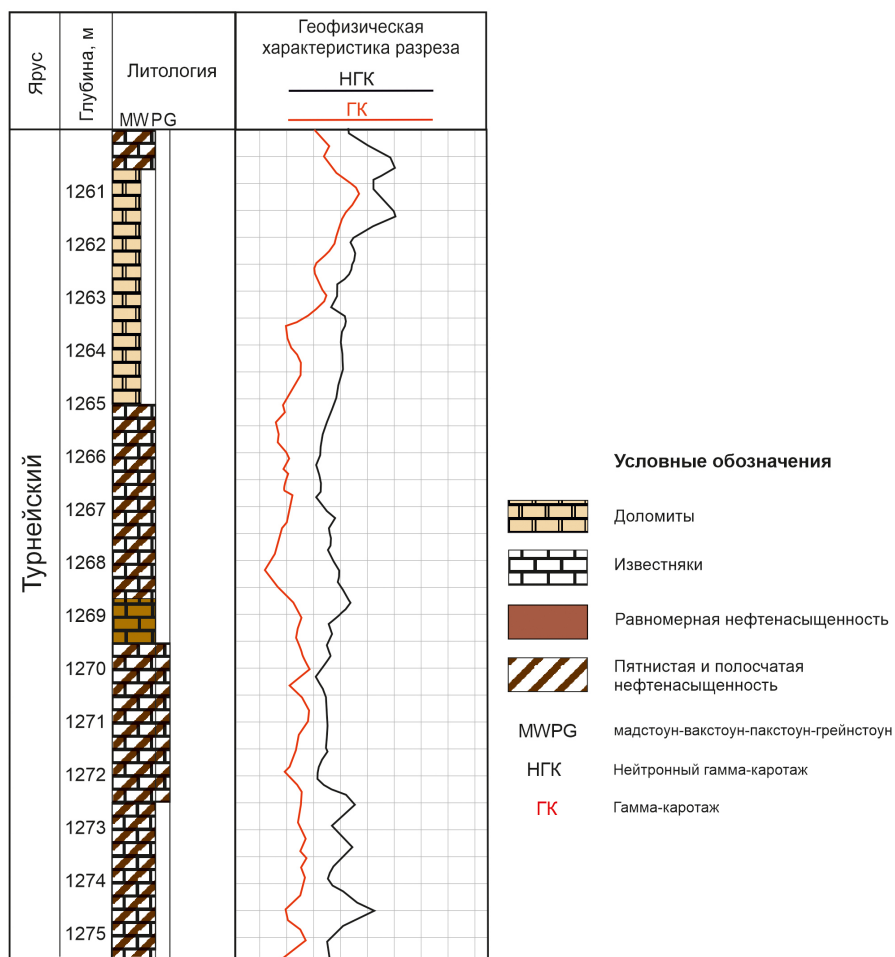


Рис. 9. Сводный бортовой тип разреза, расположенный на южном борту Сарайлинского прогиба

бортов. Как уже отмечалось, профиль Сарайлинского прогиба, являющегося частью Нижнекамского прогиба, входящего в свою очередь в систему ККСП, асимметричный (рис. 2). Северный борт является относительно полого наклонным, южный – резко крутым. Это в значительной мере предопределило распределение типов формирующихся осадков в профиле прогиба и закономерности литологической смены отложений.

*Осевая область Сарайлинского прогиба* характеризовалась крайне низкими скоростями седиментации, что не позволило оформиться в той или иной степени хорошо выдержанным по мощности литологически однородным слоям, поэтому в разрезе наблюдается частое переслаивание перечисленных литотипов. Цвет слагающих разрезы пород преимущественно черный, за счет присутствия в них сингенетичного ОВ. Седиментация в таком типе разреза осуществлялась крайне медленно, слоев за слойком, на что указывают горизонтально тонко-слоистые текстуры пород, и проследить общие закономерности смены условий осадконакопления в таких разрезах довольно сложно. Однако в общей последовательности напластования пород, как отмечалось в предыдущем разделе, прослеживается постепенная смена обстановок седиментации: от преимущественно карбонатной в позднем фамене и раннем турне до карбонатно-кремнистой в среднетурнейское время и практически полностью терригенной к концу турнейского века. Строго говоря, привычные для сводовых типов разрезов по А.К. Шельфовой горизонты турнейского яруса (малевско-упинский, черепацкий и кизеловский) в депрессионных разрезах выявить не удастся, иногда выделяются свиты, объединяющие в себе названные горизонты (Фортунатова и др., 2023b), однако для этого необходимо проведение специальных биостратиграфических исследований. Смена обстановок седиментации от карбонатной до карбонатно-кремнистой и далее терригенной в осевых зонах внутришельфовых впадин, к которому относится и Сарайлинский прогиб, вызвана общими закономерностями развития всего платформенного бассейна в позднем девоне и раннем карбоне. Гляциоэвстатические вариации уровня мирового океана оказывали определенное влияние на фациальные обстановки образования карбонатных осадков, формировавшихся в позднефаменско-раннетурнейское время (Caruto et al., 1985; Wallace et al., 2014; Yao et al., 2020), особенно на относительно приподнятых мелководных участках. Вероятно, эти же процессы отразились и на облике формирующихся отложений во внутришельфовых впадинах, когда в условиях трансгрессии океана с максимумом на границе раннетурнейского и позднеурнейского времени (Рыжова, Котельникова, 1972) карбонатная седиментация сменилась карбонатно-кремнистой с синхронным накоплением сингенетичного ОВ, а в условиях последующей регрессии бассейна карбонатно-кремнистый состав накапливающихся отложений сменился терригенным.

*Склоновая часть Сарайлинского прогиба.* Асимметрия Сарайлинского прогиба, где северная часть склона является заметно более пологой, по сравнению с южной, сыграла определенную роль в распределении типов отложений. Керновый материал, как указывалось ранее, был изучен лишь из верхней части северного склона прогиба, по другим его частям авторский коллектив мог полагаться

лишь на данные, полученные по материалам ГИС. Так, по мере уменьшения глубин бассейна, от осевых зон к склоновым отмечается увеличение доли карбонатного материала, формирующего самостоятельные прослои известняков. Однако в общей закономерности сменяемости отложений разрезы склонового типа схожи с депрессионными. По данным оптико-микроскопического изучения установлено, что относительно более мелководные типы известняков, представленные преимущественно водорослево-детритовыми вакстоунами и пелоидно-криноидными пакстоунами (рис. 10А), нижней части разреза (верхи фаменских и низы турнейских отложений) постепенно сменяются более глубоководными типами известняков и карбонатно-кремнистыми породами в средней части разреза. Здесь уже преобладают мадстоуны, в меньшей степени вакстоуны с редкими включениями кальцисфер и кремнистых скелетов радиолярий (рис. 10Б). В шельфовой части турнейского бассейна это время, вероятно, соответствует границе нижнетурнейского и верхнетурнейского времени – пика трансгрессивного этапа в турнейском веке (Рыжова, Котельникова, 1972). После трансгрессивного цикла наблюдается постепенная регрессия бассейна, и карбонатная и карбонатно-кремнистая седиментация сменяется терригенной. В разрезах начинают преобладать аргиллиты, при этом доля сингенетичного ОВ в породах остается довольно высокой.

Таким образом, в разрезах хорошо видна общность обстановок седиментации как для разрезов осевой, так и склоновой части Сарайлинского прогиба. Прежде всего, это видно по схожей закономерности сменяемости типов отложений. Различия заключаются лишь в большей мощности разновозрастных отложений и большей доли карбонатного материала в составе разрезов склонового типа.

*Бортовая зона Сарайлинского прогиба* фактически является окраиной мелководного шельфа и расположена на границе шельфа и внутришельфовой впадины, которой выступает Сарайлинский прогиб. Принципиально иная обстановка осадконакопления, представляющая собой приподнятое мелководье карбонатного шельфа, позволила образоваться в этой области потенциально перспективным типам отложений с высокими первичными ФЭС. Анализ кернового материала показал, что такие разрезы сложены известняками – биокластовыми грейнстоунами и пелоидными пакстоун-грейнстоунами. Это позволяет предположить, что такие области представляли собой узкие приподнятые отмели или серии отмелей с глубинами

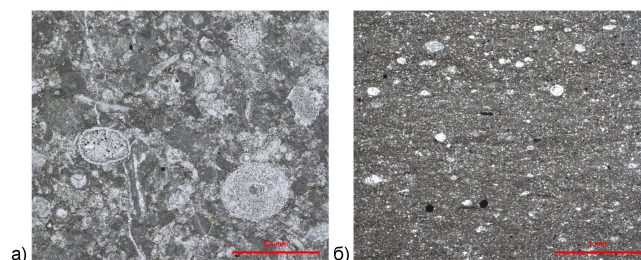


Рис. 10. Фото шлифов верхнедевонских и нижнетурнейских известняков из разреза верхней части северного склона Сарайлинского прогиба в проходящем свете: А – известняк пакстоун пелоидно-криноидный, гл. 1395,7 м; Б – известняк мадстоун-вакстоун, с фрагментами кальцисфер и кальцитизированных радиолярий, гл. 1382,8 м

моря, не превышающими первых метров. Формирование таких мелководных террас на границе шельфа и прогиба, по мнению авторов, связано со структурным фактором и приподнятым положением этих зон относительно обширного открытого шельфа, расположенного южнее. Такое приподнятое положение объясняется присутствием биогермоподобных структур, расположенных в нижележащих отложениях франского и частично фаменского ярусов (Войтович и др., 2003). Комплексы верхнефаменских и нижнетурнейских отложений, расположенные выше, часто рассматриваются как покровы облекания таких тел и нивелируют относительно расчленённую морфологию дна бассейна не только на бортах прогиба, но и на всей площади мелководного карбонатного шельфа. Высокая степень перебива осадков, наличие мощных интервалов биокластовых грейнстоунов подтверждает крайне мелководные обстановки таких зон и значительное влияние на формирование карбонатных осадков волновой и штормовой деятельности. Области развития таких отложений в составе турнейского яруса могут быть перспективными в качестве объектов поиска коллекторов с заведомо высокими ФЕС.

Наличие вторичных доломитов, развитых в верхней части нижнетурнейских отложений, может быть связано с системой нарушений и трещин на границе свода и склона прогиба, так как нередко такие пограничные зоны структур характеризуются повышенной трещиноватостью пород. Опыт изучения турнейских вторичных доломитов на других площадях юго-востока Татарстана позволяет сделать такое предположение (Kolchugin et al., 2020).

#### *Модель седиментации верхнедевонско-нижнетурнейских отложений в пределах южного сегмента Сарайлинского прогиба*

В позднедевонско-раннекаменноугольное время на территории современной Волго-Уральской нефтегазодной провинции существовал обширный тепловодный мелководный морской бассейн (Kolchugin et al., 2014; Хисамов и др., 2010; Геология Татарстана, 1999), открытый в сторону уральского палеоокеана. На большей части современного юго-востока Татарстана глубины бассейна не превышали 20–30 метров (Kolchugin et al., 2014) за исключением внутришельфовых вытянутых относительно глубоководных впадин, представленных ранее упомянутыми зонами ККСП, глубины бассейна в которых могли достигать 100 и более метров (Горожанина и др., 2019). Турнейский век в значительной степени унаследовал условия осадконакопления позднедевонского времени (Хисамов и др., 2010), и они в огромной мере определялись колебаниями уровня моря бассейна седиментации, которые в свою очередь подчинялись глобальным гляцио-эвстатическим колебаниям мирового океана в раннем карбоне (Bishop et al., 2009), когда значительные объёмы льда на полярных шапках в условиях оттаивания и замерзания регулировали объём водных масс в мировом океане. Такие условия седиментации как для отложений верхнего девона, так и нижнего карбона проявлялись в периодической смене фациального облика формирующихся карбонатных осадков. В период поднятия уровня моря в шельфовых обстановках седиментации образовывались несколько более глубоководные и/или тиховодные типы карбонатных

осадков, представленные преимущественно вакстоунами и переходными типами вакстоун-пакстоун, в периоды понижения уровня моря формировались мелководные разности известняков, представленные пелоидными пакстоунами и биокластовыми грейнстоунами. Названные закономерности вариаций уровня моря влияли и на облик формирующихся осадков во внутришельфовых впадинах, так как основные события, связанные с трансгрессивно-регрессивными циклами, угадываются и в последовательности смены отложений в пределах более глубоководных частей прогиба (его склонов и осевой зоны).

Особые условия седиментации достигались на границе мелководного шельфа и внутришельфовой впадины, примером которой и являлся Сарайлинский прогиб как один из элементов ККСП (рис. 11А).

Как отмечалось ранее, бортовая зона представляла собой наиболее приподнятую и мелководную область шельфа. Такое приподнятое положение дна седиментации обеспечивало накопление хорошо отсортированных типов карбонатных отложений с заведомо высокими ФЕС (рис. 11Б).

Отсутствие каменного материала с южного крутого склона Сарайлинского прогиба позволяет лишь предположить, что по мере продвижения в сторону прогиба обстановки приподнятого мелководья резко сменялись склоновыми типами обстановок с преобладанием на борту детритовых, шламовых и брекчированных известняков – результата сноса карбонатного материала вследствие абразионных процессов на приподнятом мелководье. В отличие от северного склона, на южном склоне прогиба не следует ожидать столь последовательного перехода обстановок седиментации от крайне мелководных к депрессионным. Здесь обстановки должны меняться стремительно, а появление насыщенных ОВ типов отложений следует ожидать лишь ближе к самому подножию склона.

Обобщая сказанное, следует отметить, что представленная модель седиментации справедлива не только для области Сарайлинского прогиба и примыкающего к нему карбонатного шельфа, но с определенными допущениями может быть применима и на других площадях со схожим геологическим строением, к каковым можно отнести Нижнекамский, Актаныш-Чишминский прогибы и другие элементы ККСП.

## **Выводы**

Проведенный комплекс исследований позволил сформулировать ряд выводов, имеющих как теоретическое, так и практическое значение.

Изучение верхнедевонско-нижнетурнейских отложений бортовой, склоновой и осевой зоны Сарайлинского прогиба показало, что по наполнению разрезы различаются. Так, бортовой тип разреза представлен преимущественно хорошо отсортированными высокопористыми карбонатными отложениями, образованными в высокоэнергетических обстановках мелководного шельфа. Разрезы склоновой части и осевой зоны прогиба напротив представлены плотными смешанными по составу глинисто-карбонатно-кремнистыми отложениями доманикового типа, с высокими концентрациями сингенетичного ОВ и маркируют обстановки заглубленного шельфа с признаками конденсированного осадконакопления.

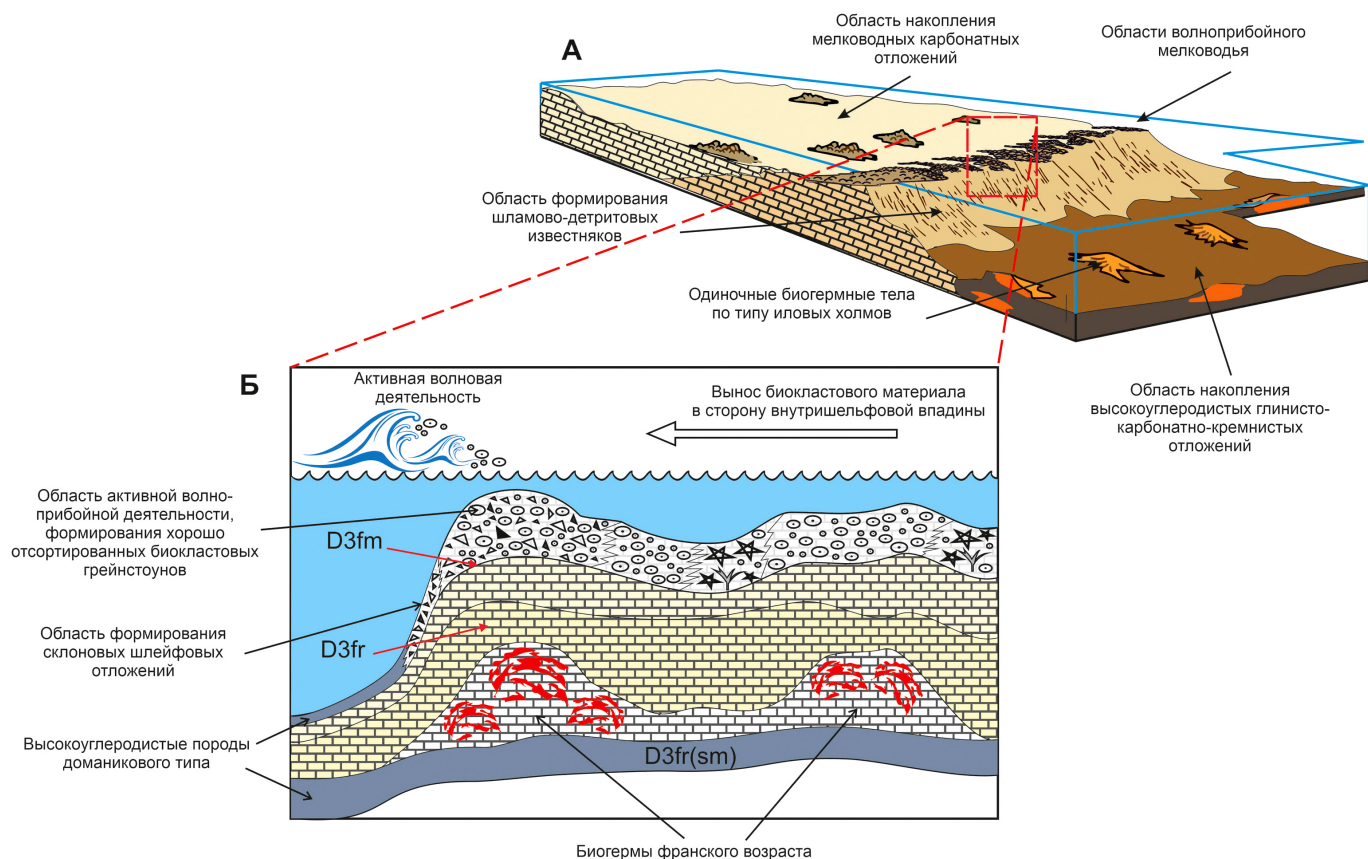


Рис. 11. Предполагаемая модель-схема формирования отложений на границе ЮТС – южный склон Сарайлинского прогиба: А – модель-схема перехода карбонатного шельфа в прогиб, Б – модель-схема осадконакопления в пределах переходной зоны (борт-прогиб)

Бортовые зоны Сарайлинского прогиба могут являться областями с высокими перспективами нахождения в них залежей нефти, прежде всего по причине высоких значений ФЕС пород, слагающих такие разрезы, в то время как разрезы склонового и депрессионного типов могут рассматриваться в качестве потенциально перспективных объектов для разработки сланцевых углеводородов при применении соответствующих технологий.

Полученные результаты могут быть использованы при седиментологических исследованиях других элементов Камско-Кинельской системы прогибов, в том числе при прогнозах потенциально перспективных для освоения площадей как в бортовых и склоновых частях впадин, так и в их осевых зонах.

## Литература

Валева И.Ф., Анисимов Г.А., Анисимова Л.З. (2015). Геологические аспекты нефтегазоносности верхнедевонских и нижнекаменноугольных отложений Акатныш-Чишминского прогиба ККС. *Георесурсы*, 3(62), с. 37–42. <https://doi.org/10.18599/grs.62.3.19>

Войтович Е.Д., Гатиятуллин Н.С. (2003). Тектоника Татарстана. Казань: Изд-во КГУ, 132 с.

Горожанина Е.Н., Горожанин В.М., Заграновская Д.Е., Захарова О.А. (2019). О строении Камско-Кинельской системы прогибов. *Известия вузов. Геология и разведка*, 3, с. 9–20.

Завьялова А.П., Карпушин М.Ю., Ступакова А.В., Калмыков Г.А., Чулакина В.В., Коробова Н.И., Борисова М.С., Радченко К.А. (2023). Строение, условия формирования и нефтегазоносность отложений доманиковой высокоуглеродистой формации центральной и юго-восточной частей Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна. *Георесурсы*, 25(2), с. 123–139. <https://doi.org/10.18599/grs.2023.2.9>

Катаев О.И., Ларочкина И.А., Рейтхонов К.С. (2015). Актуальные вопросы поисков новых месторождений нефти в Волго-Уральской провинции. *Нефтяное хозяйство*, 1, с. 33–37.

Косачев И.П., Каюкова Г.П., Косачева Э.М. (2017). Углеводородный состав нефтей и битумоидов дизъюнктивных пород Сарайлинского прогиба Татарского свода. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, 3(12), с. 1–11.

Миринов Р.В., Митин А.А., Чаньшева Л.Н. (2024). Дифференциальное уплотнение карбонатных и кремнисто-карбонатных осадков: полевые наблюдения. Гетерогенность в осадочных системах. *Материалы 14 Уральского литологического совещания (научной конференции)*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, с. 127–128.

Муслимов Р.Х., Васянин Г.И. и др. (1999). Геология турнейского яруса Татарстана. Казань: Мониторинг, 186 с.

Рыжова А.А., Котельникова Э.Д. (1972). Литология и палеогеография карбона центральных и восточных районов Русской платформы. Литология и палеогеография палеозойских отложений Русской платформы. М.: Наука, с. 129–140.

Сунгагуллина Г.М., Силантьев В.В., Мифтахутдинова Д.Н., Сафаров А.Ф., Валидов М.Ф., Ганиев Б.Г., Шуматбаев К.Д., Хабипов Р.М. (2025). Первые данные по изучению конодонтов на границе девона и карбона в депрессионных отложениях Камско-Кинельской системы прогибов Восточно-Европейской платформы (Волго-Уральская нефтегазоносная провинция, Сарайлинская впадина). *Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки*, 167(1), с. 130–153.

Фортунатова Н.К., Бушуева М.А., Канев А.С., Белоусов Г.А., Баранова А.В., Холмянская Н.Ю. (2023а). Закономерности строения и перспективы нефтегазоносности верхнедевон-турнейских карбонатных и глинисто-карбонатных комплексов прибрежных зон Камско-Кинельской системы прогибов. *Геология нефти и газа*, 3, с. 59–81.

Фортунатова Н.К., Зайцева Е.Л., Бушуева М.А. и др. (2023б). Стратиграфия нижнего карбона Волго-Уральского субрегиона (материалы к актуализации стратиграфической схемы). Под ред. Н.К. Фортунатовой. М.: ВНИГНИ, 288 с.

Фортунагова Н.К., Зайцева Е.Л., Кононова Л.И., Баранова А.В., Бушуева М.А., Михеева А.И., Афанасьева М.С., Обуховская Т.Г. (2018). Литолого-фациальная и биостратиграфическая характеристика верхнедевонских отложений опорной скважины I Мелекесская (Мелекесская впадина, Волго-Уральская область). *Бюл. моск. о-ва испытателей природы. отд. геол.*, 93(5–6), с. 3–49.

Хисамов Р.С., Губайдуллин А.А., Базаревская В.Г., Юдинцев Е.А. (2010). Геология карбонатных сложно построенных коллекторов девона и карбона Татарстана. Под ред. Р.С. Хисамова. Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 283 с.

Шельнова А.К., Желтова А.Н., Белодурова Е.А. (1966). Типы разрезов нижнего карбона, развитые на территории Татарской АССР. *ДАН СССР*, 171(2).

Bishop J.W., Montañez I.P., Gulbranson E.L., Brenckle P.L. (2009). The onset of mid-Carboniferous glacio-eustasy: Sedimentologic and diagenetic constraints, Arrow Canyon, Nevada. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 276(1–4), pp. 217–243. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.02.019>

Caputo M.V., Crowell J.C. (1985). Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic Era. *GSA Bulletin*, 96(8), pp. 1020–1036. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1985\)96<1020:MOGCAG>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1985)96<1020:MOGCAG>2.0.CO;2)

Kolchugin A., Immenhauser A., Morozov V., Walter B., Eskin A., Korolev E., Neuser R. (2020). A comparative study of two Mississippian dolostone reservoirs in the Volga-Ural Basin, Russia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 199, 104465. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2020.104465>

Kolchugin A.N., Morozov V.P., Korolev E.A., Eskin A.A. (2014). Carbonate formation of the Lower Carboniferous in central part Volga–Ural basin. *Current science*, 107(12), pp. 2029–2035.

Wallace Z.A., Elrick M. (2014). Early Mississippian Orbital-Scale Glacio-Eustasy Detected from High-Resolution Oxygen Isotopes of Marine Apatite (Conodonts). *Journal of Sedimentary Research*, 84(10), pp. 816–824. <https://doi.org/10.2110/jsr.2014.69>

Yao L., Aretz M., Wignall P.B., Chen J., Vachard D., Qi Y., Shen Sh., Wang X. (2020). The longest delay: Re-emergence of coral reef ecosystems after the Late Devonian extinctions. *Earth-Science Reviews*, 203, 103060. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103060>

## Сведения об авторах

**Антон Николаевич Кольчугин** – кандидат геол. минерал. наук, доцент, заведующий кафедрой минералогии и литологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казанский федеральный университет

Россия, 420111, Казань, Кремлевская, д. 4/5  
e-mail: Anton.Kolchugin@kpfu.ru

**Альберт Феликсович Сафаров** – заместитель начальника отдела, отдел поисковой и разведочной геологии, Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть»

Россия, 423452, Альметьевск, ул. Советская, д. 186 А  
e-mail: safarov@tatnipi.ru

**Марат Фанисович Валидов** – начальник петрофизического отдела, Центр превосходства цифровых технологий в нефтегазовой отрасли, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казанский федеральный университет

Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18  
email: marat.validov@gmail.com

**Алмаз Маратович Калимуллин** – заведующий сектором мониторинга геологических моделей, отдел поисковой и разведочной геологии, Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть»

Россия, 423452, Альметьевск, ул. Советская, д. 186 А  
e-mail: KalimullinAlmazM@tatnipi.ru

**Булат Галиевич Ганиев** – кандидат тех. наук, начальник департамента разработки месторождений структурного подразделения «Татнефть-Добыча», ПАО «Татнефть»

Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, д. 75  
e-mail: ganievb@tatneft.ru

**Азам Абузарович Лутфуллин** – кандидат тех. наук, доцент, заместитель начальника Департамента разработки месторождений, ПАО «Татнефть»

Россия, 423450, Альметьевск, ул. Индустриальная, д. 28/1  
e-mail: LutfullinAA@tatneft.ru

**Кирилл Дмитриевич Шуматбаев** – кандидат геол.-минерал. наук, главный эксперт по петрофизическим исследованиям, Департамент разработки месторождений, ПАО «Татнефть»

Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, д. 75  
e-mail: Shumatbaevkd@tatneft.ru

**Ришат Минехарисович Хабипов** – начальник отдела мониторинга разработки месторождений и недропользования, Департамент разработки месторождений, «Татнефть-Добыча», ПАО «Татнефть»

Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, д. 75  
e-mail: HabipovRM@tatneft.ru

**Альфия Илдусовна Хайдарова** – ведущий инженер, сектор учета и анализа структуры запасов нефти, отдел поисковой и разведочной геологии, Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть»

Россия, 423452, Альметьевск, ул. Советская, д. 186 А

**Эдуард Анатольевич Королев** – кандидат геол. минерал. наук, доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казанский федеральный университет

Россия, 420111, Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5  
e-mail: Edik.Korolev@kpfu.ru

**Алексей Сергеевич Хаюшкин** – научный сотрудник, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казанский федеральный университет

Россия, 420111, Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5  
e-mail: alexeykhaiuzkin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 04.11.2024;  
Принята к публикации 14.03.2025; Опубликована 30.03.2025

## Model of Upper Famennian-Tournaisian Formations within the Axial and Margin Zones of the Saraylinsky Depression (Republic of Tatarstan, Russia)

A.N. Kolchugin<sup>1\*</sup>, A.F. Safarov<sup>2</sup>, M.F. Validov<sup>1</sup>, A.M. Kalimullin<sup>2</sup>, B.G. Ganiev<sup>2</sup>, A.A. Lutfullin<sup>2</sup>, K.D. Shumatbaev<sup>2</sup>, R.M. Khabipov<sup>2</sup>, A.I. Khaidarova<sup>2</sup>, E.A. Korolev<sup>1</sup>, A.S. Khayuzkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

<sup>2</sup>Tatneft PJSC, Almetyevsk, Russian Federation

\*Corresponding author: Anton N. Kolchugin, e-mail: Anton.Kolchugin@kpfu.ru

**Abstract.** The study focused on the Upper Famennian-Tournaisian formations in the southeastern part of Tatarstan, which constitute the stratigraphic sections of various segments of the Saraylinsky depression. The research aimed to develop a sedimentation model for the Upper Devonian-Tournaisian depositional complex within the Saraylinsky depression. Typical stratigraphic sections were constructed for different segments of the depression, and sedimentation patterns were examined for the margin, slope, and depression zones, based on a detailed analysis of core material from several wells. A consistent lithological succession was identified within the depression profile, revealing a rapid decrease in the proportion of carbonate deposits toward the axial zones, accompanied by an increase in mixed clay-carbonate-siliceous rocks with a high content of syngeneic organic matter. In the same direction, the thickness of coeval deposits decreases. The sections of the margin zone were formed in shallow-water carbonate shelf environments, whereas the axial zone sections represent more deepened intrashelf basins with signs of condensed sedimentation. Slope-type sections, in terms of lithological composition, show greater affinity with depression-type sections, although they exhibit characteristics of somewhat shallower sedimentary settings. A sedimentation model for the Upper Famennian-Tournaisian deposits within the Saraylinsky depression has been presented and described. The margin zones of the Saraylinsky depression are considered highly prospective for oil exploration, while the slope and depression-type sections may be regarded as potentially promising targets for shale hydrocarbon development with the application of appropriate technologies. The results of this study can be used in sedimentological research of other elements of the Kamsky-Kinelsky system of depressions, including the prediction of potentially promising areas for development.

**Keywords:** Saraylinsky depression, Famennian-Tournaisian deposits, section types, sedimentation model

**Recommended citation:** Kolchugin A.N., Safarov A.F., Validov M.F., Kalimullin A.M., Ganiev B.G., Lutfullin A.A., Shumatbaev K.D., Khabipov R.M., Khaidarova A.I., Korolev E.A., Khayuzkin A.S. (2025). Model of Upper Famennian-Tournaisian Formations within the Axial and Margin Zones of the Saraylinsky Depression (Republic of Tatarstan, Russia). *Georesursy = Georesources*, 27(1), pp. 208–220. <https://doi.org/10.18599/grs.2025.1.24>

### References

- Bishop J.W., Montañez I.P., Gulbranson E.L., Brenckle P.L. (2009). The onset of mid-Carboniferous glacio-eustasy: Sedimentologic and diagenetic constraints, Arrow Canyon, Nevada. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 276(1–4), pp. 217–243. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.02.019>
- Caputo M.V., Crowell J.C. (1985). Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic Era. *GSA Bulletin*, 96(8), pp. 1020–1036. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1985\)96<1020:MOGACAG>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1985)96<1020:MOGACAG>2.0.CO;2)
- Fortunatova N.K., Bushueva M.A., Kanev A.S., Belousov G.A., Baranova A.V., Kholmyanskaya N.Yu. (2023a). Patterns of structure and oil and gas potential of Upper Devonian-Tournaisian carbonate and clay-carbonate complexes of marginal zones of the Kama-Kinel trough system. *Geologiya nefii i gaza = Oil and Gas Geology*, 3, pp. 59–81. (In Russ.)
- Fortunatova N.K., Zaitseva E.L., Bushueva M.A. et al. (2023b). Lower Carboniferous stratigraphy of the Volga-Ural subregion (materials for updating the stratigraphic scheme). Ed. N.K. Fortunatova. Moscow: VNIGNI, 288 p. (In Russ.)
- Fortunatova N.K., Zaitseva E.L., Kononova L.I., Baranova A.V., Bushueva M.A., Mikheeva A.I., Afanas'eva M.S., Obukhovskaya T.G. (2018). Lithological-facies and biostratigraphic characteristics of the Upper Devonian deposits of reference well 1 Melekesskaya (Melekesskaya depression, Volga-Ural region). *Byul. mosk. o-va ispytatelei prirody. otd. geol.*, 93(5–6), pp. 3–49. (In Russ.)
- Gorozhanina E.N., Gorozhanin V.M., Zagranovskaya D.E., Zakharova O.A. (2019). On the structure of the Kama-Kinel trough system. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*, 3, pp. 9–20. (In Russ.)
- Kataev O.I., Larochkina I.A., Reityukhov K.S. (2015). Actual issues of prospecting for new oil fields in the Volga-Ural province. *Nefiyanoe khozyaistvo = Oil Industry*, 1, pp. 33–37. (In Russ.)
- Khisamov R.S., Gubaidullin A.A., Bazarevskaya V.G., Yuditsev E.A. (2010). Geology of carbonate complex Devonian and Carboniferous reservoirs of Tatarstan. Ed. R.S. Khisamov. Kazan: Fen, 283 p. (In Russ.)
- Kolchugin A., Immenhauser A., Morozov V., Walter B., Eskin A., Korolev E., Neuser R. (2020). A comparative study of two Mississippian dolostone reservoirs in the Volga-Ural Basin, Russia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 199, 104465. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2020.104465>
- Kolchugin A.N., Morozov V.P., Korolev E.A., Eskin A.A. (2014). Carbonate formation of the Lower Carboniferous in central part Volga-Ural basin. *Current science*, 107(12), pp. 2029–2035.
- Kosachev I.P., Kayukova G.P., Kosacheva E.M. (2017). Hydrocarbon composition of oils and bitumen of disjunctive rocks of the Saraylinsky trough of the Tatar arch. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika = Oil and Gas Geology. Theory and Practice*, 3(12), pp. 1–11. (In Russ.)
- Mirnov R.V., Mitin A.A., Chanysheva L.N. (2024). Differential compaction of carbonate and siliceous-carbonate sediments: field observations. Heterogeneity in sedimentary systems. Proc. 14th Ural lithological meeting (scientific conference). Ekaterinburg: IGG UrO RAN, pp. 127–128. (In Russ.)
- Muslimov R.Kh., Vasyasin G.I. et al. (1999). Geology of the Tournaisian Stage of Tatarstan. Kazan: Monitoring, 186 p. (In Russ.)
- Ryzhova A.A., Kotel'nikova E.D. (1972). Lithology and paleogeography of the Carboniferous of the central and eastern regions of the Russian Platform. *Lithology and paleogeography of the Paleozoic deposits of the Russian Platform*. Moscow: Nauka, pp. 129–140. (In Russ.)

Shel'nova A.K., Zheltova A.N., Belodurova E.A. (1966). Types of Lower Carboniferous sections developed on the territory of the Tatar ASSR. *DAN SSSR*, 171(2). (In Russ.)

Sungatullina G.M., Silant'ev V.V., Miftakhutdinova D.N., Safarov A.F., Validov M.F., Ganiev B.G., Shumatbaev K.D., Khabipov R.M. (2025). First data on the study of conodonts at the Devonian-Carboniferous boundary in depression deposits of the Kama-Kinel trough system of the East European Platform (Volga-Ural oil and gas province, Sarailinskaya depression). *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki*, 167(1), pp. 130–153. (In Russ.)

Valeeva I.F., Anisimov G.A., Anisimova L.Z. (2015). Geological aspects of the oil and gas potential of the Upper Devonian and Lower Carboniferous deposits of the Akatnysh-Chishminsky trough of the KKS. *Georesursy = Georesources*, 3(62), p. 37–42. <https://doi.org/10.18599/grs.62.3.19>

Voitovich E.D., Gatiyatullin N.S. (2003). Tectonics of Tatarstan. Kazan: KSU, 132 p. (In Russ.)

Wallace Z.A., Elrick M. (2014). Early Mississippian Orbital-Scale Glacio-Eustasy Detected from High-Resolution Oxygen Isotopes of Marine Apatite (Conodonts). *Journal of Sedimentary Research*, 84(10), pp. 816–824. <https://doi.org/10.2110/jsr.2014.69>

Yao L., Aretz M., Wignall P.B., Chen J., Vachard D., Qi Y., Shen Sh., Wang X. (2020). The longest delay: Re-emergence of coral reef ecosystems after the Late Devonian extinctions. *Earth-Science Reviews*, 203, 103060. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103060>

Zavyalova A.P., Karpushin M.Yu., Stoupakova A.V., Kalmykov A.G., Chupakhina V.V., Korobova N.I., Borisova M.S., Radchenko K.A. (2023). Structure, formation conditions, oil and gas potential of Domanicoid high-carbon formation in the Central and South-Eastern Parts of the Volga-Ural basin. *Georesursy = Georesources*, 25(2), pp. 123–139. (In Russ.) <https://doi.org/10.18599/grs.2023.2.9>

#### About the Authors

*Anton N. Kolchugin* – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Head of the Department of Mineralogy and Lithology, Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan Federal University

4/5 Kremlevskaya st., Kazan, 420111, Russian Federation  
e-mail: Anton.Kolchugin@kpfu.ru

*Albert F. Safarov* – Deputy Head of Department, Department of Prospecting and Exploration Geology, TatNIPIneft Institute, Tatneft PJSC

186 A Sovetskaya st., Almetyevsk, 423452, Russian Federation  
e-mail: safarov@tatnipi.ru

*Marat F. Validov* – Head of Petrophysical Department, Centre of Excellence for Digital Technologies in Oil and Gas, Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan Federal University

18 Kremlevskaya st., Kazan, 420008, Russian Federation  
e-mail: marat.validov@gmail.com

*Almaz M. Kalimullin* – Head of Geological Models Monitoring Sector, Prospecting and Exploration Geology Department, TatNIPIneft Institute, Tatneft PJSC

186 A Sovetskaya St., Almetyevsk, 423452, Russian Federation  
e-mail: KalimullinAlmazM@tatnipi.ru

*Bulat G. Ganiev* – Cand. Sci. (Engineering), Head of the Field Development Department, Tatneft-Dobycha, Tatneft PJSC

75 Lenina st., Almetyevsk, 423450, Russian Federation  
e-mail: ganievb@tatneft.ru

*Azat A. Lutfullin* – Cand. Sci. (Engineering), Deputy Head of the Department of Field Development, Tatneft PJSC

75 Lenin st., Almetyevsk, 423450, Russian Federation

*Kirill D. Shumatbayev* – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Deputy Head of Field Development Department, Tatneft-Dobycha, Tatneft PJSC

75 Lenin st., Almetyevsk, 423462, Russian Federation  
e-mail: Shumatbaevkd@tatneft.ru

*Rishat M. Khabipov* – Head of Field Development Monitoring and Subsoil Use Division, Field Development Department, Tatneft-Dobycha, Tatneft PJSC

75 Lenina st., Almetyevsk, 423450, Russian Federation  
e-mail: HabipovRM@tatneft.ru

*Alfiya I. Khaidarova* – Leading Engineer, Oil Reserves Accounting and Structure Analysis Sector, Prospecting and Exploration Geology Department, TatNIPIneft Institute, Tatneft PJSC

186 A Sovetskaya st., Almetyevsk, 423452, Russian Federation

*Eduard A. Korolev* – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Department of General Geology and Hydrogeology, Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan Federal University

4/5 Kremlevskaya st., Kazan, 420111, Russian Federation  
e-mail: Edik.Korolev@kpfu.ru

*Aleksey S. Khayuzkin* – Researcher, Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan Federal University

4/5 Kremlevskaya st., Kazan, 420111, Russian Federation  
e-mail: alexeykhayuzkin@mail.ru

*Manuscript received 4 November 2024;*

*Accepted 14 March 2025;*

*Published 30 March 2025*

© 2025 The Authors. This article is published in open access under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)