

# Катагенетическая эволюция нефтегазоматеринских толщ зоны сочленения Предуральского прогиба и Передовых складок Урала

Бондарева Л.И.

Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН), Москва, Россия  
liana\_bondareva@ipng.ru

## Аннотация

В статье приведены результаты моделирования углеводородных систем зоны сочленения южной части Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости с целью анализа катагенетической эволюции нефтегазоматеринских толщ, выделения очагов нефтегазогенерации и перспектив нефтегазоносности.

## Материалы и методы

Основой для проведенного исследования послужила геолого-геофизическая база данных, в состав которой вошли сейсмогеологические профильные разрезы различных авторов интерпретации, структурные карты, литолого-фациальные карты, схемы мощностей отложений, геохимические параметры  $T_{max}$  и  $R_o$  по скважинным данным, результаты 1D бассейнового моделирования, схемы распространения тепловых потоков.

В программном обеспечении (ПО) Petromod компании Schlumberger были построены бассейновые модели, на основании которых были построены схемы эволюции катагенетических зон, выделены очаги нефтегазогенерации и оценены перспективы нефтегазоносности.

## Ключевые слова

Предуральский прогиб, складки, надвиги, катагенез, бассейновое моделирование

## Для цитирования

Бондарева Л.И. Катагенетическая эволюция нефтегазоматеринских толщ зоны сочленения Предуральского прогиба и Передовых складок Урала // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 5. С. 12–16. DOI: 10.24412/2076-6785-2024-5-12-16

Поступила в редакцию: 11.07.2024

GEOLOGY

UDC 553.98 | Original Paper

## Catagenetic evolution of oil and gas source rock in the zone Pre-Ural depression and the Front folds of the Urals

Bondareva L.I.

Oil and Gas Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
liana\_bondareva@ipng.ru

## Abstract

The article presents the results of modeling the hydrocarbon systems of the junction zone of the southern part of the Pre-Ural depression and the Western Ural external fold zone with the aim of analyzing the catagenetic evolution of oil and gas source rocks, identifying sources of oil and gas generation and oil and gas potential prospects.

## Materials and methods

The basis for the study was a geological and geophysical database, which included seismic geological profile sections of various interpretation authors, structural maps, lithologic-facies maps, sediment thickness diagrams, geochemical parameters  $T_{max}$  and  $R_o$  from well data, 1D basin modeling results, distribution diagrams heat flows. Basin models were built in Petromod software from

Schlumberger, on the basis of which schemes for the evolution of catagenetic zones were constructed, oil and gas generation centers were identified, and oil and gas potential prospects were assessed.

## Keywords

Pre-Ural depression, folds, thrusts, catagenesis, basin modeling

## For citation

Bondareva L.I. Catagenetic evolution of oil and gas source rock in the zone Pre-Ural depression and the Front folds of the Urals. Exposition Oil Gas, 2024, issue 5, P. 12–16. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2024-5-12-16

Received: 11.07.2024

## Введение

Объектом исследования является зона сочленения юга Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости, которая входит в состав Уральской складчатой системы и характеризу-

ется сложным геологическим строением. Изучаемая территория включает в себя следующие тектонические элементы: Урало-Илекская депрессия, Мраковская депрессия, Шихано-Ишимбайская седловина и Бельская депрессия. В нефтегазогеологическом

отношении входит в состав Южно-Предуральской нефтегазоносной области (НГО) Предуральской нефтегазоносной субпровинции [4].

Территория обладает высоким нефтегазовым потенциалом. Для выявления новых скоплений углеводородов (УВ) необходимо

детально изучить геологическое строение, структурные формы, провести моделирование с помощью современных компьютерных технологий и новых скважинных данных.

Бассейновое моделирование позволяет реконструировать процессы нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции (генерация, миграция, аккумуляция, сохранение, разрушение и перераспределение УВ) в геологическом времени. Этапы создания модели включают в себя создание структурного каркаса, введение литолого-фациальных, геохимических, граничных, скважинных данных и калибровку.

В основу исследований вошел структурный каркас структурно-кинематических моделей по разрезам №310506-07 (интерпретация

И.П. Офмана), №510507-08 (интерпретация Л.А. Пятаевой), №26252001-02 ШП (интерпретация В.В. Дроздова) [3, 6, 8–13]. Для бассейнового моделирования территории, осложненной надвигами, палинспатические разрезы были загружены в ПО Petromod и, по описанной автором методике [1], разделены на блоки между надвиговыми системами, далее рассчитаны как отдельные модели с перетоками флюидов между блоками. Также была использована геолого-геофизическая база данных, созданная автором в ПО QGIS, куда вошли материалы геохимических исследований (300 образцов пород палеозойского возраста) методом Rock-Eval 6 [14, 16], а также фондовые и опубликованные материалы [2, 5, 7, 14–20].

#### Углеводородные системы

Генерационно-аккумуляционные углеводородные системы (ГАУС) — совокупность всех элементов и процессов, а также генетически связанных с ними проявлений и скоплений УВ, сформированных в очаге активных нефтематеринских толщ [21].

В пределах изучаемой территории выделяются 5 генерационно-аккумуляционных углеводородных систем (ГАУС) [14, 15], в состав которых входят лландоверийские (прогнозируемые) [14, 16], эйфельские, доминиковые, визейские и нижнепермские нефтегазоматеринские толщи (НГМТ), породы-коллекторы, а также породы-флюидоупоры. Для каждого НГМТ были заданы геохимические параметры — Сор<sub>г</sub> (органический углерод)

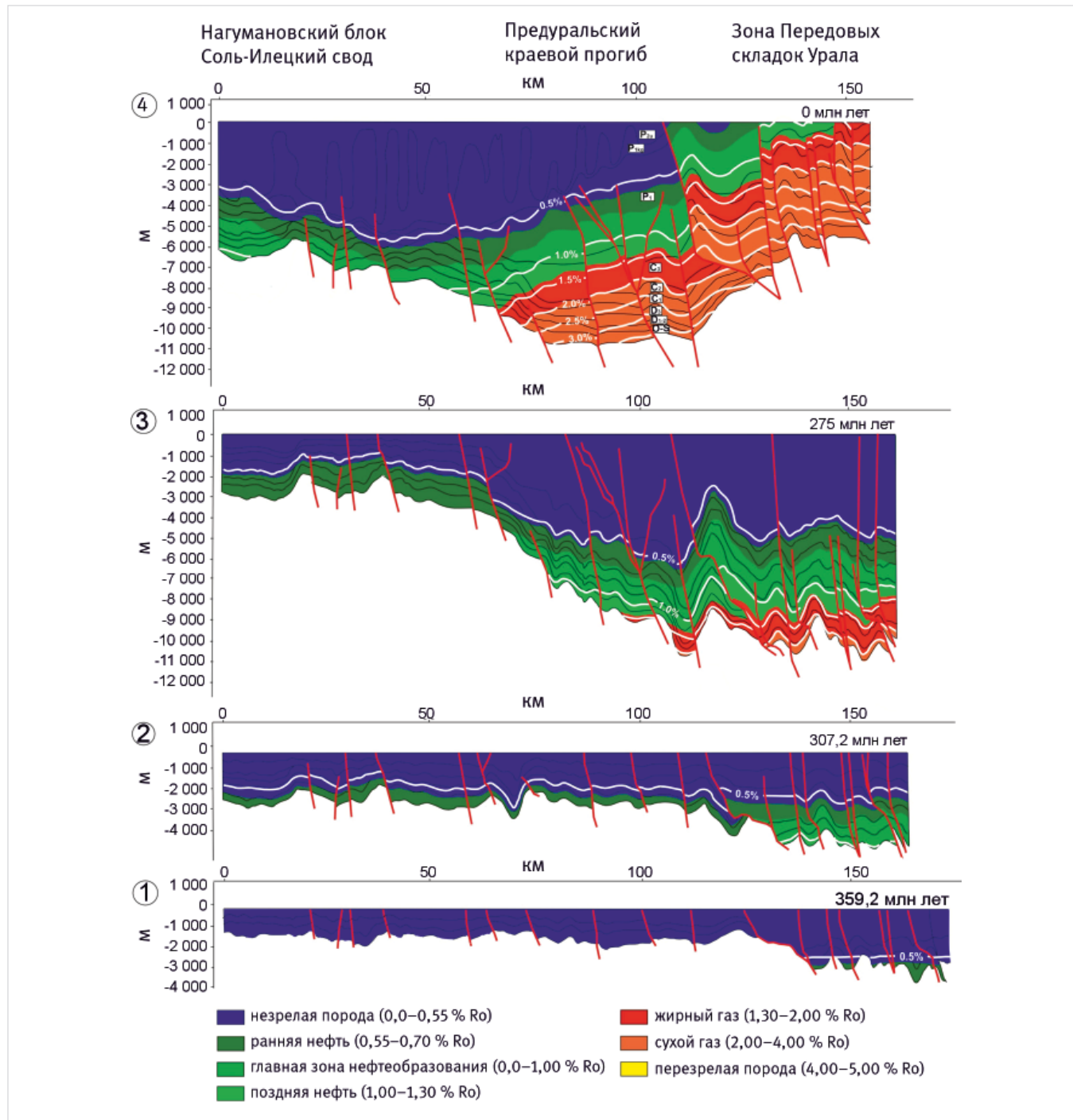


Рис. 1. Эволюция катагенетических зон НГМТ по разрезу №26252001-02 ШП: 1 — к концу девонского периода, 2 — к концу среднекаменноугольной эпохи, 3 — к концу артинского века пермского периода, 4 — к настоящему времени

Fig. 1. Evolution of catagenetic zones of source rocks along section №26252001-02 ShP: 1 — by the end of the Devonian period, 2 — by the end of the Middle Carboniferous era, 3 — by the end of the Artinskian century of the Permian period, 4 — to the present time

и HI (водородный индекс), а для пород-коллекторов и флюидоупоров — Кпор (коэффициент пористости), Кп (коэффициент проницаемости), кривая уплотнения в свойствах Litology (литологии).

#### Катагенетическая преобразованность ОВ

Основным фактором преобразования ОВ является термобарический.

На основе палинспатических реконструкций и собранной базы данных были построены 2D бассейновые модели, а также построены схемы катагенетической зональности для каждой НГМТ (рис. 1–2).

Бассейновое моделирование показало, что в зону генерации «ранних» нефтей лландоверийские и эйфельские НГМТ вошли к концу девонского периода, доманиковые — к концу ранней эпохи каменноугольного периода, визейские — к концу поздней эпохи каменноугольного периода, нижнепермские — к концу пермского периода. Очаги генерации распространялись преимущественно в пределах южной части зоны сочленения Урало-Илекской депрессии и Передовых складок Урала, также в северной части изучаемой территории.

В каменноугольный период увеличивалась площадь генерации жидких УВ.

В зону генерации «нефтяного окна» лландоверийские, эйфельские и доманиковые НГМТ вошли к концу среднекаменноугольной эпохи, визейские — к концу пермского периода. Очаги генерации распространялись преимущественно в пределах юго-восточной части зоны сочленения Урало-Илекской, Мраковской депрессий и Передовых складок Урала, также в Бельской впадине. Данные исследования подтверждают результаты рассчитанных палеотемператур в скв. Уразбаевская 11, а также показателями отражательной способности витринита в скв. Таушская 2, Тейрукская 2 [2].

В пермский период формировались очаги генерации газообразных УВ.

В зону генерации «газовое окно» лландоверийские, эйфельские, доманиковые НГМТ вошли к концу пермского периода, визейские и нижнепермские — после пермского периода. Очаги генерации распространялись преимущественно в зоне сочленения Урало-Илекской впадины и Передовых складок Урала, в южной части зоны сочленения Мраковской депрессии и Передовых складок Урала, а также локально в центральной части Шихано-Ишимбайской седловины и южно-центральной части Бельской впадины. Данные исследования аналогично подтверждаются скважинными данными.

К настоящему времени лландоверийские, эйфельские и доманиковые НГМТ являются перезрелыми в южной части (Урало-Илекская депрессия и Передовые складки Урала), визейские — локально на юго-западе Урало-Илекской депрессии. В пределах лландоверийских НГМТ на большей части генерируются газообразные УВ, в эйфельских, доманиковых и визейских — УВ жидкого фазового состава. Нижнепермские НГМТ вошли в «газовое окно» в юго-западной части Урало-Илекской впадины. На большей части территории нижнепермские НГМТ являются незрелыми.

Данные исследования калибровались (приводились к реальным скважинным данным и замерам) по результатам отражательной способности витринита в скв. Таушская 2, скв. Тейрукская 2, Ишимбайская 308, Хлеборадовская 8, Иштугановская 1 [2],

отражательной способности витринита в карьере г. Кувандык [14, 16], рассчитанных палеотемператур в скв. Уразбаевская 11, замерами пластовых температур в скв. Тавакановская 5, Беркутовская 47 [2], температурами максимального выхода УВ в процессе крекинга керогена (Тmax) в скв. Большеицкая 20, Марьевская 50, Маякская 2, Зыковская 35, Слудногорская 640, Рождественская 230, 232, 234, 236, Крючковская 220, Бурачинская 250, Активная 70, 71, Саракташская 10, Чиликсайская 35, Нагумановская 1, 2, 520, Вершиновская 495, 501, 506, Теректинская 176, Предуральская 105, Староключевская 111, 112, Копанская 111, 170, Новопавловская 400, Кылобинская 161, 162, 180, Аюбинская 171, 172, 173, Корниловская 150, Карасайская 60 [14, 15]; в скв. Бишкаин 20, Архангельская 1, Ишимбайская 1, Маечная [5].

#### Итоги

Таким образом, в зону генерации «нефтяного окна» лландоверийские, эйфельские и доманиковые НГМТ вошли к концу среднекаменноугольной эпохи, визейские — к концу пермского периода, нижнепермские — после пермского периода. В зону генерации «газового окна» лландоверийские, эйфельские, доманиковые НГМТ вошли к концу пермского периода, визейские и нижнепермские — после пермского периода.

По наиболее интенсивным процессам генерации можно выделить основные очаги нефтегазогенерации: первый очаг — «южный», который находится в пределах зоны сочленения Урало-Илекской, Мраковской депрессии и Передовых складок Урала, а также «северный», который включает в себя зону сочленения Шихано-Ишимбайской седловины, Бельской впадины и Передовых складок Урала. Территория является перспективной для поисков новых скоплений УВ. Перспективы связаны с ловушками палеозойского возраста, приуроченными к дизъюнктивным и пликативным дислокациям и распространенными в пределах зоны сочленения Предуральского прогиба и Передовых складок Урала.

#### Выводы

- Была создана геолого-геофизическая база данных.
- Созданы 2D бассейновые модели по сейсмогеологическим профилям, осложненным надвиговыми дислокациями.
- Построены схемы катагенетической зональности для каждой НГМТ.
- Показаны временные интервалы вхождения в «нефтяное» и «газовое» окно для каждой НГМТ.
- Выделены основные очаги нефтегазогенерации.
- Оценены перспективы нефтегазоносности изучаемой территории.

#### Литература

1. Астахов С.М. Геореактор. Алгоритмы нефтегазообразования. Ростов-на-Дону: Контки, 2015. 256 с.
2. Башкова С.Е., Яковлев Ю.А., Капитанова А.С., Башков А.Н. Прогноз геотермических и геохимических условий Мраковской депрессии и прилегающих территорий Шихано-Ишимбайской седловины // Недропользование. 2022. Т. 22. № 1. С. 37–44.
3. Бондарева Л.И., Бондарев А.В., Ермолкин В.И., Ткачева А.А. Геодинамическая эволюция формирования взбросо-надвиговых

поясов Предуралья по результатам структурно-кинематического моделирования // Нефтяное хозяйство. 2021. № 5. С. 15–21.

4. Каламкар Л.В. Нефтегазоносные провинции России и сопредельных стран. Москва: Нефть и газ, 2005. 570 с.
5. Карпушин М.Ю. Строение и перспективы нефтегазоносности доманикоидного комплекса франско-турнейского возраста центральной части Волго-Уральского бассейна. Диссертация. Москва: 2023. 122 с.
6. Керимов В.Ю. Моделирование углеводородных систем и месторождений нефти и газа. М.: Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, 2021. 303 с.
7. Мизенс Г.А. Верхнепалеозойский флиш Западного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 230 с.
8. Минлигалиева Л.И. Прогноз нефтегазоносности южной части Предуральского прогиба и зоны передовых складок Урала на основе геомеханического и бассейнового моделирования // Геология в развивающемся мире. 2018. С. 145–148.
9. Минлигалиева Л.И. Геомеханическое и бассейновое моделирование зоны передовых складок Урала // Актуальные вопросы поисков и разведки месторождений нефти и газа. 2017. С. 153–161.
10. Минлигалиева Л.И., Ермолкин В.И., Осипов А.В., Бондарев А.В., Монакова А.С. Геодинамическая эволюция и условия формирования ловушек углеводородов в зоне сочленения Предуральского краевого прогиба и Передовых складок Урала на основе структурно-кинематического моделирования // Труды РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2019. № 4. С. 43–59.
11. Минлигалиева Л.И., Керимов В.Ю. Условия формирования ловушек и залежей углеводородов в поднадвиговых зонах Предуралья // Недропользование XXI век. 2019. № 4. С. 34–45.
12. Минлигалиева Л.И., Керимов В.Ю., Косьянов В.А., Мустаев Р.Н. Геомеханическое моделирование взбросо-надвиговых поясов южной части Предуралья // EAGE. Геомодель 2019. 5 с.
13. Минлигалиева Л.И., Монакова А.С. Результаты проведенных палеорекострукций по сейсмическим профилям в южной части Предуральского прогиба // Генезис, миграция и формирование месторождений углеводородного сырья в контексте их поиска, разведки и разработки. 2018. С. 82–86.
14. Монакова А.С. Условия формирования, размещения и перспективы поисков скоплений углеводородов в палеозойском комплексе юга Предуральского прогиба и зоны Передовых складок юго-западного Урала. Диссертация. Москва: 2019. 161 с.
15. Осипов А.В. Прогноз нефтегазоносности южной части Предуральского прогиба (Бельская впадина) на основе анализа геохронотермобарических условий нефтегазоаккумуляции и бассейнового моделирования. Диссертация. Москва: 2013. 118 с.
16. Осипов А.В., Бондарев А.В., Мустаев Р.Н.,



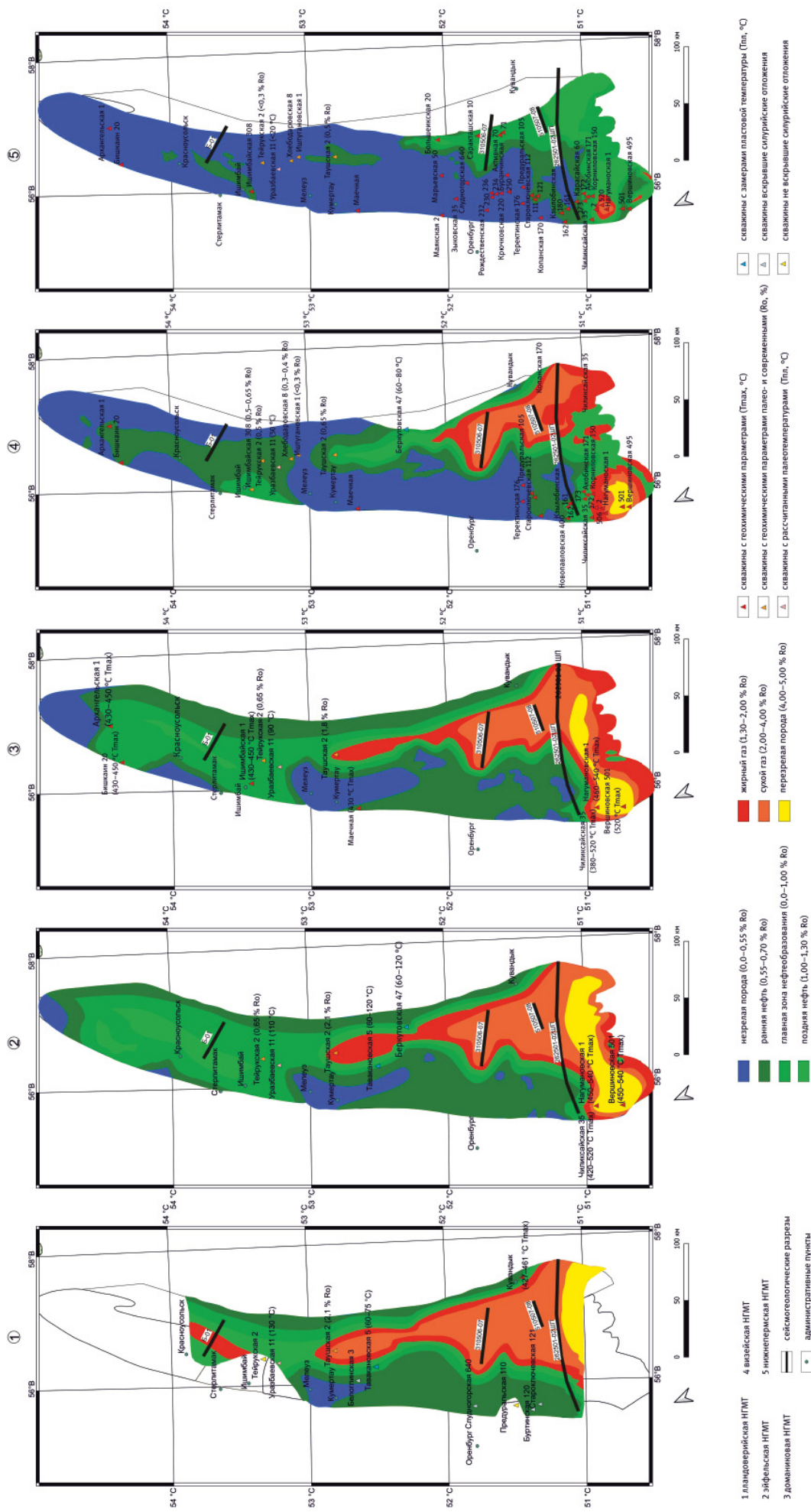


Рис. 2. Схемы катогенетических зон НГМТ в настоящее время  
Fig. 2. Schemes of catagenetic zones of source rocks at present time

- Монакова А.С., Захарченко М.В., Минлигалиева Л.И. Результаты геолого-съемочных работ на восточном борту южной части Предуральяского прогиба // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2018. С. 42–50.
17. Офман И.П. Разработка геолого-геофизической модели зоны Передовых складок Урала как нового нефтегазоперспективного района. Москва: ОАО НПО «Нафтаком». 2013
18. Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: ГИЛЕМ, 2000. 146 с.
19. Политыкина М.А., Тюрин А.М., Макаров С.Е., Петрищев В.П., Панкратьев П.В., Багманова С.В. Перспективы нефтегазоносности Оренбургского сегмента передовых складок Урала // Геология нефти и газа. 2021. № 6. С. 59–71.
20. База данных глобального теплового потока URL: <https://ihfc-iugg.org/products/global-heat-flow-database> (дата обращения: 01.07.2024). (In Eng).
21. Magoon L.B. Dow W.G. The petroleum system. The petroleum system: from source to trap. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1994, Vol. 60, P. 3–24. (In Eng).

## ENGLISH

### Results

Thus, the Llandoveryan, Eifelian and Domanic source rocks entered the “oil window” generation zone at the end of the Middle Carboniferous, the Visean – at the end of the Permian period, and the Lower Permian – after the Permian period. The Llandoveryan, Eifelian, and Domanic source rocks entered the “gas window” generation zone by the end of the Permian period, and the Visean and Lower Permian ones – after the Permian period.

Based on the most intense generation processes, the main centers of oil and gas generation can be identified: the first center is the “southern” one, which is located within the junction zone of the Ural-Ilek depression, the Mrakov depression and the Forward folds of the Urals, as well as the “northern” one, which includes the junction zone of the Shikhano-Ishimbay saddle, Belsk depression and forward folds of the Urals.

### References

- Astakhov S.M. Georeactor. Algorithms for oil and gas formation. Rostov-on-Don: Kontiki, 2015, 256 p. (In Russ).
- Bashkova S.E., Yakovlev Yu.A., Kapitanova A.S., Bashkov A.N. Forecast of the geothermal and geochemical conditions of the Mrakovskaya depression and the adjacent territories of the Shikhano-Ishimbayskaya saddle. Perm journal of petroleum and mining engineering, 2022, Vol. 22, issue 1, P. 37–44. (In Russ).
- Bondareva L.I., Bondarev A.V., Ermolkin V.I., Tkacheva A.A. Geodynamic evolution of the formation of reverse thrust belts of the Urals based on the results of structural-kinematic modeling. Oil industry, 2021, issue 5, P. 15–21. (In Russ).
- Kalamkarov L.V. Oil and gas provinces of Russia and neighboring countries. Moscow: Oil and gas, 2005, 570 p. (In Russ).
- Karpushin M.Yu. The structure and prospects of oil and gas potential of the Domanikoid complex of Frasnian-Tournaisian age in the central part of the Volga-Ural basin. Dissertation. Moscow: 2023, 122 p. (In Russ).
- Kerimov V.Yu. Modeling of hydrocarbon systems and oil and gas fields. Moscow: Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze, 2021, 303 p. (In Russ).
- Misens G.A. Upper Paleozoic flysch of the Western Urals. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1997, 230 p. (In Russ).
- Minligaliev L.I. Forecast of petroleum potential of the southern part of pedal deflection and area perch sdk url, based on geek and pool model. Geology in the developing world, 2018, P. 140–143. (In Russ).
- Minligaliev L.I. Geomechanical and basin modeling of the zone of forward folds of the Urals. Current issues of search and exploration of oil and gas fields, 2017, P. 153–161. (In Russ).
- Minligaliev L.I., Ermolkin V.I., Osipov A.V., Bondarev A.V., Monakova A.S. Geodynamic evolution and conditions for formation of hydrocarbon traps in junction zone of Pre-Ural marginal trough and advanced folds of urals based on structural-kinematic modeling. Proceedings of the Russian State University of Oil and Gas Gubkin University, 2019, issue 4, P. 43–59. (In Russ).
- Minligaliev L.I., Kerimov V.Yu. Settings for hydrocarbon traps and accumulations formation in the urals subthrust zones. Nedropolzovanie XXI vek, 2019, issue 4, P. 34–45. (In Russ).
- Minligaliev L.I., Kerimov V.Yu., Kosyanov V.A., Mustaev R.N. Geomechanical modeling pre-upper thrust belts of southern Ural. EAGE, Geomodel 2019, 5 p. (In Eng).
- Minligaliev L.I., Monakova A.S. Results of paleoreconstructions based on seismic profiles in the southern part of the Pre-Ural trough. Genesis, migration and formation of hydrocarbon deposits in the context of their search, exploration and development, 2018, P. 82–86. (In Russ).
- Monakova A.S. Conditions for the formation, placement and prospects for searching for hydrocarbon accumulations in the Paleozoic complex of the south of the Cis-Ural trough and the zone of the Forward folds of the southwestern Urals. Dissertation. Moscow: 2019, 161 p. (In Russ).
- Osipov A.V. Forecast of oil and gas content of the southern part of the Pre-Ural trough (Belsk depression) based on the analysis of geochronothermobaric conditions of oil and gas accumulation and basin modeling. Dissertation. Moscow: 2013, 118 p. (In Russ).
- Osipov A.V., Bondarev A.V., Mustaev R.N., Monakova A.S., Zakharchenko M.V., Minligaliev L.I. Results of geological survey in the Eastern side of the southern part of the Pre-Urals foredeep. News of higher educational institutions. Geology and exploration, 2018, P. 42–50. (In Russ).
- Ofman I.P. Development of a geological and geophysical model of the zone of the Advanced folds of the Urals, as a new oil and gas promising area. Moscow: NPO Naftakom, 2013. (In Russ).
- Puchkov V.N. Paleogeodynamics of the Southern and Middle Urals. Ufa: GILEM, 2000, 146 p. (In Russ).
- Politykina M.A., Tyurin A.M., Makarov S.E., Petrishchev V.P., Pankratiev P.V., Bagmanova S.V. Petroleum potential of Orenburg segment of Urals frontal folds. Geologiya nefiti i gaza, 2021, issue 6, P. 59–71. (In Russ).
- Global heat flow database URL: <https://ihfc-iugg.org/products/global-heat-flow-database> (accessed: 01.07.2024) (In Eng).
- Magoon L.B. Dow W.G. The petroleum system. The petroleum system: from source to trap. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1994, Vol. 60, P. 3–24. (In Eng).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Бондарева Лиана Ильясовна**, ведущий инженер, Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия  
Для контактов: [liana\\_bondareva@ipng.ru](mailto:liana_bondareva@ipng.ru)

**Bondareva Liana Ilyasovna**, leading engineer, Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
Corresponding author: [liana\\_bondareva@ipng.ru](mailto:liana_bondareva@ipng.ru)