



ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ ЛОВУШЕК НЕФТИ И ГАЗА В ПРЕДЕЛАХ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА И ЗАПАДНО-УРАЛЬСКОЙ ВНЕШНЕЙ ЗОНЫ СКЛАДЧАТОСТИ

Л.И. БОНДАРЕВА^{1*}, А.В. ОСИПОВ²

¹ ФГБУН «Институт проблем нефти и газа Российской академии наук»
3, ул. Губкина, г. Москва 119333, Россия

² ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Предуральский краевой прогиб и зона его сочленения с Западно-Уральской внешней зоной складчатости известны как структуры с высоким нефтегазовым потенциалом. Однако сложность геологического строения, обусловленная широким развитием разрывных нарушений различного генезиса и морфологии, несоответствием структурных планов частей осадочного разреза и др., а также низкое качество имеющегося сейсмического материала и, как следствие, недостоверные геологические модели объекта являются сдерживающим фактором к освоению ресурсной базы рассматриваемой территории.

Цель. Изучить условия формирования и типизировать ловушки нефти и газа в пределах зоны сочленения Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости.

Материалы и методы. Для проведения исследований была использована серия сейсмогеологических профилей субширотного направления: № 2622001-02 ШП в интерпретации В.В. Дроздова, Красновишерск-Североуральск в интерпретации А.Г. Попова, № 15-РС в интерпретации В.Н. Макаревича. Применялась методика структурно-кинематического моделирования, которая позволяет произвести реконструкцию структурной эволюции складчато-надвиговых зон.

Результаты. На основе геолого-геофизических данных с использованием современных технологий компьютерного моделирования создана обоснованная концептуальная геологическая модель формирования и строения зоны сочленения Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости, спрогнозированы и типизированы ловушки нефти и газа.

Заключение. По итогам работы изучены условия формирования, сохранности и размещения ловушек нефти и газа в пределах зоны сочленения Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости, произведена их типизация, что позволяет, в совокупности с анализом углеводородных систем, дать научно обоснованную оценку перспектив нефтегазоносности изучаемого региона.

Ключевые слова: поднадвиговые зоны, шарьяжно-надвиговые пояса, Предуральский прогиб, Урал, месторождения углеводородов, кинематическое моделирование, разломы, миграция углеводородов

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Бондарева Л.И., Осипов А.В. Формирование и размещение ловушек нефти и газа в пределах зоны сочленения Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.* 2023;65(3):52—65. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-3-52-65>

Статья поступила в редакцию 01.06.2023
Принята к публикации 29.06.2023
Опубликована 30.06.2023

* Автор, ответственный за переписку

FORMATION AND PLACEMENT OF OIL AND GAS TRAPS WITHIN THE JUNCTION AREA OF CIS-URAL TROUGH AND WEST-URAL OUTER FOLDING ZONE

LIANA I. BONDAREVA^{1,*}, ALEXANDER V. OSIPOV²

¹ *Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences
3, Gubkin str., Moscow 119333, Russia*

² *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

ABSTRACT

Background. The Cis-Ural trough and its junction area with the West-Ural outer folding zone are known as structures with high oil and gas potential. However, the complexity of the geological structure, due to the wide development of faults of various genesis and morphology, the discrepancy between the structural plans of parts of the sedimentary section, etc., as well as the low quality of the available seismic material and, as a result, unreliable geological models of the object are a deterrent to the development of the resource base of the area under consideration.

Aim. To study the formation conditions and to typify oil and gas traps within the junction area of the Cis-Ural trough and the West-Ural outer folding zone.

Materials and methods. A series of seismogeological profiles in the sublatitudinal direction was used for the research: No. 2622001-02 ShP in the interpretation of Drozdov V.V., Krasnovishersk-Severouralsk in the interpretation of Popov A.G., No. 15-RS in the interpretation of Makarevich V.N. The technique of structural-kinematic modeling was used, which allows reconstructing the structural evolution of fold-thrust zones.

Results. Based on geological and geophysical data and using modern computer modeling technologies, a substantiated conceptual geological model of the formation and structure of the junction area of the Cis-Ural trough and the West-Ural outer folding zone was created. Oil and gas traps were predicted and their types were determined.

Conclusion. Conditions for the formation, preservation and placement of oil and gas traps within the junction area of the Cis-Ural trough and the West-Ural outer folding zone were studied. The types of the traps were determined, which, in conjunction with the analysis of hydrocarbon systems, creates the basis for a scientifically robust assessment of the prospects for oil and gas potential of the studied area.

Keywords: subthrust zones, thrust belts, Cis-Ural trough, Urals, hydrocarbon deposits, kinematic modeling, faults, hydrocarbon migration

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Bondareva L.I., Osipov A.V. Formation and placement of oil and gas traps within the junction area of Cis-Ural trough and West-Ural outer folding zone. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(3):52—65. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-3-52-65>

Manuscript received 01 June 2023

Accepted 29 June 2023

Published 30 June 2023

* Corresponding author

Введение

Предуральский краевой прогиб и зона его сочленения с Западно-Уральской внешней зоной складчатости известны как структуры с высоким нефтегазовым потенциалом [2, 10, 12—15, 20, 21, 24]. Однако сложность геологического строения, обусловленная широким развитием разрывных нарушений различного генезиса и морфологии, несоответствием структурных планов частей осадочного разреза и др., а также низкое качество имеющегося сейсмического материала и, как следствие, недостоверные геологические модели объекта являются сдерживающим фактором к освоению ресурсной базы рассматриваемой территории.

Развитие современных технологий компьютерного моделирования геологических объектов, в том числе сложных складчато-надвиговых структур, позволяет детализировать механизмы формирования структур взбросо-надвигового типа. С помощью моделирования тектонических процессов возможно создать обоснованную концептуальную геологическую модель формирования и строения надвиговых зон, прогнозировать ловушки нефти и газа и оценивать их сохранность.

В настоящей работе предпринята попытка обобщить имеющийся геолого-геофизический материал и на основе накопленных данных с помощью современных компьютерных технологий провести типизацию ловушек нефти и газа в пределах зоны сочленения Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости и дать научно обоснованную оценку условий их формирования и сохранности.

Краткий обзор геологического строения и истории геологического развития

Складчато-надвиговые образования на западном склоне Урала формируют Западно-Уральскую внешнюю зону складчатости и сопряженную с ней территорию Предуральского краевого прогиба.

В пределах взбросо-надвигового пояса Уральской складчатой системы выделяют автохтонный комплекс, залегающий под поверхностью надвига и характеризующийся покровно-складчатым строением, и противоположный ему — аллохтонный комплекс, залегающий над поверхностью надвига и имеющий чешуйчато-надвиговое строение [2].

Геодинамическая природа формирования взбросо-надвиговых структур Предуралья обусловлена герцинским орогенезом под воздействием коллизионных процессов [7, 9].

Современные представления М.А. Камалетдинова [9], Т.Т. Казанцевой [7], Ю.В. Казанцева [6], В.В. Юдина [27], В.Н. Пучкова [22], К.О. Соборнова [23, 24], С.Н. Сычева [25], А.В. Ступаковой [26] об истории геологического развития Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости позволяют выделить 5 этапов тектонодинамического развития рассматриваемой территории, которое напрямую связано с тектонодинамической эволюцией Урала (рис. 1).

1. Предколлизионный этап. Данный этап продолжался от рифея до раннекаменноугольной эпохи и включает в себя следующие стадии: океанический спрединг, субдукцию, задуговой спрединг. На этом этапе был заложен Главный Уральский разлом — разлом растяжения, происходило раскрытие Уральского палеоокеана, была сформирована Уральская островодужная система за счет субдукционных процессов. Предколлизионный этап характеризуется формированием тиманид.

2. Этап пластичных деформаций. Данный этап продолжался от среднекаменноугольной до позднепермской эпохи и включает в себя стадию «мягкой коллизии» — столкновение «дуга — континент» и ранний этап «жесткой коллизии» — столкновение «континент — континент» [22]. На данном этапе происходило формирование Уральского орогена и складчато-надвигового пояса.

3. Этап хрупких деформаций. Данный этап продолжался от позднепермского до триасового времени и включает в себя стадию «поздней коллизии». Данный этап привел к формированию уралид и сдвиговых дислокаций.

4. Постколлизионный этап. Данный этап продолжался от триасового времени до неогенового периода и включает в себя формирование трещин отрыва, секущих сопряженных сколов. На этом этапе развития происходила пенепленизация Уральского орогена.

5. Современный этап. Данный этап продолжался от неогенового периода до настоящего времени и характеризуется формированием современных Уральских гор.

Таким образом, формирование основной складчатой структуры Урала закончилось в конце карбона — начале перми, на севере Урала позже — в триасе. Перед фронтом Уральских гор был сформирован глубокий прогиб, куда поступали продукты эрозии. Дальнейшая история Урала заключалась в его постепенном разрушении, пенепленизации и формировании кор выветривания.

В нефтегазогеологическом отношении изучаемая территория относится к Предуральской

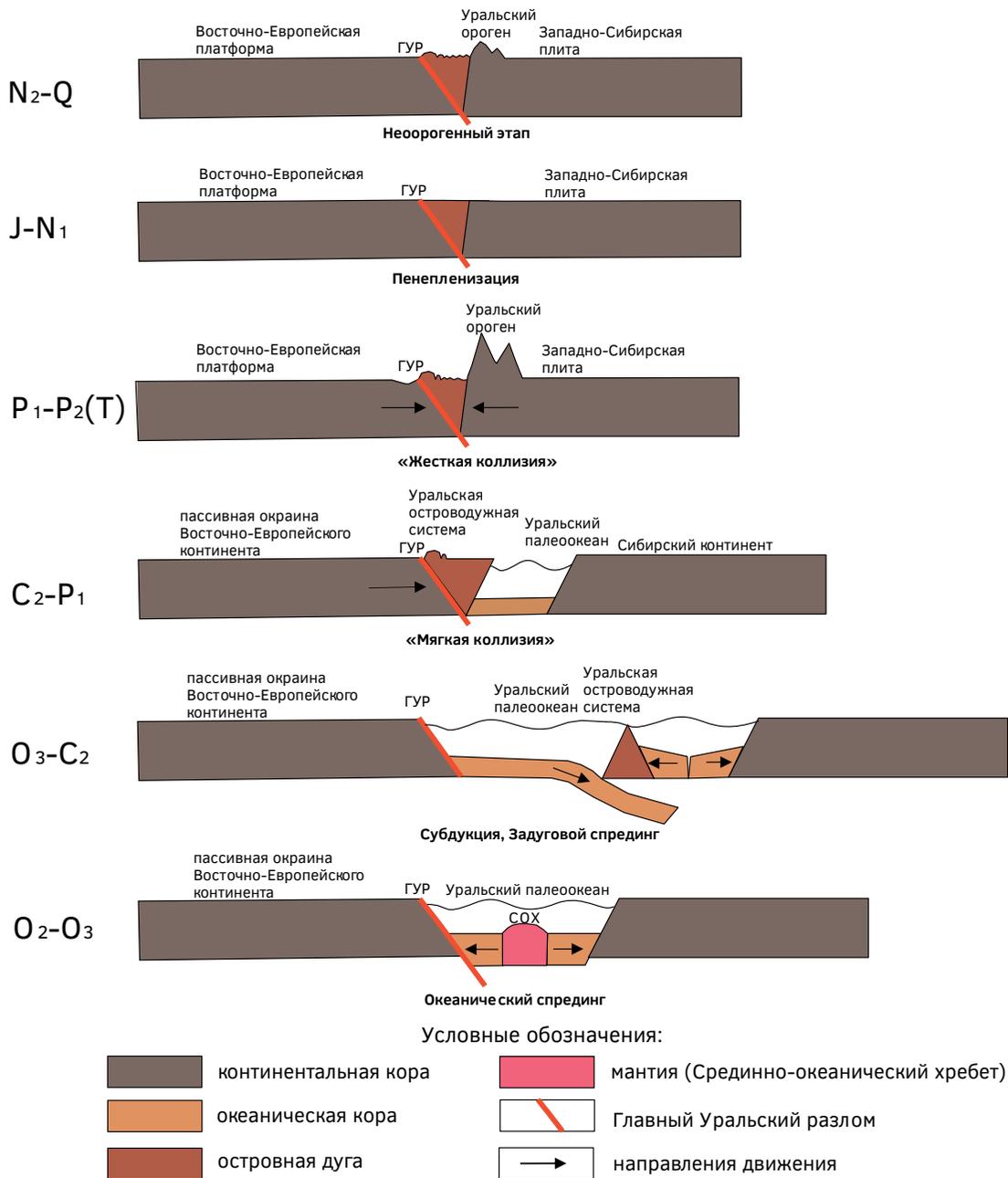


Рис. 1. Концептуальная модель тектонодинамического развития Уральского орогена
Fig. 1. Conceptual model of tectonodynamic development of the Ural orogen

нефтегазоносной субпровинции Предуральско-Предновоземельского пояса нефтегазонакопления [3, 8].

К настоящему времени в пределах субпровинции открыто более 100 месторождений УВ [1]. Продуктивны девонские, каменноугольные и пермские отложения, также есть признаки нефтегазопроявлений в силурийских комплексах [1]. Наиболее крупными из открытых месторождений

являются Курьинское, Романьельское, Вуктыльское и Гежское.

Материалы и методы

В данной работе в качестве исходных данных была использована серия сейсмогеологических профилей, секущих в субширотном направлении изучаемую территорию: № 2622001-02 ШП в интерпретации В.В. Дроздова,

Красновишерск-Североуральск в интерпретации А.Г. Попова, № 15-РС в интерпретации В.Н. Макаревича.

Для изучения условий формирования и сохранности ловушек УВ, их тектонодинамического развития, изучения типов разломов и времени их формирования в настоящей работе была применена технология структурно-кинематического моделирования, реализованная в ПК «Dynel» компании Schlumberger и ПК «Move» компании Midland Valley.

Основы технологии структурно-кинематического моделирования включают в себя геометрическую балансировку, деформационную кинематику (геометрию движения слоев), а также типизацию структурных форм, слагающих различные типы складчато-надвиговых систем [4].

Основными этапами структурно-кинематического моделирования являются [4]:

- 1) сбор и анализ входных данных;
- 2) построение структурного каркаса модели. Проверка достоверности структурной интерпретации;
- 3) построение сбалансированного (восстановленного) разреза;
- 4) построение палеоразрезов каждого слоя путем выравнивания на основные изохронные границы.

Основными методами структурно-кинематического моделирования являются [4, 5, 17]:

1) балансировка — метод восстановления разреза к преддеформационному состоянию при условии сохранения длины и мощности слоев в процессе деформации. Если разрез сбалансирован, то на восстановленном разрезе все слои должны совместиться вдоль траектории надвигов без пробелов и перекрытий;

2) палеотектонические (палинспастические) реконструкции — метод восстановления первоначального взаимного расположения геологических тел, претерпевших крупномасштабные горизонтальные смещения. Метод позволяет «раздвинуть» тектонические чешуи и «распрямить» складки.

Результаты и их обсуждение

Структурные парагенезы

Для создания ретроспективных динамических структурных моделей были изучены т.н. структурные парагенезы изучаемого объекта — устойчиво повторяющиеся целостные комплексы элементарных структурных форм, составляющие морфологически сходные тектонические зоны и отличающиеся по структуре от соседних участков

[16]. Формирование всех элементарных структур единого парагенеза предполагает некий общий механизм или хотя бы общую причину. В структурные парагенезы могут быть объединены разномасштабные элементы: от макромасштабных (складчатые зоны) до мезомасштабных (отдельные складки, структуры будинажа, кливаж и пр.) и даже до микромасштабных (кинкбанды и т.д.).

В пределах зоны сочленения Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости встречаются нижеперечисленные структурные парагенезы (римскими цифрами обозначены соответствующие структурные парагенезы на рисунках 2—4).

• Тастубская флексура (I). Формирование флексур обусловлено обстановками чистого сдвига (горизонтальное сжатие).

• Сюреньский, Западно-Уральский, Акчимский, Вашуткино-Талотинский надвиг (II). Структурные парагенезы надвига обусловлены обстановками чистого сдвига — горизонтального сжатия. Данная обстановка соответствует коллизии. Надвиговую систему ограничивает сверху и снизу детачмент.

• Серия наклонных и опрокинутых складок той же вергентности в аллохтоне (III). Все пликвативные формы взаимосвязаны с дизъюнктивными нарушениями и отражают смятие слоистых толщ, происходящее в условиях действия бокового сжатия.

• Серия прямых и слабонаклонных складок той же вергентности в автохтоне (IV). Пликвативные формы в автохтонной части менее подвержены коллизионным воздействиям.

• Серия взбросов, сбросов (V). Структурные парагенезы взбросов восточнее надвига в аллохтонной части и серия мелких сбросов — в отложениях ближе к фундаменту.

• Надвиговая система «чешуйчатый веер» (пакет надвиговых пластин) (VI). Парагенез чистого сдвига — обстановок горизонтального сжатия, за счет коллизионных процессов. Надвиговая система состоит из серии чешуй (пластин). Каждая чешуя — объем горных пород, ограниченный ведущим и тыловым разрывным нарушением. Чешуйчатый веер состоит из серии чешуй, связанных только подошвенным надвигом. Надвиги имеют листрическую морфологию, соединяются с подошвенным срывом и расщепляются вверх, как полуоткрытый веер [4].

• Надвиговая система — дуплексная (VII). Надвиговые системы, которые состоят из серии сдвоенных чешуй, осложненных кровельными и подошвенными надвигами, называются дуплексными.

С глубиной надвиги дуплексов объединяются в единый субгоризонтальный разлом, который приурочен к пластичной толще основания осадочного чехла на границе с жесткими породами фундамента.

- Взбросо-складка (VIII) [28]. Взбросо-складки формируются при затухании рампа. Взбросо-складки, как правило, асимметричны — с крутыми фронтальными и более пологими тыловыми крыльями. Формирование обусловлено коллизионными процессами совместно с надвиговой системой.

- Рамповая складка (IX). Рамповые складки (fault-bend-fold) — «сгибаемая разломом складка» [28]. В русскоязычной терминологии — рамповая антиклиналь или наднадвиговая антиклиналь. Рамповые складки образуются при перемещении надвига с одного субпластового горизонта скольжения на другой [4].

- «Цветочная», или «пальмовая», структура (X). При транспрессии отдельные пластины выдавливаются вверх из сдвиговой зоны и формируются дивергентные серии надвигов — «цветочная» или «пальмовая» структуры.

- Ретронадвиг в Предуральском прогибе (XI). Формирование данного структурного парагенезиса обусловлено сдвиговыми деформациями. Ретронадвиги формируются совместно с «цветочной» или «пальмовой» структурой.

Условия формирования и типы ловушек нефти и газа

Для типизации ловушек нефти и газа в пределах зоны сочленения Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости и анализа условий их формирования и сохранности было проведено структурно-кинематическое моделирование по трем региональным сейсмогеологическим разрезам, пересекающим в широтном направлении северный, центральный и южный сегменты восточного борта Предуральского краевого прогиба и зоны Передовых складок Урала (рис. 2—4).

От позднедевонской до раннепермской эпохи на изучаемой территории ловушки структурного (сводового) типа в девонских, каменноугольных и пермских толщах были сформированы в результате активизации тектонических процессов. В зоне Передовых складок Урала часть ловушек структурного (сводового) типа были разрушены за счет воздымания поверхности осадконакопления и дальнейшей ее эрозии, но некоторые более глубокозалегающие потенциальные продуктивные горизонты сохранились до настоящего времени.

Ловушки структурного (тектонически экранированного) типа в самом начале формирования были по типу сводовые, однако на «постколлизийном» этапе при затухающих коллизионных процессах начали «переформировываться» из сводового в тектонически экранированного типа ловушки УВ [18]. Так, на изучаемой территории были выделены ловушки структурного (сводового), структурного (тектонически экранированного) типа. На территории Соль-Илецкого свода и Варандей-Адзвинской структурной зоны выделены ловушки стратиграфического типа, сформированные в результате периодических процессов денудации [11, 18].

Для формирования скоплений УВ в Предуралье наиболее благоприятными являются структурные (сводовые) ловушки в девонских, каменноугольных и пермских толщах, сформированные от позднедевонской эпохи до пермского времени, сохранившие конфигурацию и объем до настоящего времени. Чуть менее перспективными являются структурные (тектонически экранированные) ловушки в девонских, каменноугольных и пермских толщах, сформированные после перми. Малоперспективными являются стратиграфические ловушки в девонских и каменноугольных толщах, распространенных в пределах Соль-Илецкого свода и Варандей-Адзвинской структурной зоны, в связи с их небольшой площадью распространения и количеством.

Таким образом, на исследуемой территории были сформированы ловушки УВ различных типов (табл. 1).

Модель формирования скоплений углеводородов

Анализ условий формирования ловушек нефти и газа во взбросо-надвиговых и поднадвиговых структурах позволили уточнить и детализировать концептуальную модель [10, 11, 13, 18] формирования в них скоплений нефти и газа (рис. 5).

На первом (конседиментационном) этапе происходило формирование (накопление) ордовикско-нижнекаменноугольного комплекса пород. На этом этапе начали реализовываться процессы генерации, миграции и аккумуляции УВ в силурийских, девонских отложениях южного и северного сегмента Предуралья. Формируются разрывные нарушения сбросового типа в условиях погружения и растяжения осадочного комплекса. Сбросы являются благоприятными путями для миграции нефти и газа.

Второй этап «мягкой коллизии» [22] обусловлен коллизионными процессами со стороны

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ /
GEOLOGY AND PROSPECTING FOR HYDROCARBON RESERVES

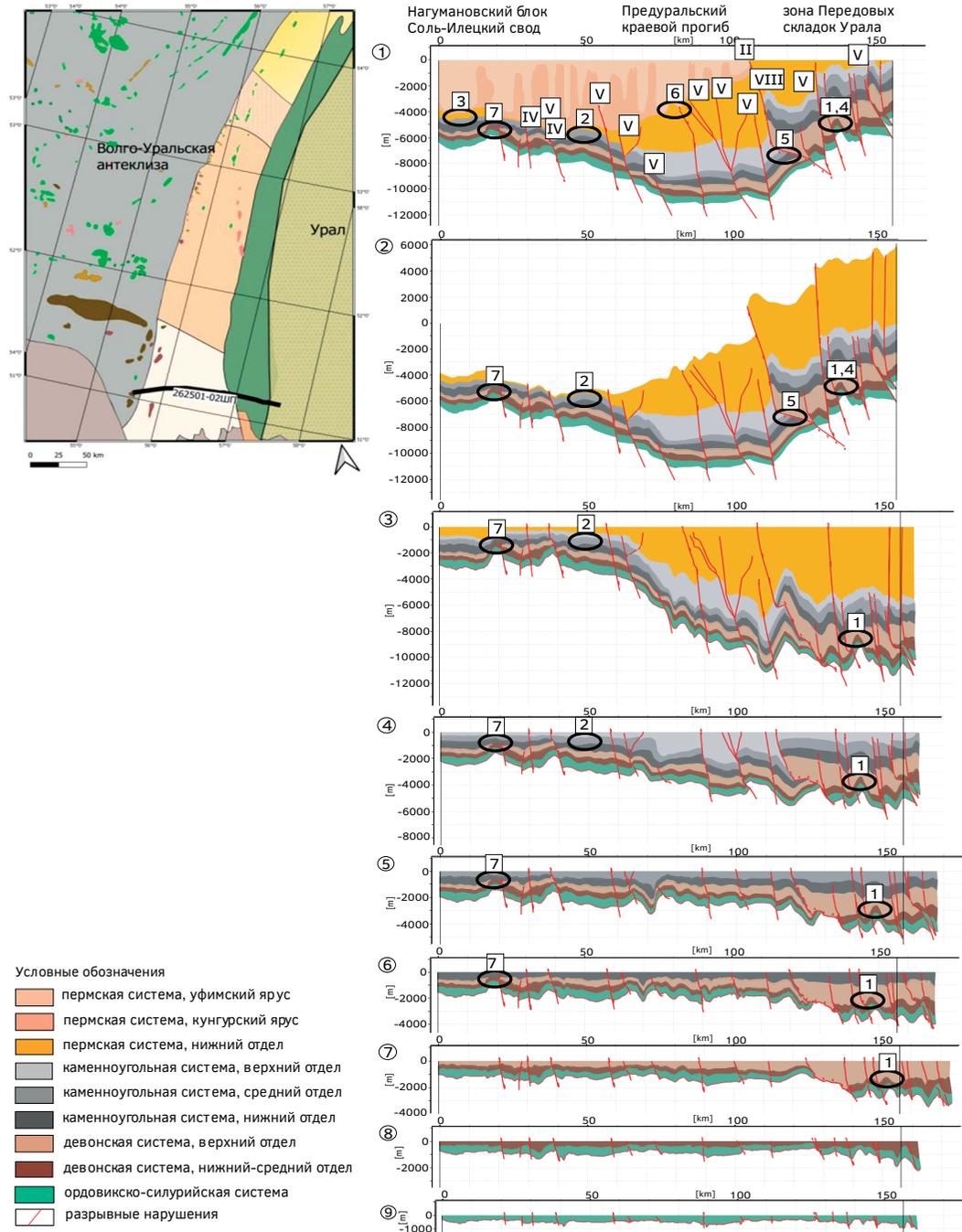


Рис. 2. Палеорекострукция разреза № 262501-02 ШП, пересекающего южный сегмент Предуралья [2, 11, 17—19]. Условные обозначения: римскими цифрами — структурные парагенезы, арабскими цифрами — ловушки УВ (см. табл. 1); номера профилей: 1 — оцифрованный разрез, 2 — сбалансированный разрез, 3 — к концу ассельского века, 4 — к концу каменноугольного периода, 5 — к концу среднекаменноугольной эпохи, 6 — концу раннекаменноугольной эпохи, 7 — концу девонского периода, 8 — концу среднедевонской эпохи, 9 — к концу силурийского периода.

Fig. 2. Paleoreconstruction of section no. 262501-02 ShP, crossing the southern segment of the Pre-Urals [2, 11, 17—19]. Symbols: Roman numerals—structural parageneses; Arabic numerals — HC traps (see Table 1); profile numbers: 1 — digitized section, 2 — balanced section, 3 — by the end of the Asselian, 4 — by the end of the Carboniferous, 5 — by the end of the Middle Carboniferous, 6 — end of the Early Carboniferous, 7 — end of the Devonian, 8 — end of the Middle Devonian, 9 — by the end of the Silurian.

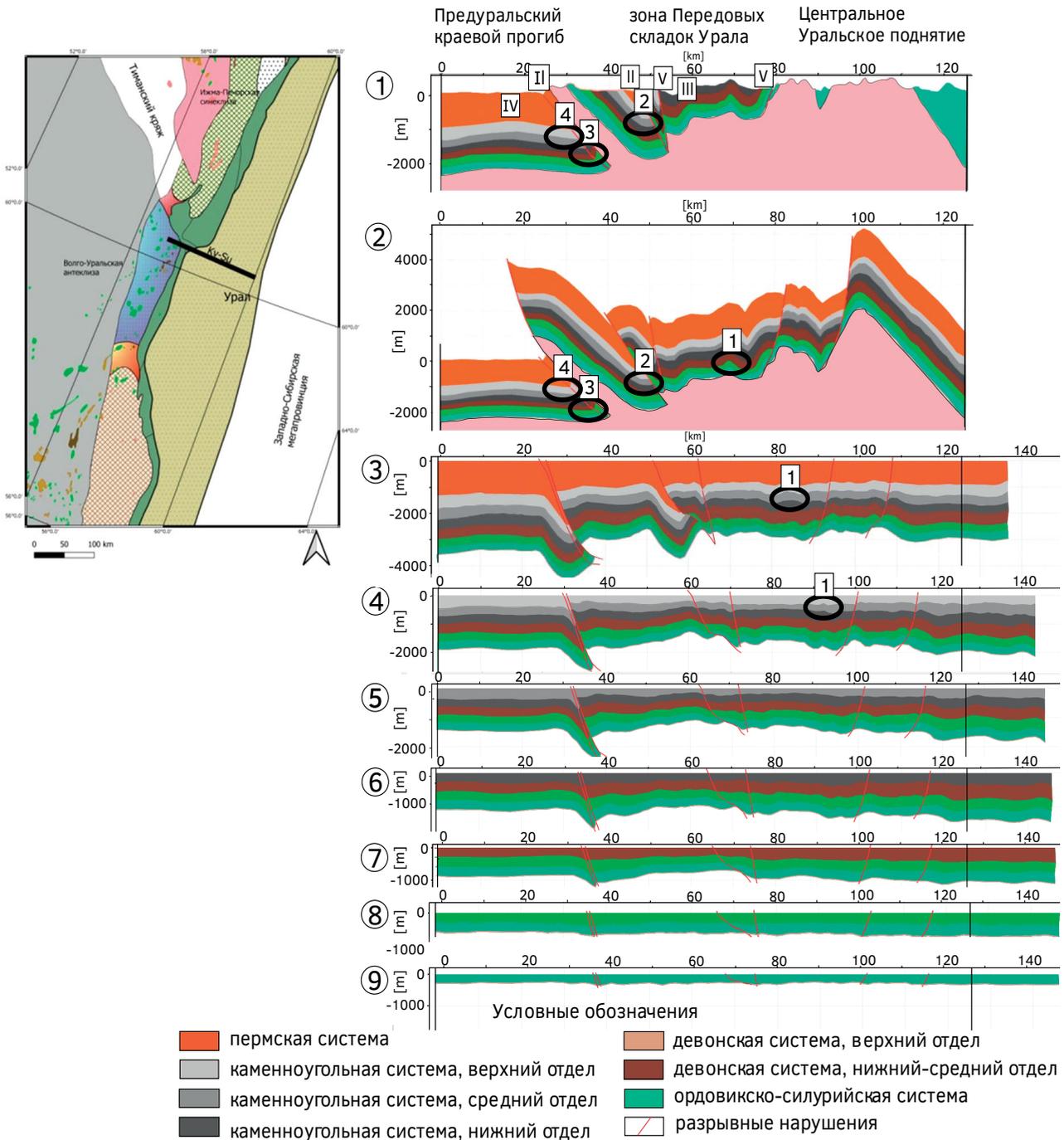


Рис. 3. Палеорекострукция разреза по линии Красновишерск — Североуральск, пересекающего центральный сегмент Предуралья. Условные обозначения: римскими цифрами — структурные парагенезы, арабскими цифрами — ловушки УВ (см. табл. 1); номера профилей: 1 — оцифрованный разрез, 2 — сбалансированный разрез, 3 — к концу пермского периода, 4 — к концу каменноугольного периода, 5 — к концу среднекаменноугольной эпохи, 6 — к концу раннекаменноугольной эпохи, 7 — к концу девонского периода, 8 — к концу среднедевонской эпохи, 9 — к концу силурийского периода

Fig. 3. Paleoreconstruction of the section along the line Krasnovishersk — Severouralsk, crossing the central segment of the Pre-Urals. Symbols: Roman numerals—structural parageneses; Arabic numerals — HC traps (see Table 1); profile numbers: 1 — digitized section, 2 — balanced section, 3 — by the end of the Permian, 4 — by the end of the Carboniferous, 5 — by the end of the Middle Carboniferous, 6 — by the end of the Early Carboniferous, 7 — by the end of the Devonian, 8 — by the end of the Middle Devonian, 9 — by the end of the Silurian

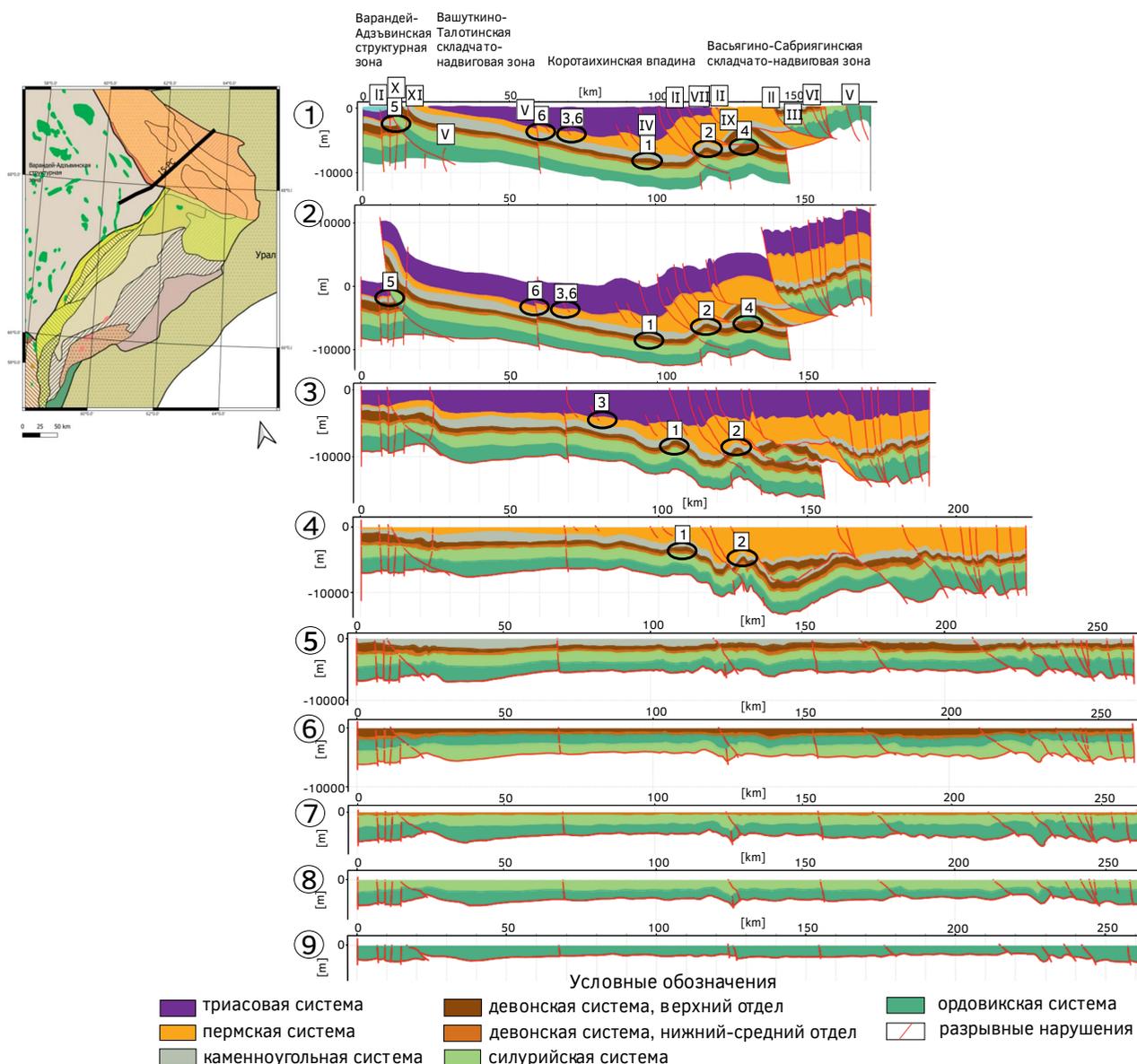


Рис. 4. Палеорекострукция разреза по профилю № 15-РС, пересекающего северный сегмент Предуралья. Условные обозначения: римскими цифрами — структурные парагенезы, арабскими цифрами — ловушки УВ (см. табл. 1); номера профилей: 1 — оцифрованный разрез, 2 — сбалансированный разрез, 3 — к концу триасового периода, 4 — к концу пермского периода, 5 — к концу каменноугольного периода, 6 — к концу позднедевонской эпохи; 7 — к концу среднедевонской эпохи, 8 — к концу силурийского периода, 9 — к концу ордовикского периода

Fig. 4 Paleoreconstruction of the section along profile No. 15-RS, crossing the northern segment of the Pre-Urals. Symbols: Roman numerals—structural parageneses; Arabic numerals—HC traps (see Table 1); profile numbers: 1, digitized section, 2, balanced section, 3, by the end of the Triassic, 4, by the end of the Permian, 5, by the end of the Carboniferous, 6, by the end of the Late Devonian; 7 — by the end of the Middle Devonian epoch, 8 — by the end of the Silurian period, 9 — by the end of the Ordovician period

Уральского орогена, продолжавшимися со среднекаменноугольного времени и протекавшими до кунгурского времени включительно. На данном этапе происходило формирование разрывных нарушений взбросового типа.

Третий этап «жесткой коллизии» [22]. После кунгурского времени в сочленении Предуральского прогиба и зоны Передовых складок Урала транс-прессионный (бокового сжатия и сдвига) геодинамический режим обусловил преобразование ранее

Таблица 1. Типизация ловушек УВ по разрезам (см. рис. 2—4) зоны сочленения Предуральского прогиба и Передовых складок Урала**Table 1.** Typification of hydrocarbon traps according to sections (see Fig. 2—4) of the junction zone of the Pre-Ural trough and the Forward folds of the Urals

Тип ловушки	Тектоническое событие	Время формирования ловушки	№ ловушки на разрезе	Возраст продуктивных пластов	Глубина залегания, м		
Южный сегмент Предуралья							
Стратиграфический	«Мягкая коллизия»	$C_1—P_1$	7	D_2	5100		
Структурный (тектонически экранированный)	«Постколлизийный этап»	после P_2	6	P_1	3000		
			5	C_2	7000		
			4	D_2	4500		
Структурный (сводовый)	«Жесткая коллизия»	P_2	3	P_1	4000		
			«Мягкая коллизия»	$C_3—P_1$	2	C_2	6000
				$D_3—C_2$	1	D_2	4500
Центральный сегмент Предуралья							
Структурный (тектонически экранированный)	«Постколлизийный этап»	после P_2	4	P_1	1000		
			3	C_2	1500		
			2	D_2	2000		
Северный сегмент Предуралья							
Структурный (тектонически экранированный)	«Постколлизийный этап»	после Т	6	P_2	3000		
			5	C_1v-C_3	3000		
			4	D_1-D_3fr	5000		
Структурный (сводовый)	«Жесткая коллизия»	$P_2—T$	3	P_2	2000		
			«Мягкая коллизия»	$C—P_1$	2	C_1v-C_3	6000
					1	D_1-D_3fr	7000

сформированных разрывных нарушений сбросов — во взбросы, которые к концу коллизийного этапа преобразовались в надвиговую систему. Надвиги сформировали пути миграции УВ и оказали влияние на перераспределение потенциальных первичных скоплений УВ из нижележащих ловушек УВ девонских и нижнекаменноугольных отложений в вышележащие ловушки УВ средне-верхнекаменноугольных, пермских и триасовых отложений, тем самым формируя вторичные залежи УВ, или же происходило рассеивание первичных залежей УВ.

На четвертом этапе после триасового времени осуществлялась консервация ранее сформированных залежей и аккумуляция УВ в новые тектонически экранированные ловушки.

На пятом этапе в кайнозой продолжалась консервация всех залежей УВ. Однако в результате кайнозойской (альпийской) реактивации тектонических процессов на этом этапе могло происходить разрушение ранее сформированных залежей УВ.

Заключение

Комплексный анализ разнородных геолого-геофизических материалов позволил провести структурно-парагенетический анализ и структурно-кинематическое моделирование зоны сочленения Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости. Были изучены геометрия, деформационная кинематика, пространственное размещение и геодинамические условия формирования взбросо-надвиговых структур. Для разрезов южного, центрального и северного Предуралья представлены общие структурные парагенезы, что указывает на единые условия и механизм формирования изучаемых структурных форм. На основе анализа палеотектонических (палинспатических) реконструкций проведена типизация ловушек УВ в складчато-надвиговой зоне, а также определены условия и время их формирования. На исследуемой территории были сформированы ловушки УВ следующих типов: структурного (сводового),

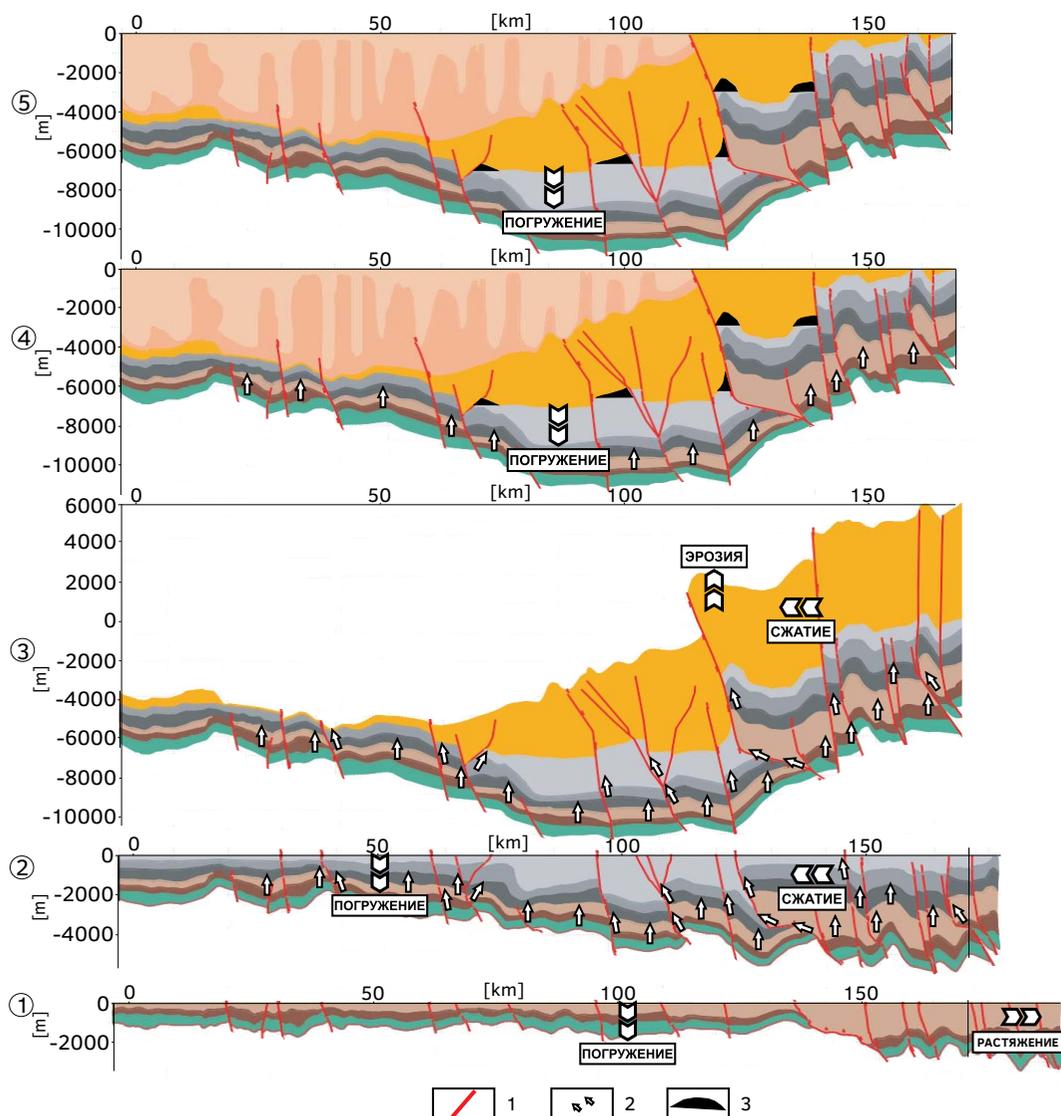


Рис. 5. Модель формирования скоплений УВ во взбросо-надвиговых структурах на примере разреза № 262501 [11, 18]. Этапы формирования: 1 — формирование осадочного комплекса в условиях погружения и растяжения к концу девонского периода; 2 — начало образования взбросо-надвиговых дислокаций и ловушек УВ сводового типа к концу каменноугольного периода; 3 — перераспределение скоплений УВ к концу пермского периода; 4 — аккумуляция углеводородов в ловушках тектонически экранированного типа после триаса; 5 — консервация залежей УВ в настоящее время. Условные обозначения: 1 — разломы; 2 — направление миграции УВ; 3 — залежи УВ

Fig. 5. Model of the formation of hydrocarbon accumulations in reverse-thrust structures using the example of section No. 262501 [11, 18]. Stages of formation: 1, formation of the sedimentary complex under conditions of subsidence and extension by the end of the Devonian; 2, the beginning of the formation of reverse-thrust dislocations and dome-type hydrocarbon traps by the end of the Carboniferous; 3 — redistribution of hydrocarbon accumulations by the end of the Permian period; 4 — accumulation of hydrocarbons in traps of tectonically shielded type after the Triassic; 5 — conservation of hydrocarbon deposits at the present time. Symbols: 1 — faults; 2 — direction of hydrocarbon migration; 3 — hydrocarbon deposits

структурного (тектонически экранированного), стратиграфического в отложениях палеозоя.

Предложена модель формирования нефтегазоносности зоны сочленения Предуралья

прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости, учитывающая основные этапы тектонодинамического развития Предуралья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова Т.В., Шибанова А.М., Жарков А.М. Складчато-надвиговая зона Урала как один из крупнейших нефтегазоперспективных объектов Европейской части России // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2014. Т. 9, № 4. С. 1—14.
2. 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.
3. Гаврилов В.П. Геодинамическая модель нефтегазообразования в литосфере и ее следствия // Геология нефти и газа. 1998. № 6. С. 2—12.
4. Гайдук В.В., Куксов С.В., Земцов П.А., Грищенко Д.В. Технология структурного кинематического моделирования на этапах поиска и разведки в складчато-надвиговых зонах // Научно-технический вестник ОАО «НК-Роснефть». 2014. № 4, вып. 37. С. 5—9.
5. Гайдук В.В., Прокопьев А.В., Фридовский В.Ю. Разломы (морфология, геометрия и кинематика). Якутск: ЯФ СО РАН. 2004. 148 с.
6. Казанцев Ю.В. Чешуйчато-надвиговая структура Предуральского прогиба: автореферат дис. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.12. Новосибирск: ИГИГ СО АН СССР. 1982. 33 с.
7. Казанцева Т.Т. Аллохтонные структуры и формирование земной коры Урала. М.: Наука, 1987. 158 с.
8. Каламкаров Л.В. Нефтегазоносные провинции России и сопредельных стран. М.: Нефть и газ, 2005. 570 с.
9. Камалетдинов М.А. Покровные структуры Урала. М.: Наука, 1974. 230 с.
10. Кузнецов Н.Б., Керимов В.Ю., Осипов А.В., Бондарев А.В., Монакова А.С. Эволюция, геодинамика поднадвиговых зон Предуральского краевого прогиба и геомеханическое моделирование формирования скоплений углеводородов // Геотектоника. 2018. № 3. С. 3—20.
11. Керимов В.Ю. Моделирование углеводородных систем и месторождений нефти и газа. М.: Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, 2021. 303 с.
12. Керимов В.Ю., Горбунов А.А., Лавренова Е.А., Осипов А.В. Модели углеводородных систем зоны сочленения Русской платформы и Урала // Литология и полезные ископаемые. 2015. № 5. С. 445—458.
13. Керимов В.Ю., Кузнецов Н.Б., Мустаев Р.Н., Осипов А.В., Бондарев А.В., Нефедова А.С. Условия формирования скоплений углеводородов во взбросо-надвиговых структурах восточного борта Предуральского прогиба // Нефтяное хозяйство. 2017. № 7. С. 36—41.
14. Керимов В.Ю., Кузнецов Н.Б., Осипов А.В. Геодинамические условия нефтегазоаккумуляции в Предуральско-Предновоземельском поясе // Доклады Академии наук. 2019. Т. 487, № 1. С. 49—53.
15. Керимов В.Ю., Осипов А.В., Нефедова А.С. Углеводородные системы южной части Предуральского краевого прогиба // Нефтяное хозяйство. 2017. № 4. С. 36—40.
16. Лукьянов А.В., Щерба И.Г. Парагенетический анализ структур как основа тектонического районирования и составления среднemasштабных структурных карт складчатых областей // Тектоника Сибири. 1972. Т. V. С. 15—24.
17. 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(297). С. 43—59.
18. Минлигалиева Л.И., Керимов В.Ю. Условия формирования ловушек и залежей углеводородов в поднадвиговых зонах Предуралья // Недрапользование XXI век. 2019. № 4. С. 34—45.
19. Минлигалиева Л.И., Керимов В.Ю., Косьянов В.А., Мустаев Р.Н. Геомеханическое моделирование взбросо-надвиговых поясов южной части Предуралья // Сборник трудов конференции EAGE «Геомодель», 2019.
20. Монакова А.С., Осипов А.В. Условия формирования и перспективы поисков залежей нефти и газа в зоне передовых складок западного склона Южного Урала // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. 2015. № 1(278). С. 17—26.
21. Осипов А.В. Геохимические предпосылки нефтегазоносности Бельской впадины и прилегающих территорий // Нефть, газ и бизнес. 2012. № 11. С. 44—49.
22. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. С. 280.
23. Соборнов К.О. Структура складчатых поясов и перспектива открытия крупных месторождений в складчатом Предуралье // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2015. Т. 10, № 1. С. 1—24.
24. Соборнов К.О., Данилов В.Н., Приймак П.И., Никонов Н.И. Складчато-надвиговой пояс Приполярного Урала: актуализированная геологическая модель и перспективы крупных открытий // Геология нефти и газа. 2016. № 3. С. 65—77.
25. Сычев С.Н. Строение и эволюция зоны главного Уральского разлома (Южная часть Полярного Урала): автореферат дис. ... канд.-геол.-минерал. наук. 25.00.01. М.: Геологический институт РАН, 2015. 25 с.
26. Ступакова А.В. Тимано-Печорский бассейн. Строение и основные этапы развития // Георесурсы. Спецвыпуск. 2017. Ч. 1. С. 56—64.
27. Юдин В.В. Разрывные нарушения западного склона Северного Урала в связи с перспективами

нефтегазоносности // Тектоника и нефтегазоносность Тимано-Печорской провинции и ее структурных обрамлений. Сыктывкар: Коми фил. АН

СССР. 1978. С. 30—41.

28. *Suppe J., Medwedeff D.A.* Fault-propagation folding. *Geol. Soc. Amer. Abst. Prog.* 16. 1984. P. 670.

REFERENCES

1. Aleksandrova T.V., Shibanova A.M., Zharkov A.M. Fold-thrust zone of the Urals as one of the most important oil and gas objects protected by parts of Russia // *Oil and gas geology. Theory and practice.* 2014. T. 9, No. 4. P. 1—14.
2. Bondareva L.I., Bondarev A.V., Ermolkin V.I., Tkacheva A.A. Geodynamic evolution of the formation of reverse-thrust belts of the Cis-Urals based on the results of structural-kinematic modeling // *Oil Industry.* 2021. No. 5. P. 15—21.
3. Gavrilov V.P. Geodynamic model of oil and gas formation in the lithosphere and its consequences // *Geology of Oil and Gas.* 1998. No. 6. P. 2—12.
4. Gaiduk V.V., Kuksov S.V., Zemtsov P.A., Grishchenko D.V. Structural kinematic modeling technology at the stages of prospecting and exploration in fold-thrust zones // *Scientific and technical bulletin of OAO NK-Rosneft.* 2014. No. 4, iss.37. P. 5—9.
5. Gaiduk V.V., Prokopiiev A.V., Fridov V.Yu. Faults (morphology, geometry and kinematics). Yakutsk: YaPh SB RAS. 148 p.
6. Kazantsev Yu.V. Scale-thrust structure of the Cis-Ural trough: abstract. dis. Doctor of Geol.-Mineral, Sciences: 25.00.12. Novosibirsk: IGIG SO AN USSR, 1982. 33 p.
7. Kazantseva T.T. Allochthonous structures and formation of the earth's crust of the Urals. Moscow: Nauka, 1987. 158 p.
8. Kalamkarov L.V. Oil and gas provinces of Russia and neighboring countries. Moscow: Oil and gas, 2005. 570 p.
9. Kamaletdinov M.A. Integumentary structures of the Urals. Moscow: Nauka, 1974. 230 p.
10. Kuznetsov N.B., Kerimov V.Yu., Osipov A.V., Bondarev A.V., Monakova A.S. Geodynamics of the Ural Foredeep and Geomechanical Modeling of the Origin of Hydrocarbon Accumulations // *Geotectonics.* 2018. Vol. 52, № 3. P. 297—311.
11. 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.
12. Kerimov V.Yu., Gorbunov A.A., Lavrenova E.A., Osipov A.V. Models of Hydrocarbon Systems in the Russian Platform — Ural Junction Zone // *Lithology and Mineral Resources.* 2015. Vol. 50, no. 5. P. 394—406.
13. Kerimov V.Yu., Kuznetsov N.B., Mustaev R.N., Osipov A.V., Bondarev A.V., Nefedova A.S. Conditions for hydrocarbon deposits formation in the uplift-thrust structures of the eastern side of the Pre-Ural fore deep // *Oil Industry.* 2017. No. 7. P. 36—41.
14. Kerimov V.Yu., Kuznetsov N.B., Osipov A.V. Geodynamic Conditions of Oil-and-Gas Accumulations in the Ural-Novaya Zemlya Belt // *Reports Earth Sciences.* 2019. Vol. 487, p. 1. P. 741—744.
15. Kerimov V.Yu., Osipov A.V., Nefedova A.S. Hydrocarbon systems of the Pre-Ural fore deep // *Oil Industry.* 2017. No. 4. P. 36—40.
16. Lukyanov A.V., Shcherba I.G. Paragenetic analysis of structures as a basis for tectonic zoning and compiling medium-scale structural maps of folded areas // *Tectonics of Siberia.* 1972. T. V. P. 15—24.
17. Minligalieva L.I., Ermolkin V.I., Osipov A.V., Bondarev A.V., Monakova A.S. Geodynamic evolution and conditions for the formation of hydrocarbon traps in the junction zone of the Cis-Ural marginal foredeep and the Forede folds of the Urals based on structural-kinematic modeling // *Proceedings of the Russian State Oil and Gas University. THEM. Gubkin.* 2019. No. 4 (297). P. 43—59.
18. Minligalieva L.I., Kerimov V.Yu. Conditions for the formation of traps and deposits of hydrocarbons in the underthrust zones of the Cis-Urals // *Subsoil use XXI century.* 2019. No. 4. P. 34—45.
19. Minligalieva L.I., Kerimov V.Yu., Kosyanov V.A., Mustaev R.N. Geomechanical modeling of reverse-thrust belts in the southern part of the Cis-Urals // *EAGE Geomodel. Gelendzhik.* 2019.
20. Monakova A.S., Osipov A.V. Prospects of oil and gas exploration in area of fore folds of western flank of Southern Urals // *Proceedings of Gubkin University.* 2015. No. 1 (278). P. 17—26.
21. Osipov A.V. Geochemical conditions of oil-gas-bearing capacity of Belskaya depression and surrounding areas // *Oil, Gas & Business.* 2012. No. 11. P. 44—49.
22. Puchkov V.N. Geology of the Urals and Cis-Urals (topical issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny). Ufa: DesignPolygraphService, 2010. P. 280.
23. Sobornov K.O. The structure of folded belts and the prospect of discovering large deposits in the folded Cis-Urals // *Oil and gas geology. Theory and practice.* 2015. T. 10. No. 1. P. 1—24.
24. Sobornov K.O., Danilov V.N., Priymak P.I., Nikonov N.I. The fold-and-thrust belt of the Subpolar Urals: an updated geological model and prospects for major discoveries // *Geology of Oil and Gas.* 2016. No. 3. P. 65—77.
25. Sychev S.N. Structure and evolution of the zone of the main Ural fault (Southern part of the Polar Urals): Abstract of the thesis. Ph.D.-Geol.-Mineral, Sciences. 25.00.01. Moscow: Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, 2015. P. 25.
26. Stupakova A.V. Timan-Pechora basin. Structure and

main stages of development // Georesursy. Special issue. 2017. P. 1. P. 56—64.

27. Yudin V.V. Faults in the western slope of the Northern Urals in connection with the prospects for oil and gas potential // Tectonics and oil and gas potential of

the Timan-Pechora province and its structural framing. Syktyvkar: Komi Phil. USSR Academy of Sciences, 1978. P. 30—41.

28. Suppe J., Medwedeff, D.A. Fault-propagation folding. Geol. Soc. Amer. Abst. Prog. 1984. No. 16. P. 670.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Бондарева Л.И. — занималась построением структурно-кинематических моделей, построением графических приложений, внесла вклад в работу, подготовку текста статьи и согласна принять ответственность за все аспекты работы.

Осипов А.В. — разработал концепцию статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи, внес вклад в работу и принял участие в подготовке текста статьи, согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Liana I. Bondareva — was engaged in the construction of structural-kinematic models, the construction of graphic applications, contributed to the work, the preparation of the text of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

Alexander V. Osipov — developed the concept of the article, finally approved the published version of the article, contributed to the work and took part in the preparation of the text of the article, agrees to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бондарева Лиана Ильясовна* — ведущий инженер лаборатории нефтегазовой геофлюидодинамики ФГБУН «Институт проблем нефти и газа Российской академии наук».

3, ул. Губкина, г. Москва 119333, Россия

e-mail: liana_abril@mail.ru

SPIN-код: 1584-1518

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3986-858X>

Liana I. Bondareva* — Leading Engineer of the Laboratory of Oil and Gas Geofluid Dynamics of the Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences.

3, Gubkin str., Moscow 119333, Russia

e-mail: liana_abril@mail.ru

SPIN-code: 1584-1518

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3986-858X>

Осипов Александр Викторович — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, член-корреспондент РАЕН, исполняющий обязанности декана нефтегазового факультета ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: osipovav@mgri.ru

SPIN-код: 7992-0199

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6298-4274>

Alexander V. Osipov — Cand. of Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Acting Dean of the Oil and Gas Faculty Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: osipovav@mgri.ru

SPIN-code: 7992-0199

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6298-4274>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author