

О ГЕОТЕРМИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНЫХ РАЙОНОВ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. А. Новиков^{1,2}, С. В. Рыжкова^{1,2}, Ф. Ф. Дульцев², А. В. Черных^{1,2}

¹Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,
г. Новосибирск, Россия

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Россия

Аннотация. Приводятся результаты геотермических исследований нефтегазоносных отложений северных районов Новосибирской области и сопредельных территорий. Выполнено геотермическое районирование, и установлены основные геотермические аномалии. Особенности геотермической зональности мезозойских отложений в изучаемом регионе в первую очередь определяются вещественным составом палеозойского фундамента, структурным планом и тепляющим воздействием подземных вод при их межпластовых перетоках из более глубокопогруженных горизонтов. В пределах апт-альб-сеноманских отложений пластовые температуры нивелируются, и аномалии не выделяются. Наибольшие геотермические градиенты до 3,6–4,6 °C/100 м соотносятся с краевыми зонами развития интрузивных образований доюрских пород. Пониженные градиенты 2,4–3,0 °C/100 м характеризуют области распространения карбонатных пород палеозоя.

Ключевые слова: геотермическая зональность; аномалия; геотермический градиент; пластовые температуры; геотермическая модель; Новосибирская область

GEOTHERMAL ZONALITY OF OIL AND GAS BEARING DEPOSITS IN THE NORTH-WESTERN TERRITORY OF NOVOSIBIRSK REGION

D. A. Novikov^{1,2}, S. V. Ryzhkova^{1,2}, F. F. Dultsev², A. V. Chernykh^{1,2}

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy
of Sciences, Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The article is devoted to the approach to geothermal zonality. The results of geothermal studies of oil and gas bearing deposits in the northern territory of Novosibirsk region and adjacent areas are presented. Geothermal zoning was carried out, and the major geothermal anomalies were determined. The features of the geothermal zonality of Mesozoic sediments in the region under investigation are first of all defined by the material composition of the Paleozoic basement, the structural arrangement, and the warming effect of ground water during its cross-flows from deeper lying horizons. Formation temperatures get leveled within the boundaries of Aptian-Albian-Cenomanian sediments, and no anomalies are distinguished. The highest geothermal gradients up to 3,6–4,6 °C/100 m and correspond to the edge zones of the development of intrusive formations of pre-Jurassic rocks. Lower gradients up to 2,4–3,0 °C/100 m and characterize the regions, in which Paleozoic carbonate rocks occur.

Key words: geothermal zonality; anomaly; geothermal gradient; formation temperature; geothermal model; Novosibirsk region

Геотермические исследования в Западной Сибири ведутся более 60 лет. За этот период выполнено значительное число исследований, как теоретического характера, так и с целью прикладного использования геотермической информации для решения различных проблем гидрогеологии, тектоники и нефтяной геологии ре-

гиона. Их результаты отражены в многочисленных трудах Г. Д. Гинсбурга, А. Д. Дучкова, Ю. Г. Зимины, А. Э. Конторовича, В. А. Кошляка, Н. М. Кругликова, А. Р. Курчикова, Б. Ф. Маврицкого, И. И. Нестерова, Б. П. Ставицкого, Э. Э. Фотиади, Г. А. Черемного и многих других исследователей. Первые региональные карты температур осадочного чехла на всю территорию Западно-Сибирского бассейна были построены в 1967 году Ю. Г. Зиминым, А. Э. Конторовичем, Л. И. Швыдковой [1]. Позднее такие построения выполнялись неоднократно (В. И. Ермаков, А. Э. Конторович, Н. М. Кругликов, Б. П. Ставицкий, В. А. Скоробогатов и др.). Наиболее полные сводки содержатся в многочисленных работах А. Э. Конторовича, А. Р. Курчикова, И. И. Нестерова и других [2–15].

Изученность геотермических условий района исследований крайне неоднородна (рис. 1). В связи с резким сокращением геолого-разведочных работ в начале 90-х годов прошлого века практически прекратилось поступление качественной геолого-геофизической информации. Настоящее исследование основано на анализе всего имеющегося доступного фактического материала (опубликованные и фондовые данные) с начала геологоразведочных работ в регионе (с 1950 года) представленного результатами испытания скважин более 3 200 объектов 186 поисковых площадей. Наиболее изученными из всех являются юрские резервуары.

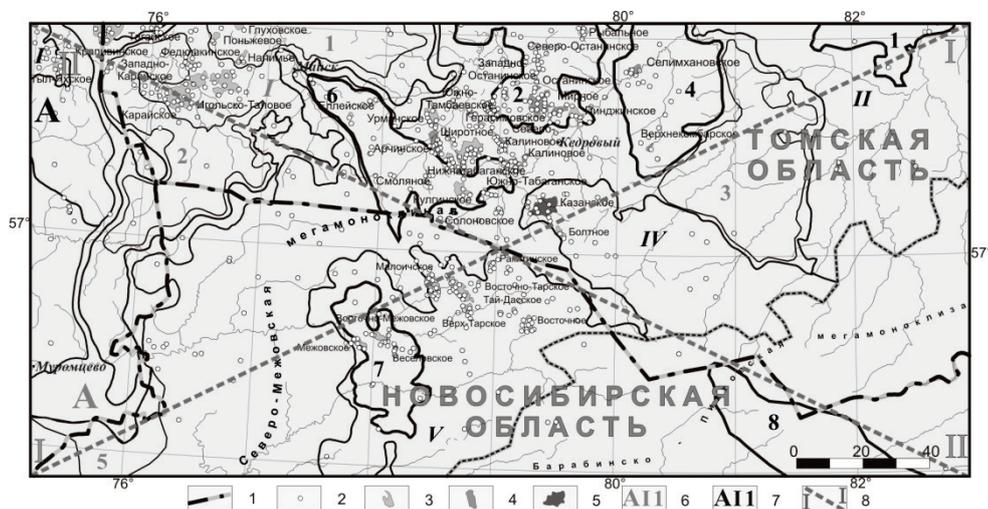


Рис. 1. Обзорная карта района исследований:

- 1 — административные границы, 2 — скважины; месторождения:
 3 — нефтяные, 4 — нефтегазоконденсатные, 5 — газоконденсатные и газовые;
 тектонические элементы по [16]: 6 — отрицательные: напорядковый:
 А — Колотогорско-Нюрольский желоб, I порядка: I — Нюрольская мегавпадина,
 II порядка: I — Центрально-Нюрольская мезовпадина, 2 — Южно-Нюрольская
 мезовпадина, 3 — Бакчарская мезовпадина, 5 — Кыштовский наклонный мезопрогиб;
 7 — положительные: напорядковый: А — Верхневасюганская антеклиза,
 I порядка: I — Верхнедемьянский мезавал, II — Парабельский наклонный мезавал,
 IV — Калгачский наклонный мезавал, V — Межовский структурный мегамыс,
 II порядка: 1 — Колпашевский мезовал, 2 — Пудинское куполовидное мезоподняtie,
 4 — Горелоярское куполовидное мезоподняtie, 6 — Лавровский наклонный мезовал,
 7 — Западно-Межовское куполовидное мезоподняtie, 8 — Верхнешегарский мезовыступ;
 8 — линии геотермических разрезов (см. рис. 5)

В настоящем исследовании решались две задачи в соответствии с целями исследования — построение комплекта карт пластовых температур и геотермических градиентов. При составлении карт пластовых температур на основные стратиграфические уровни была принята методика, основы которой были заложены

А. Э. Конторовичем, А. Р. Курчиковым, И. И. Нестеровым, Б. П. Ставицким в 60–70-е гг. прошлого столетия. Был создан банк всех имеющихся геотермических материалов, и выполнена их разбраковка по степени достоверности. На основе имеющихся материалов были рассчитаны геотермические параметры (геотермический градиент и ступень) геологического разреза, которые были положены в основу геотермического районирования территории по величине геотермического градиента. Далее, с использованием структурных карт по основным стратиграфическим горизонтам и регрессионных зависимостей геотермических параметров с глубиной были созданы сеточные модели (Grid) с использованием специализированных программных пакетов GridBuilder и GridMaster (разработка В. А. Лапковского, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН), а также GS Surfer. Финальная корректировка карт современных температур пород мезозоя, палеозоя и верхней части протерозоя проводилась с учетом фактических замеров в скважинах.

В структуре геотермического поля в основании осадочного чехла Западной Сибири установлена определенная геотермическая зональность [5, 7]. При детальном анализе выявлено несколько геотермических зон, которые имеют непосредственную связь с возрастом консолидации доюрских комплексов Западно-Сибирской плиты [17]. Н. Н. Ростовцевым с соавторами выделены структурно-тектонические зоны, прошедшие разновозрастные эпохи складчатости: байкальская, салаирская, каледонская и герцинская, также докембрийские жесткие массивы, существование которых предполагается по геофизическим данным [18]. В работах В. С. Суркова с соавторами [19, 20] установлены особенности строения основных структурно-тектонических зон, и доказано существование мегацикличности в эволюции земной коры Западной Сибири (чередование деструктивной и конструктивной стадий). Район исследований находится в зоне развития герцинской складчатости и по величине геотермического градиента характеризуется значениями от 2,4 до 4,6 °C/100 м (рис. 2).

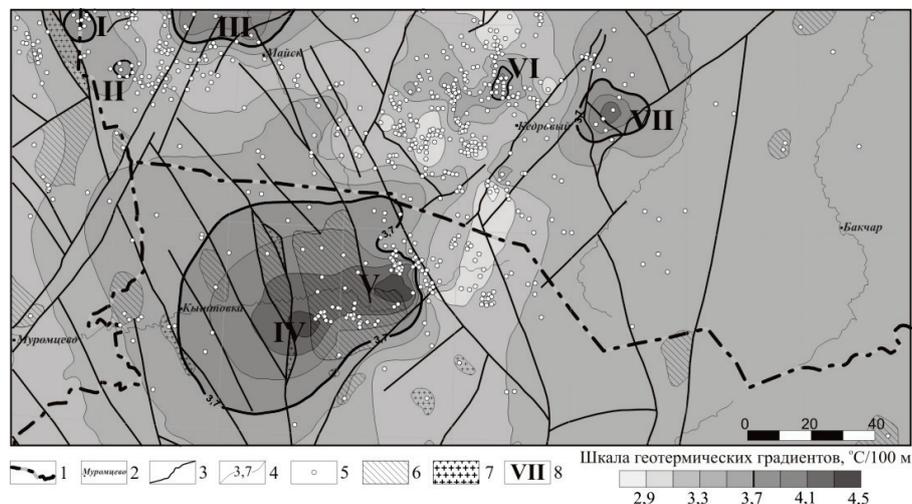


Рис. 2. Карта геотермического районирования мезозойско-кайнозойского осадочного чехла северо-запада Новосибирской области:

- 1 — административные границы; 2 — населенные пункты; 3 — гидрография;
4 — средние геотермические градиенты, °C/100 м; 5 — скважины; 6 — интрузивные породы преимущественно кислого состава (граниты, сиениты, гранодиориты, граносиениты); 7 — интрузивные породы ультраосновного и основного состава;
8 — зоны аномально высоких значений геотермического градиента (выше 3,7 °C/100 м):
I — Северо-Ягыл-Яхская, II — Карайская, III — Западно-Моисеевская, IV — Западно-Межовская, V — Восточно-Межовская, VI — Останинская, VII — Верхнекомбарская

В разрезе осадочного чехла обособляются две геотермические зоны: нижняя, от неокомских до палеозойских отложений, является наиболее разогретой, верхняя, объединяющая отложения апт-альб-сеномана и кайнозоя, — холодной. В нижней части разреза геотермические градиенты варьируют в интервале 3,3–3,9 °C/100 м, в верхней — 2,3–3,39 °C/100 м. Латеральное распределение пластовых температур и характеристик геотермического поля подчиняется следующим закономерностям. В пределах Верхневасюганской антеклизы (на северо-западе района исследований) и Северо-Межовской мегамоноклины (в центральной части) отмечаются повышенные значения геотермических градиентов до 4,7 °C/100 м. Другая зона расположена на западе района исследований, в границах Колтогорско-Нюрольского желоба, и характеризуется значениями средних геотермических градиентов до 3,7 °C/100 м. На юго-востоке и востоке изучаемого района (Барабинско-Пихтовская мегамоноклиза, Бакчарская мезовпадина, Калгачский наклонный мегавал) происходит закономерное снижение величин средних геотермических градиентов и пластовых температур. При этом следует отметить, что эта территория крайне слабо изучена глубоким бурением, и эти выводы могут носить предварительный характер.

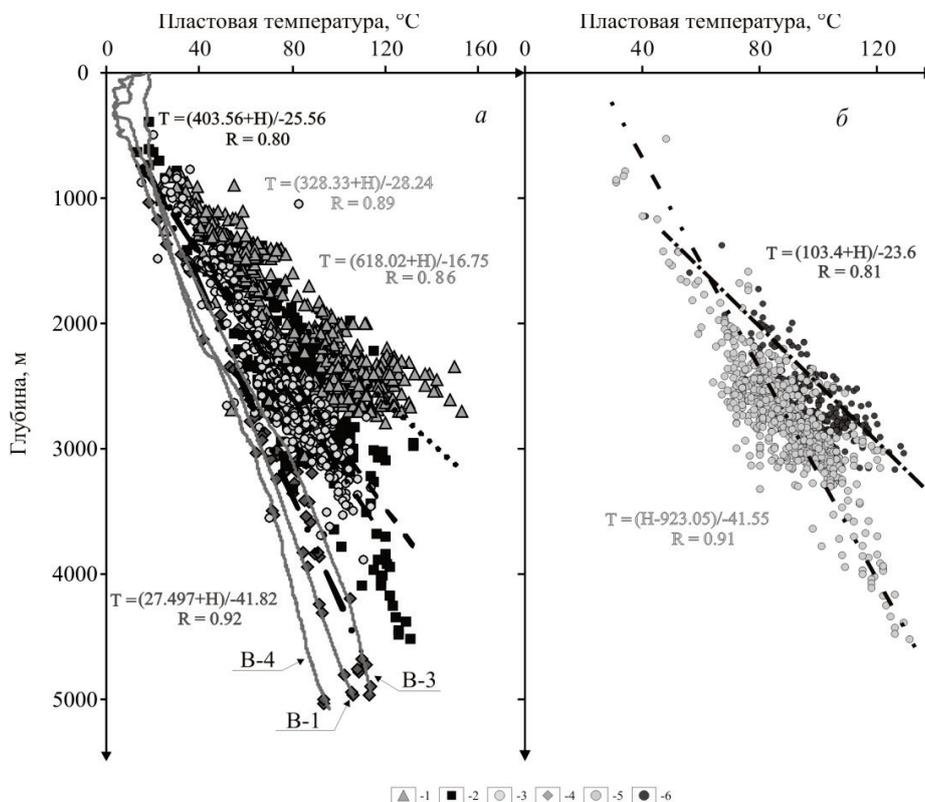


Рис. 3. Типы вертикальной геотермической зональности Западно-Сибирского осадочного бассейна (а) и изучаемого региона (б).

Замеры пластовых температур в пределах районов Западной Сибири: 1 — западных; 2 — юго-восточных; 3 — центральных; 4 — Предъенисейского осадочного бассейна (в скважинах Восток-1, Восток-3, Восток-4) [17, 21]; структур изучаемого региона с величиной геотермического градиента (°C/100 м): 5 — 2,4–3,6; 6 — 3,6–4,6

Обобщение и детальный анализ имеющихся геотермических материалов позволил выявить особенности геотермического разреза недр и установить две рег-

рессионные зависимости, отражающие изменение пластовых температур с глубиной в зависимости от вещественного состава доюрского основания. Первая характеризует зону развития интрузивных образований и описывается уравнением $T = (103,4+H)/-23,6$; вторая характеризует зону осадочных пород преимущественно карбонатного состава и описывается уравнением $T = (H-923,05)/-41,55$. Анализ полученных данных показал, что геотермические градиенты варьируются от 2,4–3,6 °C/100 м в более «холодном» карбонатном типе разреза до 3,6–4,6 °C/100 м в зоне распространения интрузивных образований (рис. 3).

На базе структурных построений, выполненных в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, геотермического районирования по величине среднего геотермического градиента, полученных регрессионных зависимостей изменения пластовых температур с глубиной ($T = (103,4+H)/-23,6$; $T = (H-923,05)/-41,55$) с использованием программных пакетов GridBuilder, GridMaster и GS Surfer были созданы сеточные модели (Grid) распределения пластовых температур по кровлям нефтегазоносных комплексов (НГК): 1) доюрский, 2) юрский, 3) нижнемеловой (кровля алымского горизонта), 4) верхнемеловой (кровля сеноманских отложений).

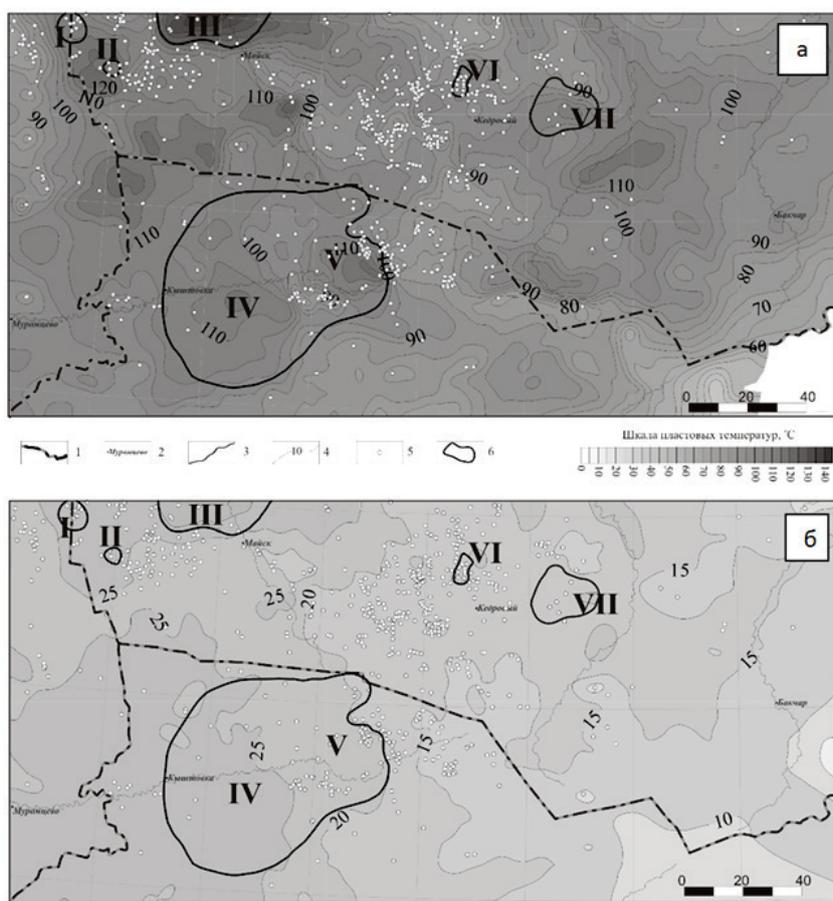


Рис. 4. Карты пластовых температур в кровле доюрского (а) и верхнемелового (б) нефтегазоносных комплексов: 1 — административные границы; 2 — населенные пункты; 3 — гидрография; 4 — изотермы, °C; 5 — скважины; 6 — зоны anomalно высоких значений геотермического градиента (выше 3,7 °C/100 м)

Для доюрского НГК пластовые температуры изменяются от 30 (на юго-востоке территории в зоне отсутствия юрских отложений) до 142 °С (рис. 4 а). Распределение пластовых температур в кровле юрских отложений носит аналогичный характер. При этом снижается контрастность геотермических аномалий.

Температуры варьируют от 26 до 72 °С на юго-востоке района исследований, растут до 73–104 °С в центральной и западной частях и уменьшаются до 72–84 °С в северо-западной части. Для отложений неокома в центральной и северной частях пластовые температуры составляют 45–70 °С, снижаясь в восточном и юго-восточном направлениях к окраине бассейна до 13–45 °С. Контрастность геотермических аномалий на описываемом уровне значительно ниже, чем в юрском НГК. При анализе геотермических особенностей верхнемелового НГК выявлены общее нивелирование пластовых температур и исчезновение геотермических аномалий (рис. 4 б). Величины пластовых температур этого комплекса колеблются от 5 до 32 °С.

Таким образом, в результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы. В ходе анализа построенных карт пластовых температур оговорены семь геотермических аномалий (см. рис. 4). Под аномальными понимаются площади с превышением фоновых значений пластовых температур на 20–30 °С. Наименования аномалиям даны в соответствии с локальными площадями, расположенными непосредственно в ее границах. Для корректных выводов по Северо-Ягыл-Яхской и Западно-Моисеевской аномалиям требуются дополнительные исследования.

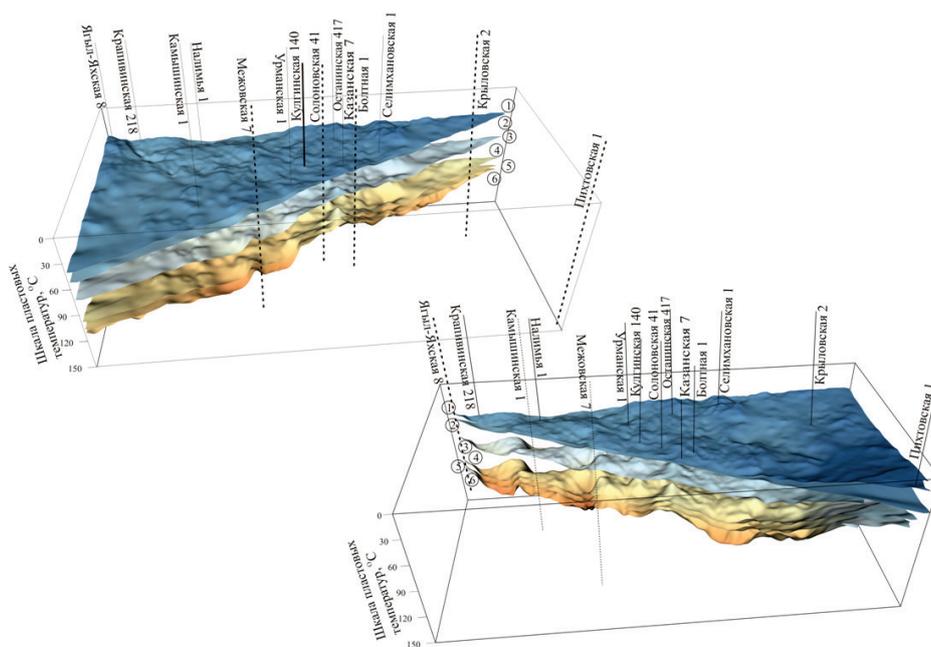


Рис. 5. Геотермическая модель северо-западных районов Новосибирской области.

Кровли основных нефтегазоносных комплексов: 1 — талицкой свиты; 2 — верхнемелового; 3 — нижнемелового; 4 — юрского; 5 — пласта У₁₀; 6 — доюрского

В ходе комплексного анализа аномалий со структурными картами (кровли тогурской свиты, тюменской свиты, кровли юры, кровли алымского горизонта, кровли кузнецовской свиты и кровли талицкой свиты), картами толщин флюидоупоров (тогурского, нижневасюганского), схемой границ клиноформенного комплекса

нижнего мела, картой вещественного состава доюрского основания, тектоническими картами (фундамента, мезозойско-кайнозойского осадочного чехла и юрского структурного яруса) однозначных взаимосвязей не установлено.

Схожее расположение аномалий по четырем изученным НГК и их близость к региональным разломам свидетельствуют о существенной роли конвективного тепломассопереноса за счет межпластовых перетоков в ходе тектонической эволюции осадочного бассейна. Доминировавший в кайнозое процесс регионального погружения центральной (осевой) части Западно-Сибирского осадочного бассейна относительно структур складчатого обрамления не сопровождался вертикальными тектоническими движениями отдельных блоков фундамента и не привел к формированию разрывных нарушений. Единичные разломы, проникающие в кайнозой, фиксируются в северо-западной части района исследований в зоне сочленения Каймысовского свода и Нюрольской мегавпадины [16].

Полученные результаты свидетельствуют о весьма сложной структуре геотермического поля района исследований, геотермические характеристики которого зависят от нескольких факторов, в первую очередь от особенностей геологического строения, вещественного состава пород, геодинамической истории и т. д. Большое влияние оказывает отепляющее воздействие межпластовых перетоков подземных вод из более погруженных горизонтов в тектонически нарушенных зонах.

При анализе геотермического материала выявлена закономерная тенденция значительного уменьшения величины теплового потока и характеристик геотермического поля в направлении с запада на восток. Итогом наших исследований служит трехмерная геотермическая модель (рис. 5), показывающая вертикальную зональность мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, позволяющая рассматривать характер изменения пластовых температур с глубиной и прогнозировать тенденции ее вариации на объектах, слабо обеспеченных фактическими данными.

Исследования проводились при финансовой поддержке Проекта IX.131.3.2. «Геохимия, генезис и механизмы формирования состава подземных вод арктических районов осадочных бассейнов Сибири» Программы IX.131.3. «Эволюция гидрогеологических систем осадочных бассейнов Сибири» Приоритетного направления IX.131. «Геология месторождений углеводородного сырья, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа, научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья» Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук Российской Федерации на 2013-2020 годы, Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Новосибирской области в рамках научных проектов № 17-45-540086-р_а, № 18-45-540004-р_а и № 17-45-543249-р_мол_а.

Библиографический список

1. Зимин Ю. Г., Конторович А. Э., Швыдкова Л. И. Геотермическая характеристика мезозойских отложений Западно-Сибирского нефтегазонасного бассейна // Геология и геофизика. – 1967. – № 5. – С. 3–13.
2. Эволюция температурного поля осадочного чехла северной части Западно-Сибирской плиты / А. Д. Дучков [и др.] // Геология и геофизика. – 1990. – № 10. – С. 51–60.
3. Курчиков А. Р., Ставицкий Б. П. Особенности изменения с глубиной теплопроводности осадочных пород Западной Сибири // Труды ЗапСибНИГНИ. – 1980. – Вып. 48. – С. 11–15.
4. Курчиков А. Р. Гидродинамическая природа геотемпературной аномалии в Салымском и Красноленском районах Западной Сибири // Труды ЗапСибНИГНИ. – 1981. – Вып. 164. – С. 38–47.
5. Курчиков А. Р., Ставицкий Б. П. Геотермия Западной Сибири // Труды ЗапСибНИГНИ. – 1985. – Вып. 200. – С. 75–90.
6. Курчиков А. Р., Ставицкий Б. П. Определение глубинного теплового потока в сложных геотермических условиях // Изв. АН СССР. Сер. геологическая. – 1986. – № 11. – С. 121–127.
7. Курчиков А. Р., Ставицкий Б. П. Геотермия нефтегазоносных областей Западной Сибири. – М.: Недра, 1987. – 134 с.
8. Курчиков А. Р. Гидрогеотермические критерии нефтегазоносности. – М.: Недра, 1992. – 231 с.

9. Маврицкий Б. Ф. Геотермическая зональность Западно-Сибирского артезианского бассейна // Известия АН СССР. Сер. геологическая. – 1960. – № 3. – С. 72–83.
10. Нестеров И. И., Курчиков А. Р., Ставицкий Б. П. Основные особенности геотемпературного поля Западной Сибири // Нефтегеологические интерпретации теплового режима недр Западной Сибири // Труды ЗапСибНИГНИ. – 1988. – С. 5–23.
11. Нестеров И. И., Ставицкий Б. П., Курчиков А. Р. О степени нарушенности теплового режима недр за позднечетвертичное время (по данным о Западной Сибири) // Доклады АН СССР. – 1980. – Т. 250, № 2. – С. 418–421.
12. Ставицкий Б. П. Геотермические условия Западно-Сибирской низменности. Геология СССР. Т. XLIV, ч. II. – М.: Недра, 1964. – С. 205–209.
13. Тепловой режим недр Западной Сибири. Изученность и особенности / Б. П. Ставицкий [и др.] // Труды ЗапСибНИГНИ. – 1981. – Вып. 164. – С. 18–37.
14. Сурков В. С., Роменко В. И., Жеро О. Г. Геотермическая характеристика платформенного чехла центральной части Западно-Сибирской плиты и связь ее с геологическим строением фундамента // Труды СНИИГГИМСа. – 1972. – Вып. 156. – С. 101–109.
15. Фотиади Э. Э., Моисеенко У. И., Соколова Л. С. О тепловом поле Западно-Сибирской плиты // Доклады АН СССР. – 1969. – Т. 189, № 2. – С. 385–388.
16. Тектоническое строение и история развития Западно-Сибирской геосинеклизы в мезозое и кайнозое / В. А. Конторович [и др.] // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42, № 11–12. – С. 1832–1845.
17. Дульцев Ф. Ф., Новиков Д. А. Геотермическая зональность Предьенисейского осадочного бассейна // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328, № 11. – С. 6–15.
18. Ростовцев Н. Н. Геологическое строение и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности // Труды ЗапСибНИГНИ. – 1965. – Вып. 1. – 302 с.
19. Сурков В. С., Жеро О. Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. – М.: Недра, 1981. – 143 с.
20. Мегакомплексы и глубинная структура земной коры Западно-Сибирской плиты / Под ред. В. С. Суркова. – М.: Недра, 1986. – 149 с.
21. Новиков Д. А., Шварцев С. Л. Гидрогеологические условия Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 10. – С. 1131–1143.

Сведения об авторах

Новиков Дмитрий Анатольевич, к. г.-м. н., доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, заведующий лабораторией гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, тел. 8(383)3638036, e-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru

Рыжкова Светлана Владимировна, к. г.-м. н., ассистент кафедры геологии месторождений нефти и газа, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, старший научный сотрудник лаборатории нефти и газа Западной Сибири, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, тел. 8(383)3066371, e-mail: RizhkovaSV@ipgg.sbras.ru

Дульцев Федор Федорович, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, тел. 8(913)0022200, e-mail: DultsevFF@gmail.com

Черных Анатолий Витальевич, аспирант, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, инженер, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, тел. 8(961)2263376, e-mail: tolyachernykh@gmail.com

Information about the authors

Novikov D. A., Candidate of Geology and Mineralogy, Associate Professor at the Department of Geology of Oil and Gas Fields, Novosibirsk State University, Head of the Laboratory of Sedimentary Basins Hydrogeology of Siberia, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, phone: 8(383)3638036, e-mail: Novikov-DA@ipgg.sbras.ru

Ryzhkova S. V., Candidate of Geology and Mineralogy, Assistant at the Department of Geology of Oil and Gas Fields, Novosibirsk State University, Senior Researcher of the Laboratory of Petroleum Geology of Western Siberia, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, phone: 8(383)3066371, e-mail: RizhkovaSV@ipgg.sbras.ru

Dultsev F. F., Postgraduate, Junior Researcher of the Laboratory of Sedimentary Basins Hydrogeology of Siberia, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, phone: 8(913)0022200, e-mail: DultsevFF@gmail.com

Chernykh A. V., Postgraduate, Novosibirsk State University, Engineer, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, phone: 8(961)2263376, e-mail: tolyachernykh@gmail.com