

Геотермические особенности западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба

Д. А. Новиков

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

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

e-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Приводятся результаты комплексного изучения геотермических условий нефтегазоносных отложений западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба. Установлено наличие четырех типов вертикальной геотермической зональности, природа которых является следствием геологической эволюции осадочного бассейна. Минимальные геотермические градиенты (1,80–2,2 °C/100 м) приурочены к прибортовым районам с небольшой мощностью осадочного чехла и развитием инфильтрационной водонапорной системы, а максимальные (3,2–3,4 °C/100 м) выявлены в зонах проявления дизъюнктивной тектоники, которая оказала значительное отопляющее воздействие на геологический разрез за счет восходящей разгрузки подземных вод из глубокозалегающих водоносных горизонтов.

Ключевые слова: геотермическое поле; геотермическая зональность; геотермический градиент; тепловой поток; подземные воды; межпластовые перетоки; Енисей-Хатангский региональный прогиб; Арктика

Geothermal features of the western part of Yenisei-Khatanga regional trough

Dmitry A. Novikov

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

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

e-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru

Abstract. The article deals with the results of a comprehensive study of the geothermal conditions of oil and gas bearing deposits in the western part of Yenisei-Khatanga regional trough. Four types of vertical geothermal zonality are established, the characteristics of which depend on the geological evolution of different parts of the sedimentary basin. The minimal geothermal gradients (1,80–2,2 °C/100 m) are established there in the near edge zones with a small thickness of the sedimentary cover and the development of the infiltration system. The maximum gradients (3,2–3,4 °C/100 m) are established in the zones of disjunctive tectonics, which had a significant heating effect on the geological section due to the ascending discharge of groundwater from deep-lying aquifers.

Key words: geothermal field; geothermal zonality; geothermal gradient; heat flow; groundwater; interstratal flow; Yenisei-Khatanga regional trough; the Arctic

Введение

Пластовая температура является одним из основных факторов, определяющих степень преобразованности рассеянного органического вещества горных пород, газо- и нефтеобразования, формирования и сохранения залежей углеводородов (УВ). Именно от температуры зависят физико-химические свойства и фазовое состояние газов, нефти и воды в пластовых условиях [1–6]. Общие вопросы геотермии обсуждаются как в теоретическом, так и в экспериментальном плане в работах К. Ф. Богородицкого, Ю. П. Булашевича, М. С. Бурштара, В. И. Вернадского, В. В. Гордиенко, В. Н. Дахнова, Д. И. Дьяконова, А. Д. Дучкова, А. Э. Конторовича, В. М. Кошляка, А. Р. Курчикова, Р. И. Кутаса, Е. А. Любимовой, С. В. Лысак, Б. Ф. Маврицкого, Ф. А. Макаренко, И. В. Машкова, В. А. Покровского, Я. Б. Смирнова, Е. В. Стадника, Г. М. Сухарева, Н. М. Фролова, А. Г. Череманского, А. В. Щербакова и др.

В трудах А. А. Трофимука, П. Ф. Швецова, Ф. Г. Гурари, У. И. Моисеенко, Н. В. Дубровой, С. И. Сергиенко, В. Ф. Никонова, Б. Ф. Маврицкого, С. В. Егорова, А. Э. Конторовича, Н. М. Кругликова, А. А. Розина, Б. П. Ставицкого, В. Б. Торговановой, Э. Э. Фотиади и др. выполнены региональные описания распределения температуры и геотермического градиента осадочного чехла Западно-Сибирского осадочного бассейна (ЗСОБ) и западных районов Енисей-Хатангского регионального прогиба (ЕХРП) (рис. 1).

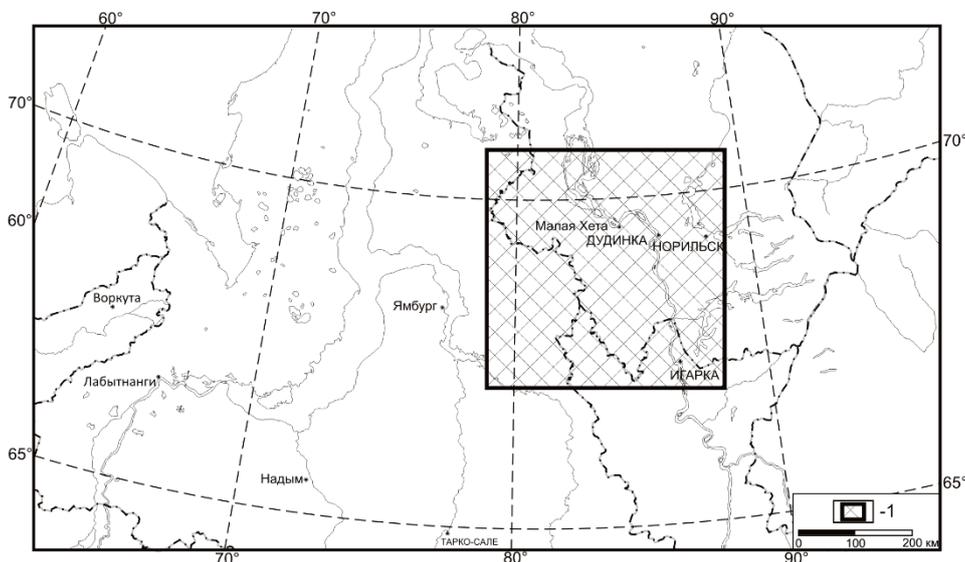


Рис. 1. Местоположение района исследований:

1 — границы исследуемого района на западе Енисей-Хатангского регионального прогиба

Влияние геотермических условий на процессы сохранения залежей нефти и газа, их формирование и распределение в пределах ЗСОБ рассмотрены в работах Ю. П. Гаттенбергера, Д. И. Дьяконова, Г. П. Евсеева, Ю. Г. Зимина, Л. М. Зорькина, А. Р. Курчикова, В. Д. Наливкина, Е. В. Стадника, Н. П. Уточкина, Ю. В. Щепеткина и др. Анализ геотермического режима Западно-Сибирской плиты в работах О. Г. Жиро, А. Р. Ставицкого, Г. Е. Малофеева, Э. Э. Фотиади, В. С. Суркова, А. Д. Дучкова, Г. А. Череманского, С. И. Сергиенко, У. И. Моисеенко, А. А. Смылова, В. А. Кошляка, В. И. Роменко был выполнен на основе расчетов теплового потока и распределения его плотности, а также определения теплотемических свойств пород. Связь геотермических особенностей ЗСОБ с геологическим строе-

нием фундамента, тектоническими нарушениями и движением подземных вод рассматривалась В. П. Гавриловым, Г. Д. Гинсбургом, О. Г. Жиро, В. А. Кротовой, Н. М. Кругликовым, В. И. Роменко, С. И. Сергиенко, Б. П. Ставицким, В. С. Сурковым, Г. А. Черменским и др.

Материалы и методы

На территории западной части ЕХРП исследованиями геотермического поля и криолитозоны занимались В. Т. Балобаев, В. В. Бобылев, Б. В. Володько, Г. Д. Гинсбург, В. А. Голубев, Н. П. Гречишников, Ю. Г. Зимин, Г. А. Иванова, И. В. Каменцова, Б. П. Ставицкий, Л. И. Швыдкова и др. В настоящем исследовании обобщены результаты испытаний пластов (более 360 объектов) и комплекс ГИС (термометрия скважин) по 46 скважинам. В процессе исследований проведен анализ геотермических материалов и термометрий с последующей интерпретацией данных по стратиграфическим уровням. Проанализированы точечные замеры пластовых температур, и рассчитаны геотермический градиент и геотермическая ступень (геотермический градиент — повышение температуры на единицу длины: $G = (T - t)/(H - h)$, обычно его относят к интервалу глубин 100 м; геотермическая ступень — интервал, в пределах которого температура повышается на 1°C : $G = (H - t)/(T - t)$, где T и t — температуры ($^{\circ}\text{C}$) на глубинах H и h соответственно). Наиболее изученными из всех являются меловые резервуары.

Результаты и их обсуждение

Значения пластовых температур в изученном глубоком бурением гидрогеологическом разрезе ЕХРП изменяются от отрицательных в районах распространения криогенной толщи до положительных (несколько сот градусов) в глубоководных горизонтах. Регион исследования расположен в заполярье и приурочен к зоне вечной мерзлоты сплошного распространения. При изучении геотермических условий необходимо учитывать особый геологический объект — криогенную толщу, мощность которой здесь достигает 650 м и она выступает в качестве регионального водоупора, оказывая существенное влияние на температурный режим осадочных пород и залежей УВ [7–18]. Криогенная толща образовалась во время похолодания климата в неоген-четвертичное время, то есть до формирования современного рельефа и гидрографической сети, о чем свидетельствуют ее значительная мощность вблизи русла р. Енисей и ее уменьшение к сводовым частям поднятий (Точинская, Долганская, Малохетская структуры). Мощность варьирует от первых десятков метров в районе р. Енисей и Майской площади до более 650 м в районе Хабейской и Гольчихинской площадей.

Важным геотермическим параметром является плотность теплового потока (тепловой поток ($\text{мВт}/\text{м}^2$) — произведение геотермического градиента на теплопроводность [5, 19–22]).

Известно, что тепловой поток, идущий из глубинных слоев Земли, изменяется по площади слабо и определяется, прежде всего, возрастом консолидации фундамента. Для исследуемой территории имеются расчеты глубинного теплового потока по 14 скважинам на 6 площадях (Джангодская, Долганская, Казанцевская, Малохетская, Мессояхская и Суходудинская). Регион характеризуется низкими значениями этого параметра (в среднем $46,7 \text{ мВт}/\text{м}^2$) [4–6, 23, 24].

Структура геотермического поля изучаемой части ЕХРП неоднородна. В регионе выделены четыре типа геотермического разреза (рис. 2).

1 — границы геотермических зон по величине среднего геотермического градиента: I — $1,80\text{--}2,2^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$, II — $2,7\text{--}2,8^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$, III — $2,9\text{--}3,0^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$, IV — $3,2\text{--}3,4^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$; 2 — месторождения нефти и газа (газовые: 1 — Нанадянское, 2 — Пеляткинское, 3 — Ушаковское, 4 — Казанцевское, 6 — Мессояхское, 10 — Зимнее, 11 — Нижнехетское; газонептяные: 8 — Новоселенинское,

9 — Горчинское, 16 — Сузунское, 17 — Ванкорское; газоконденсатные: 5 — Северо-Соленинское, 7 — Южно-Соленинское, 14 — Северо-Хальмерпаютинское, 15 — Хальмерпаютинское; нефтегазоконденсатные: 12 — Восточно-Мессояхское, 13 — Пяяхинское, 18 — Лодочное); 3 — изотермы, °С; 4 — зона развития криогенной толщи; 5 — тектонические нарушения; 6 — линии геотермических разрезов (рис. 3).

Таблица 1

**Геотермическая характеристика
осадочного чехла
западной части Енисей-Хатангского
регионального прогиба**

Площадь, скважина	Г, °С/100 м	G, м/1 °С
Ванкорская, 11	2,58	38,7
Восточно-Мессояхская, 1	2,77	36,0
Восточно-Мессояхская, 33	2,91	34,4
Гольчихинская, 1	2,00	50,0
Горчинская, 1	3,01	33,3
Дерябинская, 1	1,68	59,7
Дерябинская, 13	2,20	45,4
Джангодская, 2	3,11	32,2
Джангодская, 4	2,67	37,5
Долганская, 1	3,62	27,6
Долганская, 2	3,26	30,7
Зимняя, 6	2,86	35,0
Казанцевская, 4	2,53	39,6
Казанцевская, 6	2,65	37,7
Малохетская, 15	3,29	30,4
Медвежья, 316	2,21	45,3
Нижнехетская, 1	3,48	28,8
Нижнехетская, 2	2,96	33,8
Озерная, 10	2,61	38,3
Пайяхская, 1	2,64	37,9
Пайяхская, 3	2,63	38,1
Пайяхская, 4	2,96	33,8
Пеляткинская, 2	2,53	39,6
Пеляткинская, 10	2,63	38,1
Пеляткинская, 11	2,78	36,0
Рассохинская, 1	3,39	29,5
Северо-Соленинская, 14	2,53	39,6
Северо-Соленинская, 15	2,67	37,5
Средне-Яровская, 1	2,76	36,2
Сузунская, 1	2,67	37,4
Сузунская, 3	2,42	41,3
Сузунская, 4	2,56	39,1
Сузунская, 19	2,54	39,4
Сузунская, 20	2,67	37,4
Суходудинская, 1	3,25	30,8
Суходудинская, 2	2,92	34,2
Турковская, 2	2,55	39,2
Ушаковская, 2	2,53	39,5
Ушаковская, 4	2,76	36,2
Хабейская, 3	2,37	42,2

Пластовая температура постепенно увеличивается от краевых зон к внутренним областям. Зоны с развитой дизъюнктивной тектоникой оказывают отепляющее воздействие, отличаются высокими геотермическими градиентами в пределах 3,2–3,4 °С/100 м и, возможно, выступают областями разгрузки подземных вод. В целом геотермическое поле характеризуется геотермическими градиентами, не превышающими 2,5–2,8 °С/100 м. Прибортовые зоны региона исследований характеризуются пониженными геотермическими градиентами (от 1,80 до 2,18 °С/100 м), что связано с процессами инфильтрации атмосферных осадков, малой мощностью осадочного чехла и влиянием криогенной толщи (табл. 1). Температура подземных вод в пластовых условиях изменяется в широком диапазоне, что наглядно показано на картах, построенных по кровлям нижне-среднеюрского, верхнеюрского, неокомского, апт-альб-сеноманского водоносных комплексов. С использованием прямых измерений пластовых температур в скважинах, средних геотермических градиентов и регрессионных зависимостей путем экстраполяции в программе Grid-Master и Surfer был составлен комплект карт распределения пластовых температур (см. рис. 2).

Разница значений пластовых температур в кровле и подошве апт-альб-сеноманского комплекса (ΔT) варьирует в диапазоне от 0 до +25 °С, что связано с относительно небольшой его мощностью и значи-

тельным влиянием криогенной толщи. Последняя промораживает его отложения во внутренних районах (Зимняя, Малохетская и Нижнехетская площади) и в прибортовых районах. Рост значений ΔT связан с увеличением мощности комплекса

по мере его погружения. Восточно-Мессояхская и Западно-Мессояхская площади характеризуются максимальной разницей пластовых температур (ΔT).

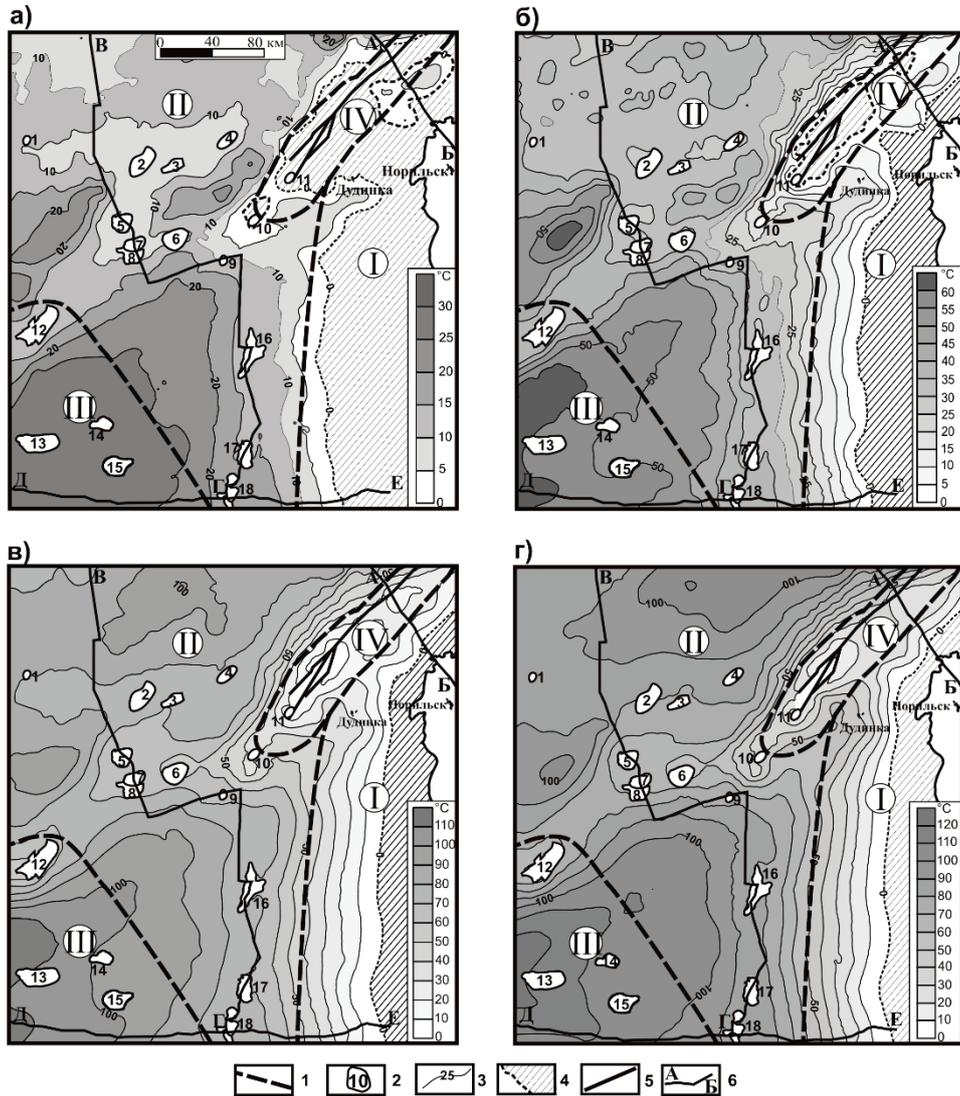


Рис. 2. Карты пластовых температур с элементами геотермического районирования в кровлях: а) апт-альб-сеноманского; б) неокомского; в) верхнеюрского; г) нижнесреднеюрского водоносных комплексов западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба

Пластовые температуры в кровле апт-альб-сеноманского комплекса изменяются в интервале от 0 до 30 °С (см. рис. 2 а, рис. 3). В центральной части преобладают температуры от 10 до 20 °С. На Пякяхинской, Северо-Хальмерпаютинской и Хальмерпаютинской площадях температура в кровле апт-альб-сеноманского комплекса составляет 25–26 °С (площади приурочены к структуре II порядка — Северо-Тазовской мезовадине). На Восточно- и Западно-Мессояхской (Среднемессояхский мезовал, осложняющий Мессояхскую наклонную гряду), Ванкорской и Лодочной площадях температуры колеблются в интервале 11–14 °С (тектониче-

ская структура II порядка — Ванкоро-Тагульский наклонный мезовал). На Казанцевской, Пеляткинской, Солёнинских и Ушаковской площадях отмечаются температуры до 10 °С (большая часть площади относится к структуре I порядка — Усть-Портовскому мегавыступу). В пределах прибортовых частей ЕХРП отмечаются наименьшие величины геотермических градиентов (до 1,22 °С/100 м). Среднее значение геотермического градиента составляет $\Gamma = 1,72$ °С/100 м, максимальные градиенты до 2,29 отмечаются в центральной части изучаемого региона.

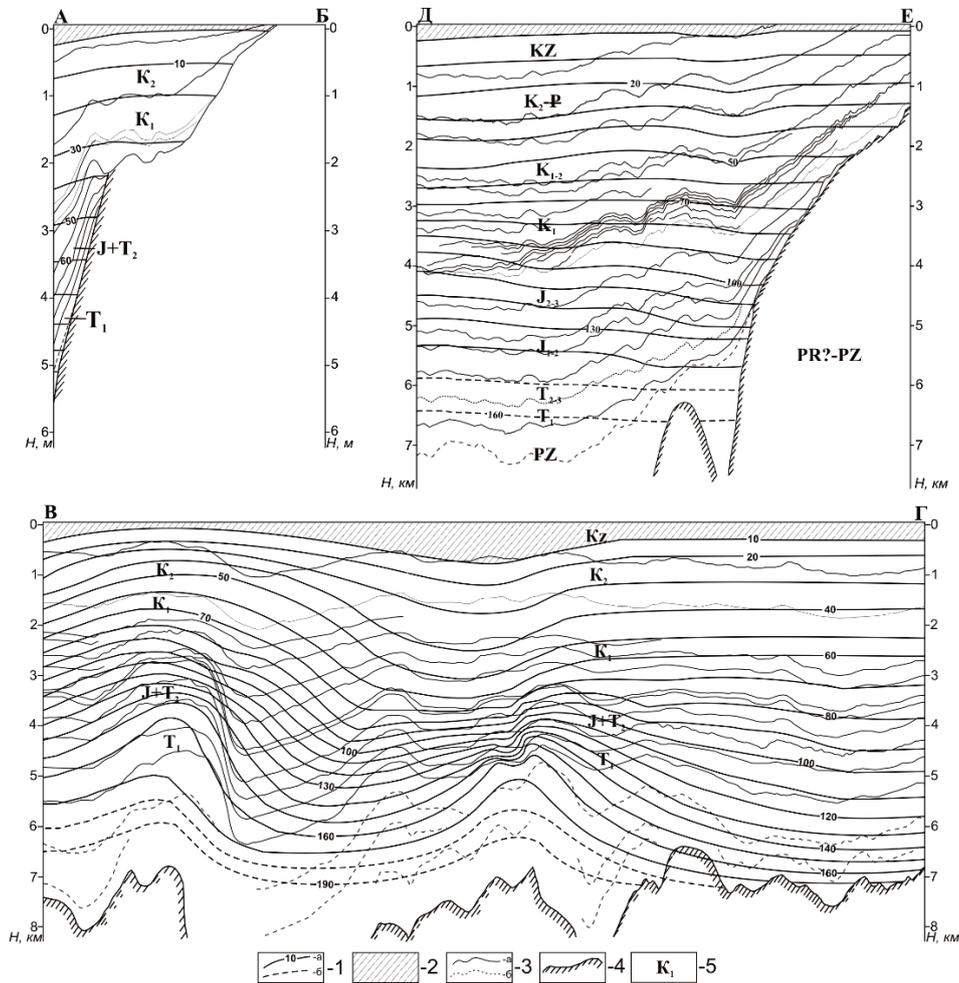


Рис. 3. Геотермические разрезы западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба: 1 — изотермы, °С: а) достоверные, б) предполагаемые; 2 — криогенная толща; 3 — стратиграфические границы: а) достоверные, б) предполагаемые; 4 — фундамент; 5 — возраст отложений. Местоположение геотермических разрезов указано на рис. 2

Тенденции распределения пластовых температур в кровле неокомского водоносного комплекса во многом повторяют вышезалегающий апт-альб-сеноманский (см. рис. 2 б, рис. 3). Разброс температур составляет от 0 до 60 °С. Температуры до 25 °С приурочены к прибортовым областям, где отложения комплекса находятся в зоне влияния криогенной толщи (Малохетская, Нижнехетская, Суходудинская

площади и др.). На Хабейской площади температура составляет около 10°C , на Зимней — от 14 до 19°C , на Дерябинской и Озерной — чуть менее 25°C . В кровле неокомского водоносного комплекса установлены пластовые температуры в интервале $30\text{--}40^{\circ}\text{C}$ (Мессояхская, Западно- и Восточно-Мессояхская, Ванкорская, Ушаковская, Сузунская, Пеляткинская и Солёнинские площади). Повышенные температуры ($50\text{--}60^{\circ}\text{C}$) выявлены на Хальмерпаутинской, Северо-Хальмерпаутинской, Южно-Мессояхской и Пякяхинской площадях. В пределах неокомских отложений разница пластовых температур (ΔT) составляет от 0 до 65°C . Максимальные ее значения выявлены на Пякяхинской и Южно-Мессояхской площадях. Геотермические градиенты варьируют в значительных пределах от $1,5$ до $3,0$ ($2,92^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ — Озерная площадь). Средний геотермический градиент составляет $2,23^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$.

В кровле верхнеюрского комплекса пластовые температуры варьируют от 0 до 110°C (см. рис. 2 в, рис. 3). В прибортовых районах осадочные отложения комплекса выклиниваются и характеризуются пластовыми температурами, не превышающими $40\text{--}45^{\circ}\text{C}$ (Хабейская, Гольчихинская, Суходудинская площади). Криогенная толща локально развита в пределах Точинской, Зимней, Мессояхской, Малохетской, Нижнехетской площадей. Пластовые температуры от 50 до 70°C выявлены на Восточно-Мессояхской, Западно-Мессояхской, Мессояхской, Озерной, Северо-Соленинской и Южно-Соленинской. Изменение пластовых температур от 70 до 95°C фиксируется на Ванкорской, Казанцевской, Лодочной, Пеляткинской, Средне-Яровской, Сузунской и Ушаковской площадях. Максимальные температуры от 95 до 110°C установлены на Пякяхинской, Северо-Хальмерпаутинской, Хальмерпаутинской и Южно-Мессояхской площадях, приуроченных к Агапскому мегапрогибу и Большехетской мегасинеклизе [12]. Температуры в пределах комплекса изменяются незначительно, и значения ΔT составляют от 0 до 25°C . Максимальная разница температур установлена на Долганской и Озерной площадях. Геотермические градиенты изменяются от $2,39$ до $3,69^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$. Геотермические градиенты в интервале $3,5\text{--}3,69$ установлены в скв. 1 Ушаковской, 4 Сузунской и 8 Озерной площадей. Средний геотермический градиент по комплексу составляет $2,92^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$.

В нижнесреднеюрском комплексе пластовые температуры достигают 120°C (см. рис. 2 г, рис. 3). Пластовые температуры от 20 до 50°C выявлены на Зимней, Малохетской, Нижнехетской и Суходудинской площадях. Интервал $50\text{--}80^{\circ}\text{C}$ характеризует разрезы Восточно-Мессояхской, Горчинской, Западно-Мессояхской, Мессояхской, Соленинской и Ушаковской площадей [12]. На Ванкорской, Казанцевской, Озерной, Пеляткинской и Сузунской площадях установлены температуры в интервале от 80 до 100°C . Максимальные пластовые температуры до 120°C приурочены к максимально погруженным частям прогиба (Центрально-Таймырский желоб и Большехетская мегасинеклиза) и выявлены на Пайяхской, Пякяхинской, Северо-Хальмерпаутинской, Хальмерпаутинской и Южно-Мессояхской площадях. Разница пластовых температур (ΔT) достигает 220°C . Районы с температурными аномалиями более 200°C приурочены к структурам Танамской и Хальмерпаутинской площадей, а также области, расположенной между Восточно-Мессояхской и Горчинской структурами [12]. Вследствие схожести картины распределения пластовых температур по кровле верхнеюрского и нижне-среднеюрского комплексов величины геотермических градиентов также схожи. Детальный анализ геотермических материалов, вскрывших юрские комплексы, это подтверждает. Так, геотермический градиент для всего юрского комплекса в скважинах 4 Сузунской и 1 Долганской площадей равен $3,12^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, Нижнехетской 2 — $2,55^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, Джангодской 5 — $3,55^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, Ушаковской 1 — $2,96^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$.

Выводы

- Для нефтегазоносных отложений западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и смежных территорий Западно-Сибирской плиты характерно неоднородное строение геотермического поля.
- В изученной части гидрогеологического разреза установлено наличие четырех разных типов вертикальной геотермической зональности, что является результатом геологического развития региона.
- Минимальные значения градиентов геотермического поля характерны для прибортовых частей с осадочным чехлом малой мощности и преобладанием инфильтрационной водонапорной системы. Зоны проявления дизъюнктивной тектоники характеризуются максимальными значениями градиентов. Все другие установленные зоны имеют переходный тип геотермического разреза между этими граничными.

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 и Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научных проектов № 16-05-00945-а и № 18-05-70074 Ресурсы Арктики.

Библиографический список

1. Гидродинамика и геотермия нефтяных структур / Г. В. Богомолов [и др.]; под ред. академика Г. В. Богомолова; АН СССР, Ин-т геохимии и геофизики. – Минск: Наука и техника, 1975. – 235 с.
2. Матусевич В. М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. – М.: Недра, 1976. – 280 с.
3. Кругликов Н. М., Нелюбин В. В., Яковлев О. Н. Гидрогеология Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна и особенности формирования залежей углеводородов. – Л.: Недра, 1985. – 279 с.
4. Тепловое поле недр Сибири / А. Д. Дучков [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1987. – 198 с.
5. Курчиков А. Р., Ставицкий Б. П. Геотермия нефтегазоносных областей Западной Сибири. – М.: Недра, 1987. – 134 с.
6. Курчиков А. Р. Гидрогеотермические критерии нефтегазоносности. – М.: Недра, 1992. – 230 с.
7. Обидин Н. И. Мерзлая зона литосферы и подземные воды Советской Арктики // Тр. Арктического НИИГУСМП. – Т. 16. – Л.: Главсевморпути, 1946. – 180 с.
8. Пономарев В. М. Вечная мерзлота и подземные воды района Усть-Енисейского порта // Тр. Института мерзлотоведения им. В. А. Обручева. – Т. 10. – М.: АН СССР, 1952. – С. 4–87.
9. Равдоникас О. В. Основные итоги гидрогеологических исследований нефтеносных районов севера Западной Сибири / Под ред. И. С. Грамберга. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 194 с.
10. Некоторые закономерности распределения температуры в многолетнемерзлой толще на севере Западной Сибири / Ф. Г. Бакулин [и др.] // Гидрогеология Енисейского севера: Сб. ст. – Вып. 1. – Л.: Изд-во НИИГА, 1969. – С. 78–82.
11. Шварцев С. Л., Новиков Д. А. Природа вертикальной гидрогеохимической зональности нефтегазоносных отложений (на примере Надым-Тазовского междуречья, Западная Сибирь) // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – № 8. – С. 1008–1020.

12. Новиков Д. А. Гидрогеология западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2013. – Т. 8, № 1. – Режим доступа: http://www.ngtr.ru/rub/4/2_2013.pdf. DOI: 10.17353/2070-5379/2_2013
13. Новиков Д. А. Гидродинамика нефтегазоносных отложений неокома переходной области от Западно-Сибирского артезианского бассейна к Хатангскому // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2014. – № 2. – С. 24–33.
14. Кох А. А., Новиков Д. А. Гидродинамические условия и вертикальная гидрогеохимическая зональность подземных вод в западной части Хатангского артезианского бассейна // Водные ресурсы. – 2014. – Т. 41, № 4. – С. 375–386.
15. Новиков Д. А. Геохимия термальных вод северных районов Западной Сибири // ГЕО-Сибирь–2016: сб. материалов XII междунар. науч. конгресса в 3 т. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – Т. 1. – С. 99–104.
16. Новиков Д. А. Гидрогеологические предпосылки нефтегазоносности западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геодинамика и тектонофизика. – 2017. – Т. 8, № 4. – С. 881–901. DOI: 10.5800/GT-2017-8-4-0322
17. Novikov D. A., Sukhorukova A. F. Hydrogeology of petroleum deposits in the northwestern margin of the West Siberian Artesian Basin // Arabian Journal of Geosciences. – 2015. – Vol. 8, № 10. – P. 8703–8719.
18. Novikov D. A. Hydrogeochemistry of the Arctic areas of Siberian petroleum basins // Petroleum Exploration and Development. – 2017. – Vol. 44, № 5. – P. 780–788.
19. Дьяконов Д. И. Геотермия в нефтяной геологии. – М.: Гостоптехиздат, 1958. – 277 с.
20. Фролов Н. М. Гидрогеотермия. – М.: Недра, 1968. – 316 с.
21. Дучков А. Д., Соколова Л. С. Геотермические исследования в Сибири. – Новосибирск: Наука, 1974. – 280 с.
22. Геотермические модели геологических структур: сб. науч. тр. / Под ред. У. И. Моисеенко, В. В. Гордиенко. – М.: Наука, 1991. – 185 с.
23. Поляк Б. Г., Смирнов Я. Б. Связь глубинного теплового потока с тектоническим строением контактов // Геотектоника. – 1968. – № 4. – С. 3–19.
24. Гордиенко В. В. Тепловые аномалии геосинклиналей. – Киев: Наукова Думка, 1975. – 140 с.

Сведения об авторе

Новиков Дмитрий Анатольевич, к. г.-м. н., заведующий лабораторией гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, доцент кафедр геологии месторождений нефти и газа и общей и региональной геологии, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, e-mail: Novikov-DA@ipgg.sbras.ru

Information about the author

Dmitry A. Novikov, Candidate of Geology and Mineralogy, 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, Associate Professor at the Department of Geology of Petroleum Fields and at the Department of General and Regional Geology, Novosibirsk State University, e-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru