



ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ЛЕНО-ТУНГУССКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

И. В. Литвинова, А. И. Сурнин

Рассмотрена история формирования современного представления геотермической модели осадочного чехла Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. На основе анализа и переинтерпретации доступного материала, накопленного на 2014 г., дана характеристика современного геотемпературного поля осадочного чехла территории Лено-Тунгусской провинции, выполнено геотермическое районирование. Показан диапазон изменения пластовых температур по разрезу осадочного чехла в основных нефтегазоносных комплексах: кембрийском, венд-нижнекембрийском, рифей-вендском. Рассмотрена латеральная изменчивость температур в разных нефтегазоносных областях Лено-Тунгусской провинции. Выделены территории с равновесным (фоновым) геотермическим режимом недр, геотермические районы устойчивого прогрева и устойчивого охлаждения осадочного чехла. Подтверждается определяющая роль проводящих глубинных разломов в формировании положительных аномалий теплового поля осадочного чехла. Определены ведущие факторы формирования аномально холодных областей на северо-востоке Непско-Ботубинской антеклизы.

Ключевые слова: Лено-Тунгусская НГП, криолитозона, геотемпературное поле, геотермический градиент.

GEOHERMAL FIELD OF THE SEDIMENTARY COVER IN THE LENA-TUNGUSKA PETROLEUM PROVINCE

I. V. Litvinova, A. I. Surmin

The paper considers the evolution of geothermal model describing the sedimentary cover in the Lena-Tunguska petroleum province. Analysis and re-interpretation of available data as of 2014 characterise current geothermal field of the sedimentary cover in the Lena-Tunguska petroleum province with geothermal zonation. The paper includes the range of temperature variation in the sedimentary cover section within major petroleum plays: Cambrian, Vendian – Lower Cambrian, and Riphean-Vendian. Lateral variation of temperatures in different petroleum regions of the Lena-Tunguska province is considered. Territories with equilibrium (background) subsurface geothermal regime, geothermal regions of stable heating and stable cooling of the sedimentary cover are identified in the paper. The authors justify the major impact of conductive deep faults on formation of positive anomalies of the sedimentary cover geothermal field. Key factors in formation of abnormally cold areas in the north-east of the Nepa-Botuoba antecline are determined.

Keywords: Lena-Tunguska petroleum province, permafrost zone, geothermal field, geothermal gradient.

DOI 10.20403/2078-0575-2016-2-41-49

В последние 10 лет в СНИИГГиМС выполнялись региональные гидрогеологические обобщения в рамках работ по оценке перспектив нефтегазоносности и прогнозу новых зон нефтегазоаккумуляции в Лено-Тунгусской провинции Сибирской платформы. Обобщение по геотермии проведено на основе переинтерпретации всей совокупности данных глубокого бурения и региональных геофизических работ, накопленных на 2014 г. Достаточно полная региональная характеристика криолитосферы и геотемпературного поля Сибирской платформы была дана в работах [2, 3, 14]. При ее составлении были использованы результаты собственных наблюдений в режимных, поисково-разведочных и структурно-коллекторных скважинах, фондовые материалы нефтегазоразведочных экспедиций, публикации сотрудников Института мерзлотоведения СО РАН, Института земной коры СО РАН, Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, ВостСибНИИГГиМС, ВНИИЯГГ, ВНИГРИ [4, 8, 11, 13]. В этих работах показано влияние на геотемпературное

поле тектонического строения Сибирской платформы, влияние криолитосферы, климатического и гидрогеологических факторов. В 1987 г. было издано крупное обобщение по геотермии Западной и Восточной Сибири [12]. В последние годы опубликованы геотермические данные по юго-восточной части Сибирской платформы (монография М. Н. Железняк [5]), по западной и северо-западной частям Лено-Тунгусской провинции (статьи М. Б. Букаты [1], А. Д. Новикова [10], М. Н. Железняк [6]).

Поступивший за последнее 30 лет обработанный дополнительный материал показал, что сложившаяся в 1980-х гг. геотермическая модель Лено-Тунгусской провинции принципиально не изменилась, но может быть уточнена за счет данных параметрического бурения в новых районах и адаптирована к современным сейсмогеологическим моделям строения осадочного чехла.

Для оценки геотермических условий осадочного чехла в первую очередь были обработаны температурные данные, построены сводные графики



распределения температур по промысловым термограммам, точечным замерам и измерениям при испытании скважин на изученных месторождениях и поисковых площадях. Опорным (эталонным) материалом служат измерения в скважинах, находившихся «в спокойном стоянии» от нескольких месяцев до нескольких лет (Кирамкинская 1, Ковыктинская 1, Байкитская 1, Куюмбинская 12, Собинская 18, Среднеботуобинская 13, Талаканская 812 и др.). Кроме того, изучались параметрические скважины, которые удалось «удержать в покое» в течение примерно 1 мес. в период между окончанием бурения и началом испытаний (Чайкинская 279, Среднекочумская 251, Кугаская 364, Майгунская 275).

Известно, что величина нарушения естественной температуры пород вблизи скважин в значительной мере зависит от режима и продолжительности бурения. Длительная циркуляция промывочной жидкости приводит к повышению температуры в околоствольной зоне скважины. Наибольшая разница между естественной температурой и температурой, сформировавшейся к концу бурения, характерна для верхней части разреза, особенно в зоне отрицательных температур. Разница может достигать 15 °С. Анализ повторных термограмм [7] и расчеты естественной температуры пород по методу [9] показывают, что уже в первые месяцы «спокойного стояния» температуры в режимных скважинах приближаются к естественным, отличаясь от них на 0,5–2,0 °С в интервале глубин 100–1000 м. На больших глубинах эта разница меньше. Сопоставление термограмм разного качества из одной скважины показывает, что схождение температур произойдет на глубине не менее 1000 м. Соответственно, возможность использования этих термограмм снижается в верхней и средней частях разреза, а расчеты для этой зоны сомнительны. Но если температура снята с термограммы «невывыставшейся» скважины на достаточных глубинах и близка с измерениями в процессе испытаний высокоприточных объектов, эти данные можно принять как достоверные.

При построении карты на малоизученных территориях использовались аналогии с прилегающими площадями с учетом сходства литолого-тектонических и гидрогеологических особенностей разреза [3]. Массовые геотермические расчеты (определение геотермических градиентов для стратиграфических интервалов и температур в основных нефтегазодоносных комплексах) выполнялись с учетом изменчивости глубины проникновения криолитозоны.

Практически всю северную и центральную области юго-западной части Лено-Тунгусской НГП занимает зона преимущественно сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП). В северных и восточных районах провинции (на западе Якутии, на склонах Анабарского щита), на юге плато Путорана и вблизи побережья Северного Ледовитого океана ярус мерзлых пород подстилается мощной толщей охлажденных пород, содержащих воды с отрица-

тельной температурой – криопэги. Область прерывистого распространения ММП протягивается вдоль юго-западных окраин Тунгусского и южных окраин Якутского артезианских бассейнов в виде полосы шириной до 100–300 км. Остальная территория платформенной формы может быть отнесена к области островного, реже редкоостровного развития ММП [2, 3].

В разрезе осадочного чехла Лено-Тунгусской НГП выделяют рифейский, вендский, верхневендско-нижнекембрийский, кембрийский, ордовикско-девонский и каменноугольно-пермский нефтегазодоносные комплексы (НГК). Геотемпературные условия в них показаны в табл. 1.

Общее представление о региональной изменчивости температурного поля в осадочном чехле Лено-Тунгусской НГП дает «Карта температур на эрозионной поверхности венда» (рис. 1). При ее составлении использованы данные примерно 200 промысловых термограмм и более 80 прямых измерений температуры при испытаниях скважин. На карте показано распределение пластовых температур в венд-нижнекембрийском нефтегазодоносном комплексе, приведенных к кровле тэтэрской свиты. Установленные региональные закономерности геотемпературного поля служат фоном для выделения аномалий, происхождение которых связано с местными глубинными источниками тепла.

Выделяются обширные области развития низких температур на северо-востоке описываемой территории в границах Анабарской антеклизы, Сюнджерской седловины и на северо-востоке Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА) в интервале *усольского горизонта нижнего кембрия*. Они сочетаются с известной областью наиболее глубокого проникновения криолитозоны, которая содержит ярусы многолетнемерзлых пород, сухих охлажденных пород и водоносные горизонты с рассолами с отрицательной температурной – криопэгами. В целом здесь глубина проникновения криолитозоны достигает 1450 м в пределах Анабарской антеклизы и 900 м в Ботуобинском районе Непско-Ботуобинской, а абсолютные отметки поверхности с нулевой температурой пород меняются от –400 м на севере до 0 м в центре НБА. В венд-нижнекембрийском НГК на уровне кровли тэтэрской свиты и ее аналогов самые низкие температуры (до 10 °С) получены на северо-востоке НБА (Чаяндинская, Озерная, Тас-Юряхская, Иктехская, Мирнинская нефтегазодоносные площади).

С погружением структурного плана, в западном и юго-западном направлении температуры на поверхности вендских отложений возрастают от 20–30 до 40–50 °С. Области максимального прогрева пород прогнозируются в депрессиях Присяяно-Енисейской синеклизы, Курейской синеклизы, а также на погружении западного борта Вилюйской синеклизы (см. рис. 1, табл. 1). Эта тенденция прослеживается и по нижним комплексам осадочного чехла (рис. 2).

Очевидно, что региональная изменчивость распределения пластовых температур в выбранном



Таблица 1

Температуры разреза в нефтегазоносных комплексах Лено-Тунгусской НГП

Нефтегазоносная область	НГК (стратиграфический горизонт)					
	Кембрийский(усольский)		Венд-нижнекембрийский (даниловский)		Рифей-вендский (тирский, непский, рифейский)	
	1	2	1	2	1	2
Северо-Тунгусская	30–80 (прогноз)	Не вскрыт	Не вскрыт бурением		Не вскрыт бурением	
Южно-Тунгусская	37–58	2500–3600	37–62	2800–4000	45–68 (юг)	10–54
Байкитская	19–26	1800–2200	22–35	2000–2900	20–36	3500–4000
Ангарская зона складок	33	2100	23–55	2100–3800	41–65	2100–3200
Катангская	17–40	1200–2300	17–46	1600–2900	22–55	3200–4000
Ангаро-Ленская	13–50	700–2500	20–60	1600–3400	21–65	2500–400
Присаяно-Енисейская	>35	1300–3100	35–75	1400–3600	35–120	1600–4600
Непско-Ботубинская	10–25	900–2000	12–31	1300–2400	17–37	1400–5000
Северо-восток НБА	2–13	300–1600	4–15	1100–1900	7–22	1600–2700
Анабарская (южная часть)	0–10	1200–1700	1–30	1500–2600	Не изучен	1300–2600
Сюдджерская	Не изучен	2100–2700	Не изучен	2600–3300	«	1800–3100
Предпатовская	13–42	900–3100	5–39	950–3300	10–94	3000–4000

Примечание. 1 – диапазон изменения температуры, °С; 2 – интервал измерений, м

нефтегазоносном комплексе определяется прежде всего гипсометрической глубиной поверхности приведения и в общем виде отражает структурный план. Интерпретацию закономерностей геотемпературного поля осадочного чехла осложняет разная теплопроводность породных комплексов, которые могут экранировать или, наоборот, хорошо проводить восходящие эндогенные тепловые потоки. Над поверхностью эффективных тепловых экранов (глинистые толщи, трапповые силлы, покровы базальтов и др.) отвод тепла (остывание разреза) более интенсивный, чем в их подошве. Это создает эффект увеличения геотермического градиента в интервале низкотеплопроводной толщи при неизменной величине восходящего теплового потока. Поэтому следует учитывать, что высокое значение геотермического градиента разреза, рассчитанное по дискретным измерениям температуры, *не является однозначным* показателем усиленной тепловой активности территории. Знание геотермических градиентов в литолого-стратиграфических комплексах и площадное районирование по данному показателю целесообразно главным образом для прогноза температур разреза при проектировании сква-

жин на мало изученных территориях. Тем не менее в ситуациях, когда при прочих равных региональных геотермических условиях разрез локального участка или зоны аномально прогреет, мы можем рассматривать повышенный геотермический градиент как косвенный показатель усиленного теплового потока по проводящему тектоническому разлому (окну) и связанной с ним глубинной восходящей разгрузки флюидов (рис. 3).

Чтобы снять влияние «структурного фактора» на анализ изменчивости геотемпературного поля в пределах Лено-Тунгусской НГП, были построены температурные «карты-срезы» осадочного чехла в интервале от рифея до ордовика. Для этого были рассчитаны приведенные температуры на горизонтальных плоскостях –3500 м, –2500 м, –1500 м. Анализ гистограмм распределения в полученных массивах температурных данных позволил выделить статистически однородные интервалы и ограничивающие их изотермы для каждого «среза». Они использованы при построении карт приведенных температур (рис. 4).

Показанный в табл. 2 широкий общий диапазон разброса температур на каждом уровне отра-

Таблица 2

Распределение температур на горизонтальных срезах

Уровень горизонтального среза (абс. отм.)	Приведенные температуры, °С			
	Общий диапазон	Фоновые значения (2/3 территории)	Термоминимум	Термомаксимум
–1500	5–60	25–30	5–15	40–60
–2500	10–90	35–45	10–20	55–90
–3500	15–125	45–60	15–30	75–125

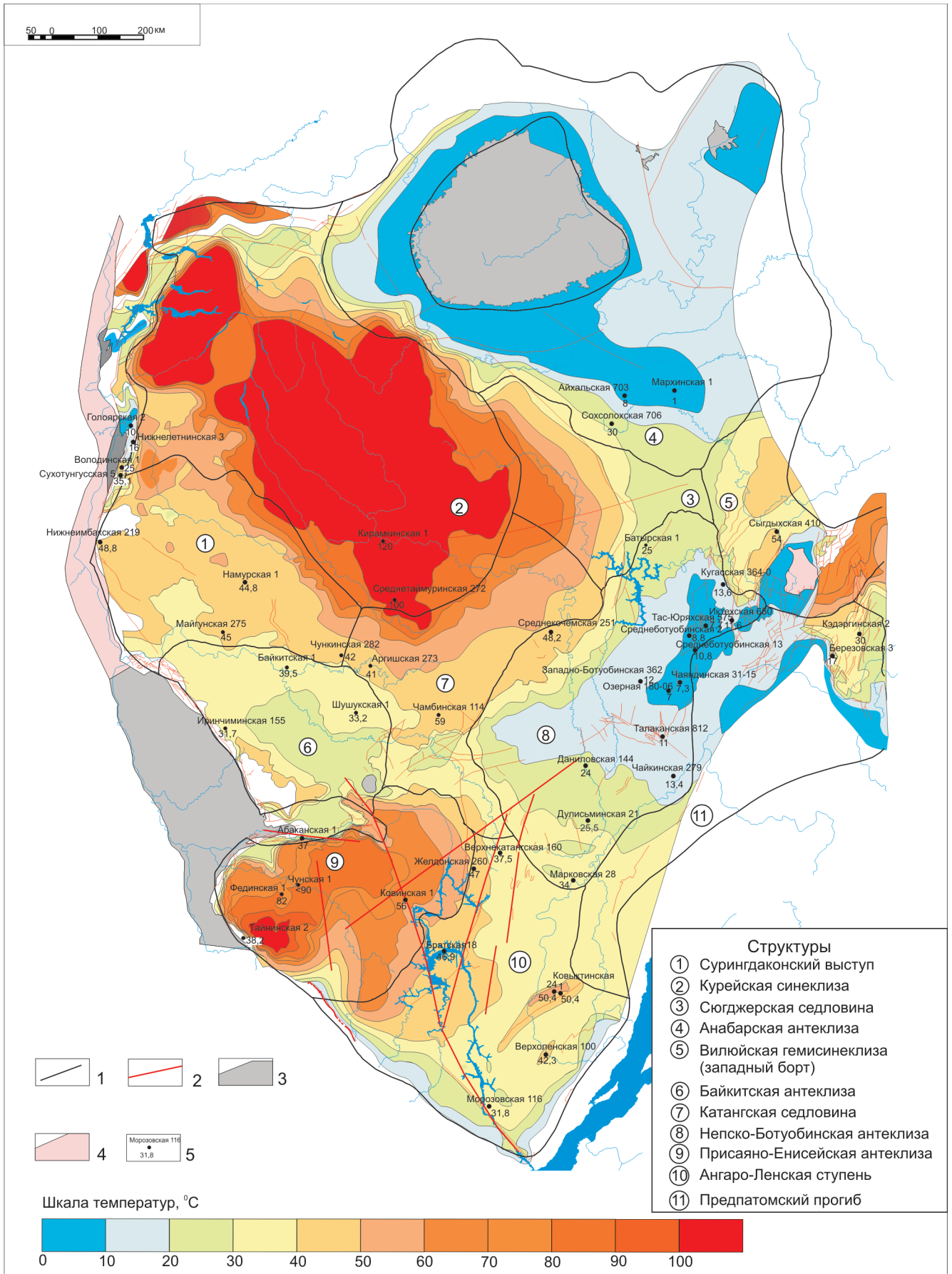


Рис. 1. Карта температур на эрозионной поверхности венда (кровля тэтарской свиты)

1 – границы структур; 2 – зоны проводящих глубинных разломов; 3 – область выхода образований докембрия на дневную поверхность во внутриплатформенных областях; 4 – область складчатых образований докембрия, перекрытых мезозойско-кайнозойскими отложениями; 5 – площадь, номер опорной скважины и температура (°C) в ней

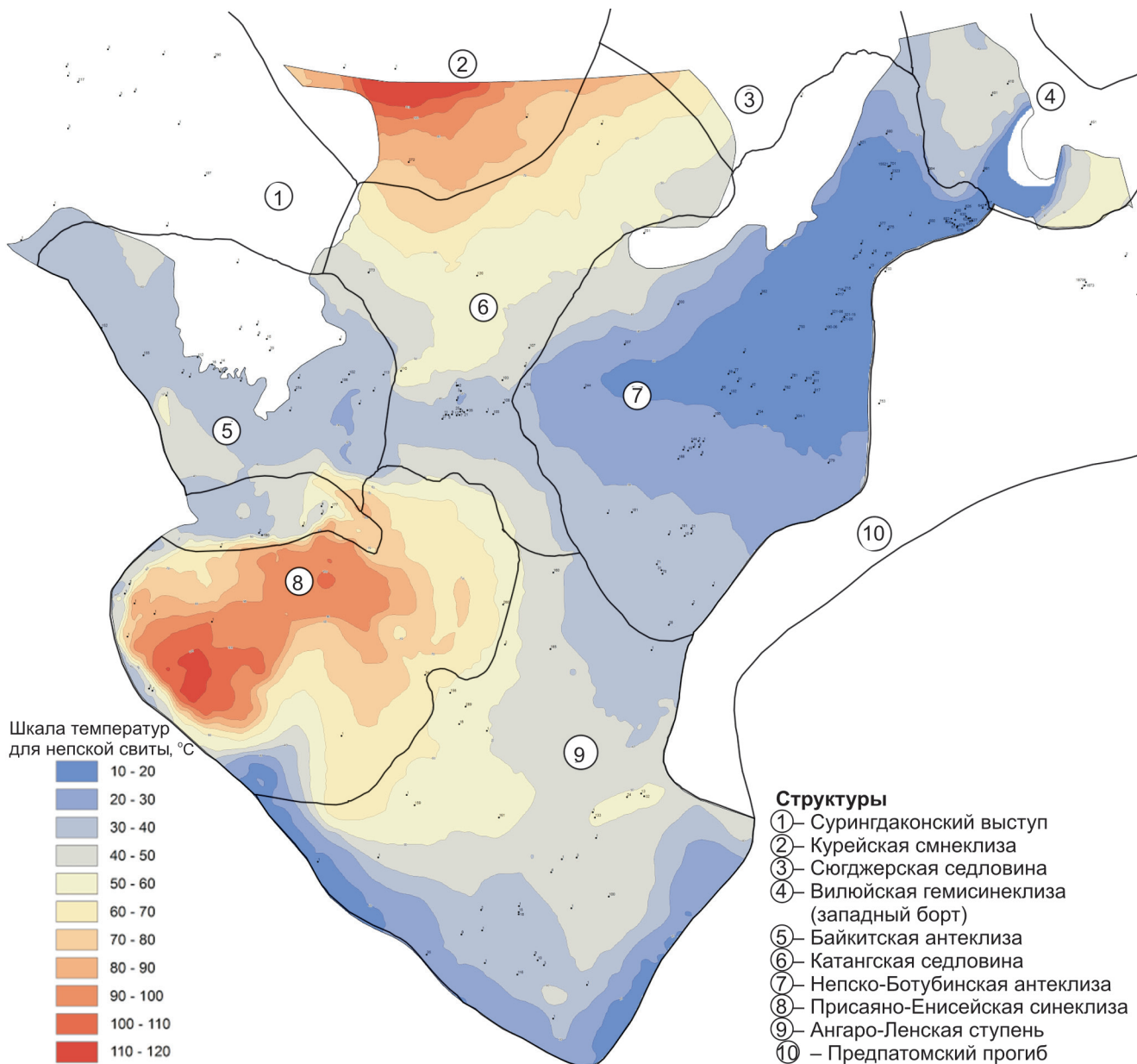


Рис. 2. Карта температур на поверхности терригенного венда (непеская свита)

жает неоднородность теплового поля в осадочном чехле. При этом наблюдаемое закономерное сужение диапазонов разброса температур вверх по разрезу (110 °С → 80 °С → 55 °С) свидетельствует о глубинном заложении источников возмущения теплового поля.

На всех изученных уровнях общей закономерностью является площадное преобладание температур фонового диапазона. На этом фоне выделяются ограниченные области и зоны распространения anomalно низких и anomalно высоких температур. В совокупности аномалии занимают около 1/3 описываемой территории.

Anomalно холодная область уверенно выделяется на северо-востоке Непско-Ботубинской антеклизы и соответствует Ботубинской геокриологической области с очень низким тепловым потенциалом (см. выше). Существуют различные мнения о причинах глубокого остывания данной террито-

рии. На наш взгляд, ведущую роль в формировании этого явления сыграло следующее:

1) фактор anomalно высокой теплопроводности геологического разреза и высоких теплопотерь:

- сравнительно малая (до 2500 м) мощность осадочного чехла, сложенного преимущественно соленосно-карбонатными отложениями нижнего кембрия;

- фундамент наиболее древнего раннеархейского (3300±200 млн лет) возраста, представленный породами гранулитовой фации метаморфизма – кристаллическими сланцами и гнейсами;

- насыщение разреза концентрированными Cl-Sa рассолами;

2) фактор депрессионного гидродинамического режима в осадочном чехле с anomalно низкими пластовыми давлениями (АНПД) по всему разрезу (дефицит пластовых давлений – 20–30 % относи-

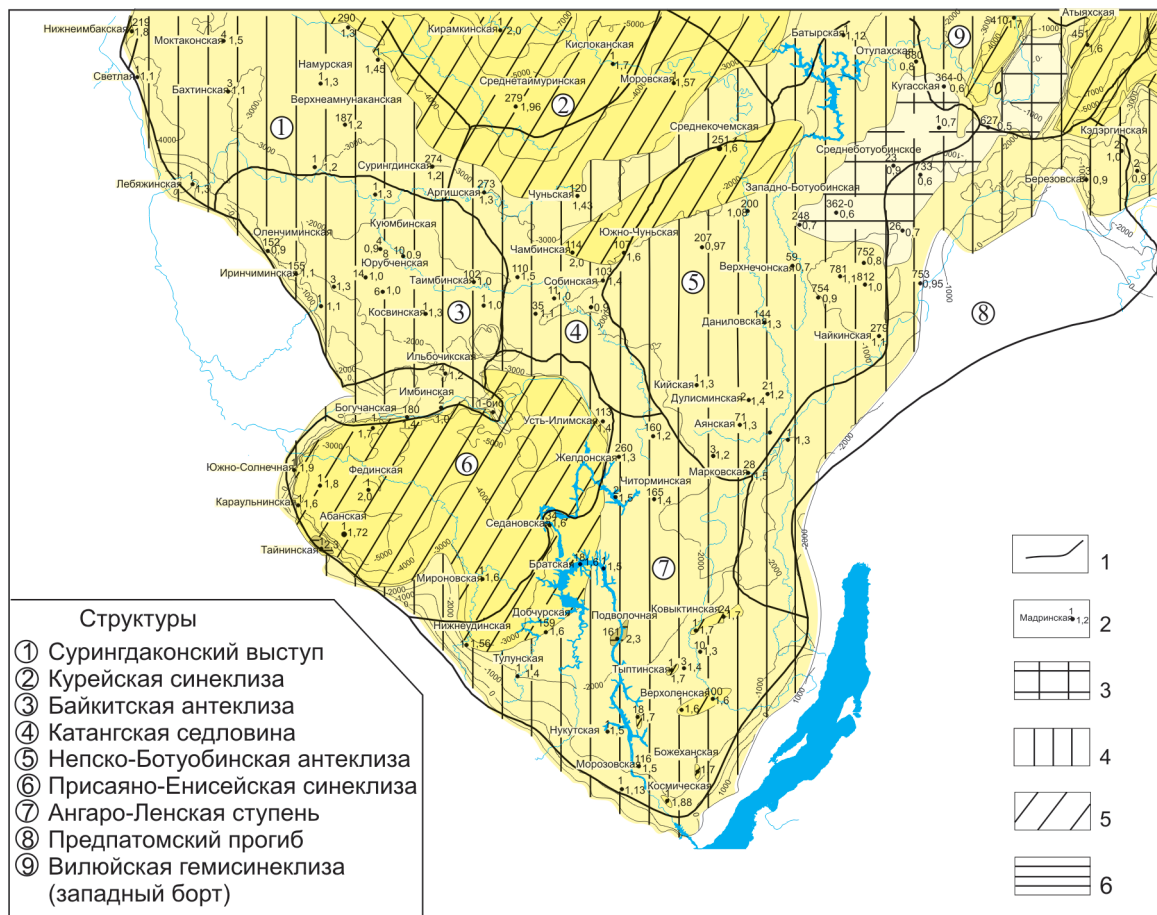


Рис. 3. Районирование Лено-Тунгусской НГП по значениям геотермического градиента разреза пост-вендских отложений в зоне положительных температур

1 – границы структур; 2 – площадь (номер скважины и геотермический градиент ($^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$) в вышележащей толще – от подошвы криолитозоны до кровли тэтэрской свиты и ее аналогов); районирование территорий по значениям геотермических градиентов ($^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$): 3 – $>0,7$, 4 – $0,8\text{--}1,5$, 5 – $1,5\text{--}2,0$, 6 – $>2,0$

тельно условного гидростатического давления, увеличивается к фундаменту, что определяет в целом нисходящую направленность флюидных потоков в осадочном чехле).

В совокупности перечисленные факторы обеспечили преобладание тепловых потерь с поверхности над восходящим тепловым потоком из недр и глубокое охлаждение верхней части земной коры на северо-востоке Непско-Ботуобинской антеклизы.

Высокотемпературные области уверенно прослеживаются на всех горизонтальных срезах осадочной толщи на юге Иркутского амфитеатра, в западной половине Присяяно-Енисейской синеклизы, в северо-восточной части Катангской седловины, на южном борту Курейской синеклизы. Устойчивость контуров этих температурных аномалий в плане и совпадение их с районами развития повышенных геотермических градиентов разреза (см. рис. 4) свидетельствуют о современных процессах активного эндогенного прогрева этих областей Лено-Тунгусской НГП.

Установленные закономерности изменчивости геотемпературного поля позволили выполнить рай-

онирование южной половины Лено-Тунгусской НГП по характеру современного геотермического режима осадочного чехла (рис. 5). Выделены районы с равновесным геотермическим режимом осадочного чехла, с устойчивым его прогревом и охлаждением.

Очаги и зоны прогрева осадочного чехла восходящими тепловыми потоками ассоциируются с проводящими глубинными разломами, контролирующими блоковые границы сочленения тектонических структур. Это подтверждается совокупностью всех накопленных на сегодняшний день геолого-геофизических данных о глубинном строении выделенных территорий.

Так, по материалам исследования глубинного строения земной коры вдоль геотраверса «Алтай – Северная Земля» под глубокими депрессиями Присяяно-Енисейской синеклизы (ПЕС) наблюдается проводящая литосфера с минимальным электрическим сопротивлением ($30\text{ Ом}\cdot\text{м}$), обусловленная тектонической раздробленностью и флюидонасыщенностью. Глубинный субстрат, слагающий земную кору и верхнюю мантию в этих районах, характеризуется повышенным тепловым потоком. Выделены

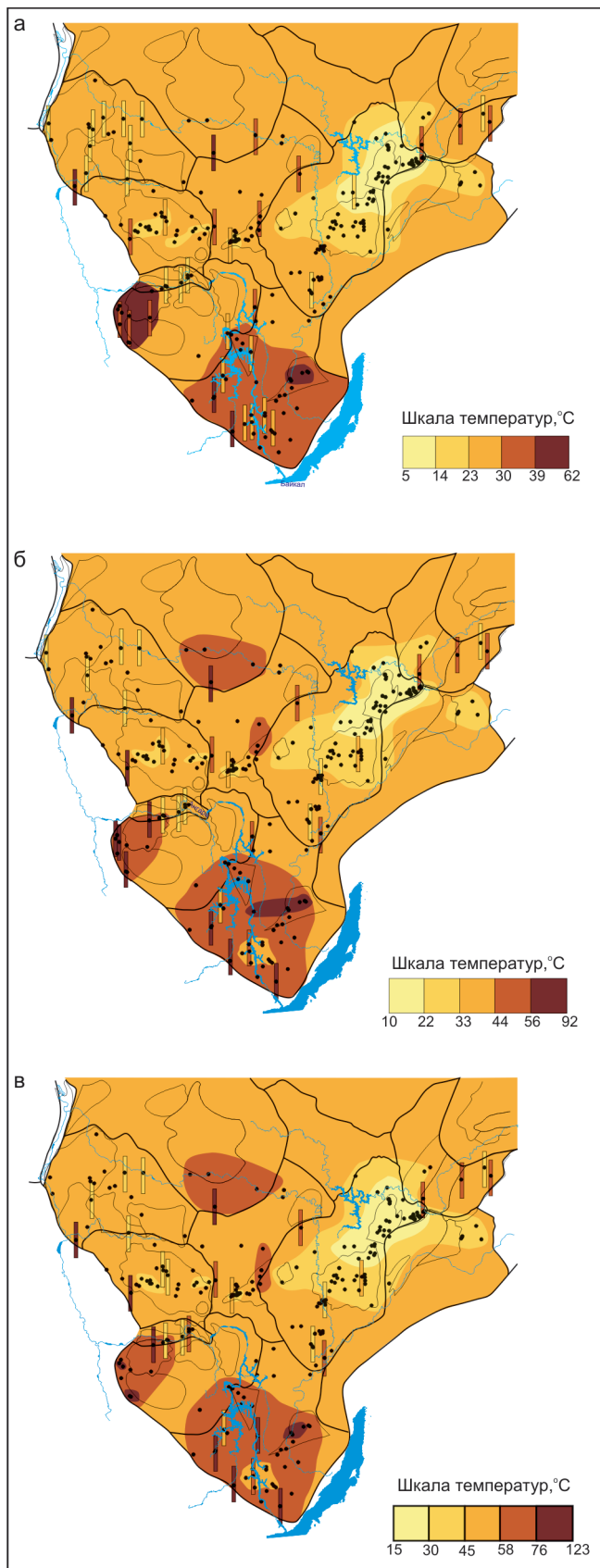


Рис. 4. Распределение приведенных температур в осадочном чехле Лено-Тунгусской провинции на горизонтальных срезах: а – 1500 м, б – 2500 м, в – 2500 м

корковые разломы, которые подходят к приповерхностной части фундамента и увязываются с субвертикальными разломами, трассируемыми в осадочном чехле.

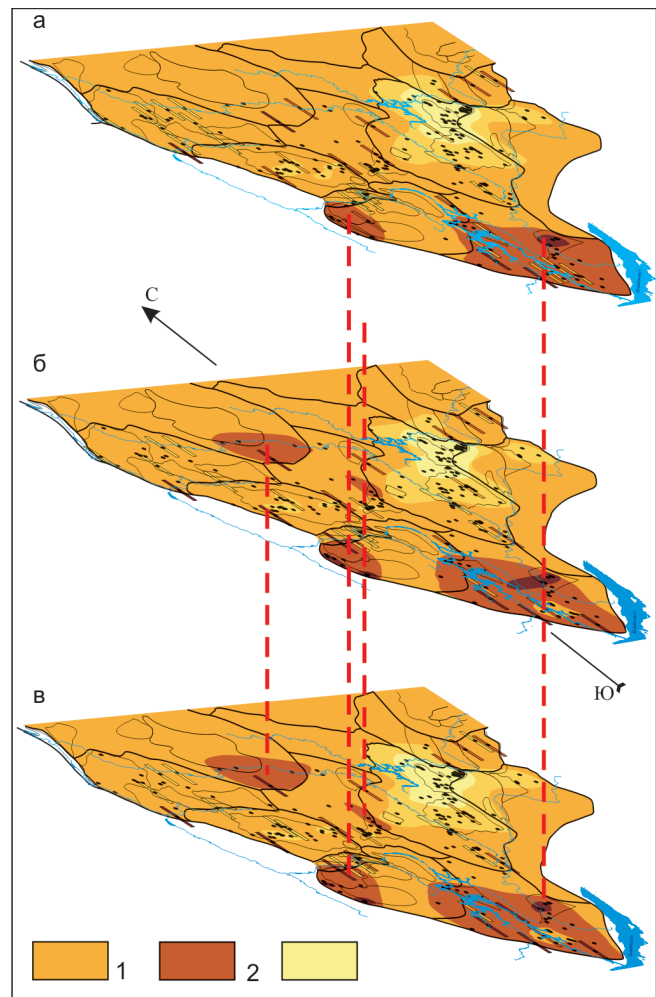


Рис. 5. Современный геотермический режим в осадочном чехле Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (горизонтальные срезы: а – 1500 м, б – 2500 м, в – 2500 м) Территория: 1 – с равновесным геотермическим режимом осадочного чехла, 2 – устойчивого прогрева осадочного чехла, 3 – устойчивого охлаждения осадочного чехла

Одна из главных линейных зон приурочена к бортовой части Иркинеевского рифта. С ней связан Нижнеангарский глубинный разлом, контролирующей сочленение Ангарской зоны складок и Богучано-Манзинского выступа («теплые» скважины Абаканская 1, Богучанская 1). В центральной части ПЕС установлен высокий прогрев пород в бельской свите кембрия: 82 °C на гл. 3200 м против обычных температур 50–60 °C на этих глубинах. Геотермическая аномалия приурочена к зоне разломов, контролирующей клавишное погружение блоков юго-западного склона Чуно-Бирюсинского поднятия в Долгомостовскую впадину. На западной и юго-западной периферии ПЕС вдоль регионального тектонического шва между Сибирской платформой и геосинклиналью Восточного Саяна (зона влияния Саянского глубинного разлома) геотермическая аномалия подтверждается данными по скважинам на Южно-Солнечной, Караульнинской, Тайнинской площадях, где установлены контрастные температурные аномалии с градиентом 1,8–2,3 °C/100 м.



На юге Иркутского амфитеатра участки аномально высокого прогрева имеются на Ковыктинском выступе (градиент $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$). Повышенный прогрев разреза наблюдается вдоль Окино-Вихоревского глубинного разлома в районе Братского выступа и Ковинской седловины ($1,6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$) – Ковинская, Седановская, Братская, Добчурская площади.

В северо-восточной части Катангской седловины на сочленении с НБА плотный тепловой поток выражен в повышении температуры пород на срезе -2200 м до $40\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и геотермических градиентов до $1,32\text{--}1,36\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ против $28\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $1,12\text{--}1,15\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ в центре седловины соответственно. Также зона прогрева наметилась северо-восточнее, по линии скважин Чамбинская 114 – Южно-Чуньская 107 – Среднекочемская 251. Возможно, она связана с Ангаро-Алымджанской сдвиговой зоной вдоль северо-восточного плеча Иркинеево-Чадобецкого авлакогена [9].

Принципиально, что с участками и зонами геотермических аномалий вдоль тектонических пролицируемых зон нередко связаны аномалии гидродинамического поля – пьезомаксимумы и гидрогеохимические аномалии (проявления азональных разрезов (по химическому составу) притоков вод и газов в скважинах и в поверхностных источниках). В комплексе это указывает на современную восходящую разгрузку глубинных флюидов. Например, в ПЕС признаки глубинной разгрузки в коллекторы подсолевых и соленосно-карбонатных комплексов наблюдаются в разрезах почти всех приточных скважин. Сверхгидростатические пластовые давления с коэффициентом аномальности $1,2\text{--}1,3$ измерены на Богучано-Манзинском выступе в скважинах Фединская 1 и Абаканские 1, 2, 3 в межсолевых рассолоносных карбонатах нижнебельской подсвиты и в газоносных песчаниках нижнего венда соответственно. Гидрогеохимическими показателями восходящей глубинной разгрузки служат метаморфизованные концентрированные рассолы (Cl-Ca-Mg, $409\text{--}475\text{ г/л}$ и более), азотный состав (до 88 \% N_2) водорастворенного газа с аномально высоким содержанием водорода (до 10 \% H_2). В разрезе Долгомостовской впадины на участке Пушкинской и Абанской скважин гидрогеохимическая аномалия, установленная по результатам опробования водоносных горизонтов в нижнем ордовике, однозначно указывает на миграционное происхождение насыщающих его рассолов. Ордовикские песчаники в инт. $1152\text{--}1752\text{ м}$ содержат не свойственные им хлоридные кальциево-натриевые рассолы с минерализацией $90\text{--}140\text{ г/л}$ (до 400 г/л в Пушкинской скв. 1). Эта минерализация в $1,5\text{--}2$ раза выше ожидаемой в данном литологическом типе разреза. Свидетельством современной восходящей разгрузки по зонам глубинных разломов на поверхность являются многочисленные соленые источники в геотермической прогретой области на западе ПЕС – в районе Троицко-Михайловского вала (р. Солянка), в бассейне р. Манзя (от устья до Соль-

завода) и в долине р. Ангара вдоль линии Ангарского разлома между Богучано-Манзинским выступом и Ангарской зоной складок.

Выводы

Температурное поле осадочных бассейнов остается одним из важных объектов изучения в нефтегазопроисковой геологии. Анализ геотемпературного поля в комплексе с гидродинамическими и гидрогеохимическими показателями позволяет оценить современную обстановку нефтегазонасности продуктивного разреза, представить себе геотектонический каркас флюидопроводящих зон (разломов) и стабильных тектонических блоков, которые контролируют поступление флюидов, формирование и сохранность скоплений углеводородов в осадочном чехле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букаты, М. Б. Гидрогеологическое строение западной части Сибирской платформы (в связи с поисками, разведкой и разработкой месторождений нефти и газа) [Текст] / М. Б. Букаты // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 11. – С. 1201–1217.
2. Вожов, В. И. Геотермические условия нефтегазонасности Сибирской платформы [Текст] / В. И. Вожов, Ф. Г. Гурари, А. И. Сурнин // Сов. геология. – 1983. – № 10. – С. 49–56.
3. Вожов, В. И. Криолитосфера и геотермия Сибирской платформы в связи с ее нефтегазонасностью : обзорная информация [Текст] / В. И. Вожов, А. И. Сурнин. – М. : ВИЭМС, 1983. – 35 с.
4. Геология нефти и газа Сибирской платформы [Текст] / под ред. А. Э. Конторовича, В. С. Суркова, А. А. Трофимука. – М. : Недра, 1981. – 552 с.
5. Железняк, М. Н. Геотемпературное поле и криолитозона юго-востока Сибирской платформы [Текст]. – Новосибирск : Наука, 2005. – 227 с.
6. Железняк, М. Н. Геотемпературное поле и мощность криогенной толщи в зоне сочленения Енисей-Хатангского прогиба с тунгусской синеклизой [Текст] / М. Н. Железняк, И. Е. Мисайлов, В. А. Кринин // Криосфера Земли. – 2013. – Т. 17, № 4. – С. 22–29.
7. Кутасов, И. М. Определение температуры горных пород при недостаточной выстойке скважины [Текст] / И. М. Кутасов // Разведка и охрана недр. – 1971. – № 2. – С. 32–35.
8. Лысак, С. В. Геотермические условия и термальные воды южной части Восточной Сибири [Текст] / С. В. Лысак. – М. : Наука, 1968. – 120 с.
9. Мигурский, А. В. Геодинамика формирования Нижнеангарской зоны нефтегазонакопления на юго-западе Сибирской платформы [Текст] / А. В. Мигурский, Е. С. Носкова // Геология нефти и газа. – 2007. – № 4. – С. 13–18.
10. Новиков, Д. А. Геотермическая модель юго-западной части Курейской синеклизы в связи с нефтегазонасностью [Текст] / Д. А. Новиков,



А. А. Кох // Геология нефти и газа. – 2014. – № 1. – С. 110–117.

11. Славин, В. И. Геотермические условия осадочного чехла Сибирской платформы [Текст] / В. И. Славин, Н. Я. Тычино, О. А. Бабошина // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1980. – № 5. – С. 5–13.

12. Тепловое поле недр Сибири [Текст] / В. Т. Балобаев, В. А. Голубев, В. Н. Девяткин [и др.]; ред. Э. Э. Фотиади. – Новосибирск : Наука, 1987. – 196 с.

13. Юрин, Г. А. Температурный режим недр Сибирской платформы [Текст] / Г. А. Юрин // Геология нефти и газа. – 1982. – № 9. – С. 12–17.

14. Vozhov, V. I. Geothermal conditions of petroleum occurrences of the Siberian platform [Text] / V. I. Vozhov, F. G. Gurari, A. I. Surnin // International geological review. – 1984. – Vol. 26, N 2. – P. 206–213.

REFERENCES

1. Bukaty M.B. [Hydrogeological structure of the western Siberian Platform (in connection with prospecting, exploration, and development of oil and gas fields)]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 2009, vol. 50, no. 11, pp. 1201–1217. (In Russ.).

2. Vozhov V.I., Gurari F.G., Surnin A.I. [Geothermal environment of petroleum potential of the Siberian Platform]. *Sovetskaya geologiya – Soviet Geology*, 1983, no. 10, pp. 49–56. (In Russ.).

3. Vozhov V.I., Surnin A.I. *Kriolitosfera i geotermiya Sibirskoy platformy v svyazi s ee neftegazonosnost'yu: obzor inform* [Cryolithosphere and geothermometry of the Siberian Platform in connection with its petroleum potential: A review]. Moscow, VIEMS Publ., 1983. 35 p. (In Russ.).

4. Kontorovich A.E., Surkov V.S., Trofimuk A.A. eds. *Geologiya nefti i gaza Sibirskoy platformy* [Geology of oil and gas of the Siberian Platform]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 552 p. (In Russ.).

5. Zheleznyak M.N. *Geotemperaturnoe pole i kriolitizona yugo-vostoka Sibirskoy platformy* [Geothermal field and permafrost zone of the southeastern

Siberian Platform: A monograph]. Balobaev V.T. ed. Novosibirsk, Nauka Publ., 2005. 227 p. (In Russ.).

6. Zheleznyak M.N., Misaylov I.E., Krinin V.A. [Geothermal field and thickness of permafrost strata in the junction zone of the Yenisei-Khatanga through and the Tunguska syncline]. *Kriosfera Zemli – Cryosphere of the Earth*, 2013, vol. 17, no. 4, pp. 22–29. (In Russ.).

7. Kutasov I.M. [Measuring temperature of rocks under insufficient thermal equilibrium time]. *Razvedka i ohrana nedr – Subsurface Prospecting and Protection*, 1971, no. 2, p. 32–35. (In Russ.).

8. Lysak S.V. *Geotermicheskie usloviya i termal'nye vody yuzhnoy chasti Vostochnoy Sibiri* [Geothermal environment and thermal water of the southern East Siberia]. Pinneker E.V. ed. Moscow, Nauka Publ., 1968. 12 p. (In Russ.).

9. Migursky A.V., Noskova E.S. [Geodynamics of formation of the Lower Angara petroleum accumulation zone in the south-west of the Siberian Platform]. *Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology*, 2007, no. 4, pp. 13–18. (In Russ.).

10. Novikov D.A., Kokh A.A. [Geochemical model of the southwestern Kureika syncline in connection with petroleum potential]. *Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology*, 2014, no. 1, pp. 110–117. (In Russ.).

11. Slavin V.I., Tychino N.Ya., Baboshina O.A. [Geothermal environment of the sedimentary cover of the Siberian Platform]. *Proc. AS USSR. Geol. Series*, 1980, no. 5, pp. 5–13. (In Russ.).

12. Balobaev V.T., Golubec V.A., Devyatkin V.N., et al. *Teplovoe pole nedr Sibiri* [Geothermal field of Siberia]. Fotiadi E.E. ed. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Branch, 1987. 196 p. (In Russ.).

13. Yurin G.A. [Geothermal regime of the Siberian Platform]. *Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology*, 1982, no. 9, pp. 12–17. (In Russ.).

14. Vozhov V.I., Gurari F.G., Surnin A.I. Geothermal conditions of petroleum occurrences of the Siberian platform. *International geological review*, 1984, vol. 26, no. 2, pp. 206–213.

© И. В. Литвинова. А. И. Сурнин, 2016

ЛИТВИНОВА Ирина Валерьевна, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, завгруппой. E-mail: litvinova@sniiggims.ru

СУРНИН Алексей Иванович, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, завотделом, к.г.-м.н. E-mail: ogec@sniiggims.ru

LITVINOVA Irina, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. E-mail: litvinova@sniiggims.ru

SURNIN Alexey, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. E-mail: ogec@sniiggims.ru