

УДК 553.98.042. (470.26)

**Зыгнер Ю.И., Отмас А.А. (мл.), Чибисова В.С.**Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, [ins@vnigri.ru](mailto:ins@vnigri.ru)

## **ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОТЛОЖЕНИЙ КЕМБРИЙСКОГО КОМПЛЕКСА БАЛТИЙСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*В подземных водах кембрийских отложений на месторождениях Калининградской области зафиксирован широкий разброс температур. Геотермические градиенты также варьируют в широком диапазоне от минимальных значений на юге Калининградской области до максимальных значений на северо-востоке области (Новосеребрянское, Восточно-Горинское месторождения). В целом по региону в кембрийских отложениях характерно отсутствие зависимости температурных изменений от возраста кристаллического фундамента, его состава, мощности выделяемых блоков коры, выделяемых гравитационных полей.*

*Установлены возможности использования термознергетических вод региона в народно-хозяйственных целях. Для этого значения пластовых температур были приведены к глубине 1500 м. В Калининградской области они могут быть использованы для подогрева почв, животноводства, горячего водоснабжения, в теплично-парниковом хозяйстве.*

**Ключевые слова:** *пластовые температуры, геотермический градиент, кембрийские отложения, подземные воды, термознергетические воды, Калининградская область.*

Калининградская область Российской Федерации в нефтегеологическом отношении является частью Балтийской нефтегазоносной области. Общая площадь этого региона составляет более 190 тыс. км<sup>2</sup>, из которой непосредственно на Калининградскую область приходится около 26 тыс. км<sup>2</sup>, в том числе 15,1 тыс. км<sup>2</sup> – суша и 11,0 тыс. км<sup>2</sup> – Балтийское море. Остальная территория и акватория входит в состав Литвы, Латвии, Польши.

В составе платформенного чехла Балтийской нефтегазоносной области достоверно установлены отложения всех геологических систем фанерозоя (за исключением карбона), а также образования венда. Большинство исследователей они подразделяются на 4 основных структурных комплекса (этажа) – верхневендско-нижнекембрийский (байкальский); нижнекембрийско-нижнедевонский (каледонский), нижнедевонско-нижнепермский (герцинский) и верхнепермско-неогеновый (альпийский).

Каждый из указанных комплексов отделяется друг от друга крупными региональными перерывами и угловыми несогласиями и отражает определенный тектонический этап развития региона. Гораздо менее выраженный пятый (новейший) структурный комплекс представлен терригенной формацией ледниковых и современных отложений антропогена.

Породы кристаллического фундамента в пределах Калининградской области постепенно погружаются в западном направлении от 1400 м до 3000 м на суше и далее в море до 3600 м [Геология и нефтегазоносность..., 1998].

Промышленная нефтегазоносность территории Калининградской области и шельфа Балтийского моря (Российский сектор) связана с терригенными отложениями среднекембрийского нефтегазоносного комплекса, на который приходится весь объём промышленных запасов углеводородов.

В целом по территории Калининградской области перспективы нефтегазоносности связаны с отложениями кембрийского, ордовикского и силурийского комплексов. Ордовикский и силурийский комплексы перспективны только в восточной части области [Переоценка начальных..., 2012].

Известно, что основная роль в образовании жидких углеводородов зависит от типа органического вещества, температурных условиях и времени нагрева. Кроме того, пластовая температура, как и давление, являются основными факторами преобразования осадочных пород, степени их катагенеза. Остановимся на геотермических условиях, существующих в отложениях кембрия, где открыты все промышленные месторождения нефти в пределах Калининградской области.

Данные замеров пластовых давлений и пластовых температур по территории района, несмотря на довольно большой объём бурения и 37 открытых месторождений (включая шельф Балтийского моря) нефти, характеризуют в своем большинстве продуктивные отложения кембрия в диапазоне глубин 1500-2950 м. Общий характер изменения пластовых температур с глубиной показан на рис. 1 и носит ярко выраженный линейный характер (начиная с глубин 1500 м). Геотермические градиенты в кембрийских отложениях варьируют в диапазоне от 2,5-2,6 °С/100 м (Новопавенковское, Армейское, Зайцевское, Домновское месторождения) на юге Калининградской области до 4,0-4,1 °С/100 м на северо-востоке области (Новосеребрянское, Восточно-Горинское месторождения). Максимальные значения температур от + 84°С до + 94°С (Ладушкинское, Алешкинское, Калининградское и другие месторождения) встречены на глубинах 2400-2950 м. В тоже время, на глубинах 1900-2100 м пластовые температуры изменяются в достаточно широком диапазоне от + 50°С до + 75°С.

Как показывают исследования, выполненные по другим регионам РФ [Зытнер, Мигунов..., 1988; Подземные воды..., 1989; Фенин..., 2011], характер распределения пластовых температур по целому ряду нефтегазоносных бассейнов и средний

температурный градиент в разновозрастных отложениях по вскрытому скважинами разрезу меняется, причем в ряде случаев достаточно существенно.

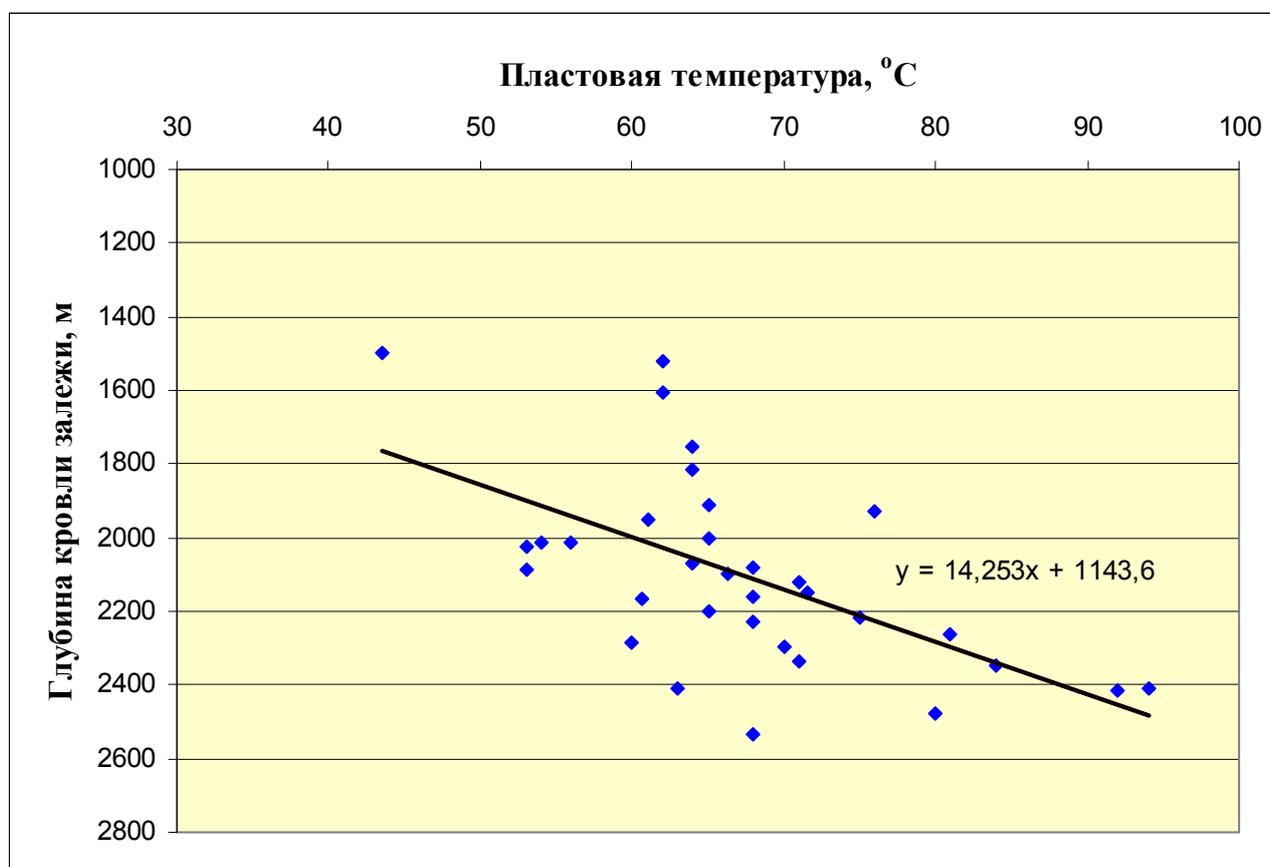


Рис. 1. Зависимость распределения температур в кембрийских отложениях от глубины кровли залежей Калининградской области

Изменение температурного градиента происходит при смене литологического состава пород (переход от терригенных к карбонатным породам), от качества покрышки, перекрывающей продуктивный комплекс, и что особенно важно, для рассматриваемого района от глубины залегания фундамента. Для выяснения истинного характера распределения и выявления зависимости необходимо выполнение дополнительных работ или проведение исследований в скважинах (опробование и испытание, замеры пластовых давлений и температуры по стволу скважины в выстоявшемся режиме и т.п.). Имеющиеся замеры пластовой температуры по месторождениям позволяют их охарактеризовать только в площадном плане – приуроченности к тем или иным структурным зонам, валам, выступам, что наглядно иллюстрируется характером распределения пластовых температур по отдельным тектоническим элементам (рис. 2-4) и в целом повторяет сделанный выше вывод.

Так, в пределах Калининградского вала, где выявлено наибольшее количество месторождений и соответственно большее число замеров пластовых температур в диапазоне глубин 1900-2900 м прослеживается достаточно четкий – линейный характер изменения температуры с градиентом преимущественно 3,2-3,9 °С/100 м, а температуры изменяются от 63-65 до 94°С. Известно, что Калининградский вал приурочен к **интенсивной зоне развития разрывных нарушений**. Возможно, значения **повышенного градиента** здесь и связаны с этой его приуроченностью.

Например, в пределах Багратионовской ступени по данным замеров пластовых температур на месторождениях в интервале глубин 2200-2550 м температура подземных вод изменяется от 60 до 92 °С. Значения геотермического градиента составляют 2,6-3,8 °С/100 м.

На месторождениях Дружбинского вала, значения градиента снижаются и не превышают 2,8 °С/100 м.

Для месторождений и площадей Горинской ступени и севера Большаковской моноклинали, где пластовые температуры 64-78 °С, температурный градиент равен 3,6-4,1 °С/100 м.

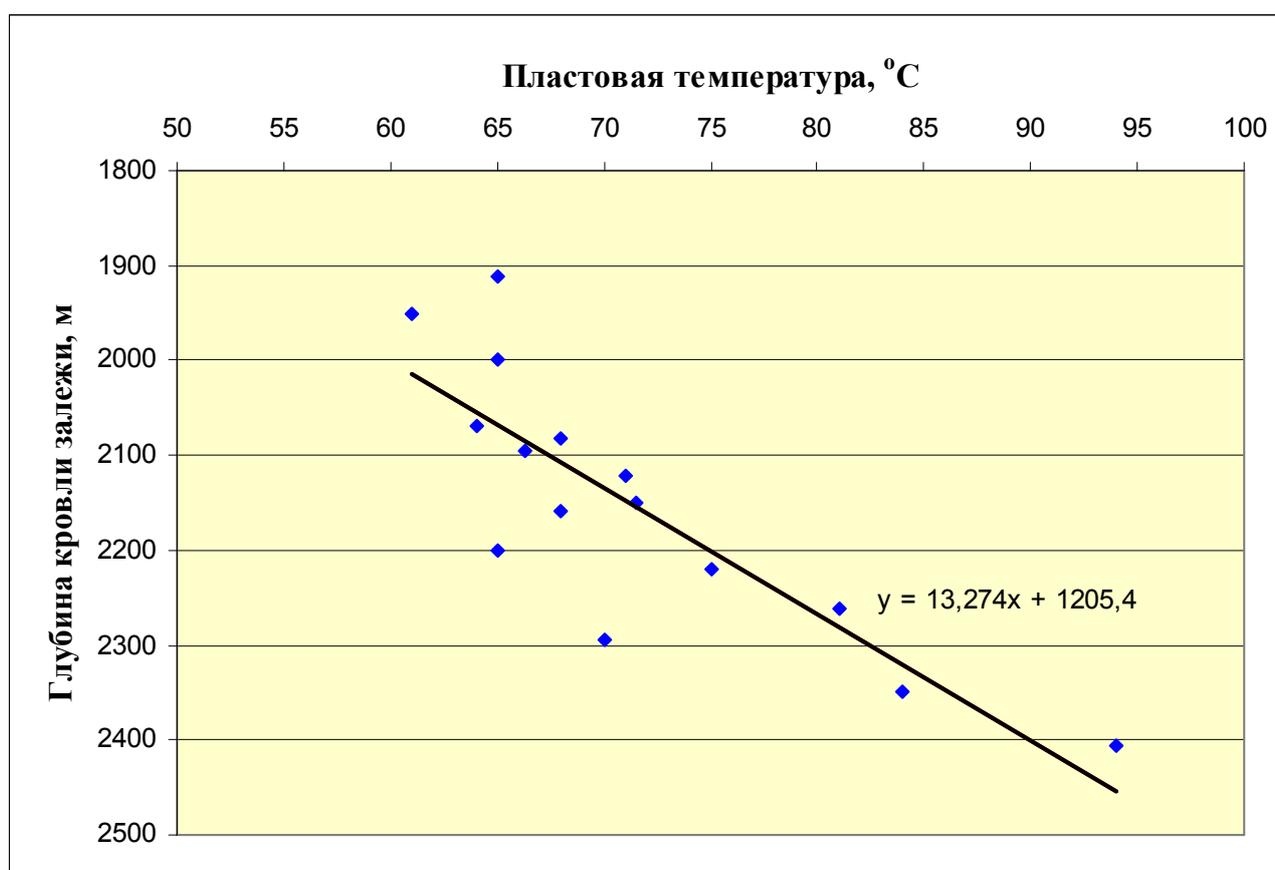


Рис. 2. Зависимость распределения температур в кембрийских отложениях от глубины кровли залежей Калининградского вала и Самбийской ступени

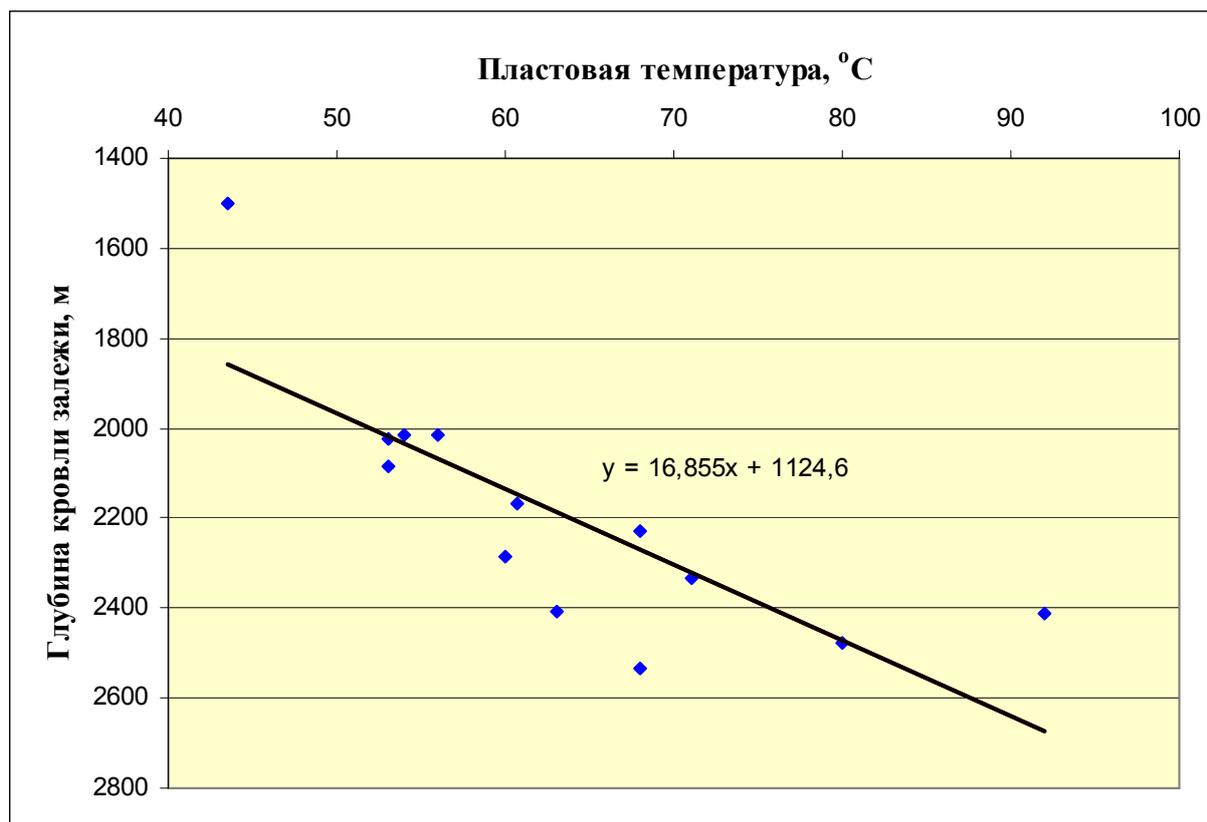


Рис. 3. Зависимость распределения температур в кембрийских отложениях от глубины кровли залежей Дружининского вала и Багратионовской ступени

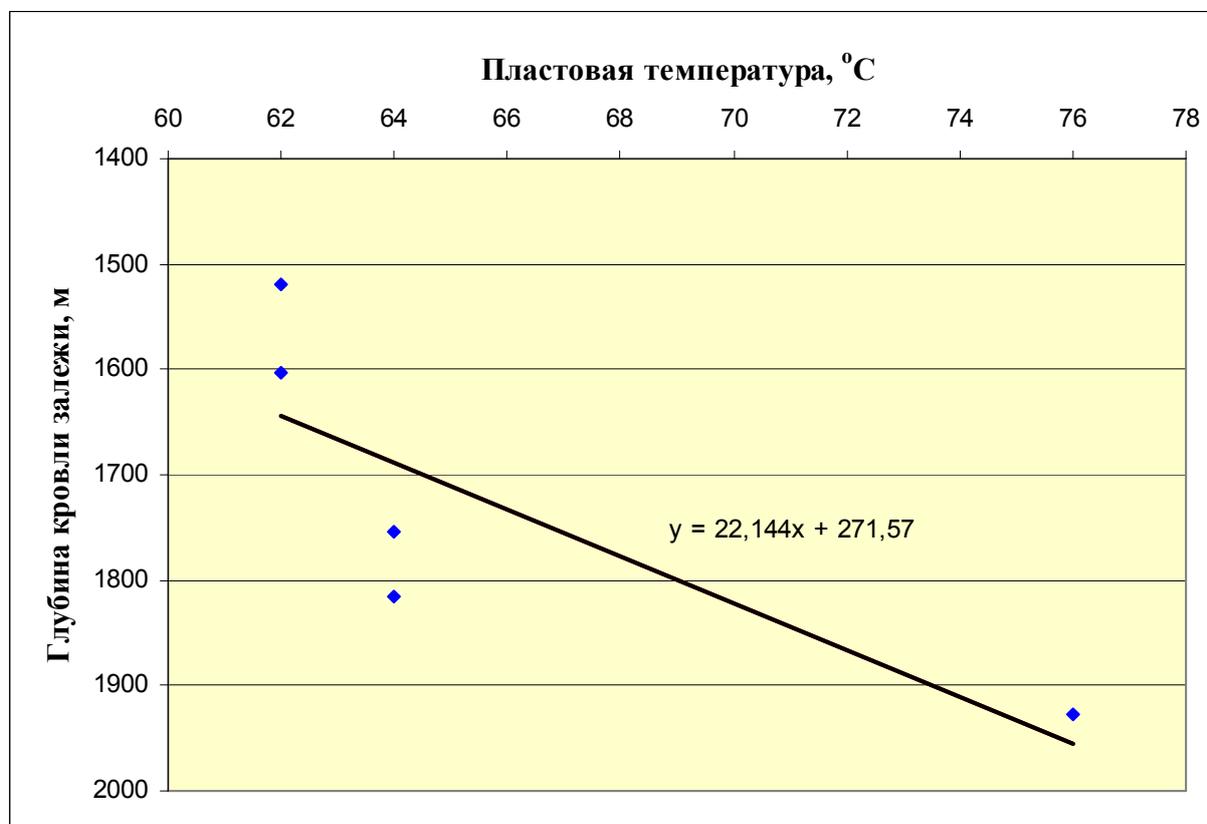


Рис. 4. Зависимость распределения температур в кембрийских отложениях от глубины кровли залежей северо-востока Калининградской области

Из всего вышесказанного следует, что современное состояние термического поля кембрийских отложений Калининградской области характеризуется довольно широким диапазоном температур и, в основном, коррелируется с глубинами их залегания.

Проведенные ранее исследования (Р.А. Апирубите, 1977, 1978; Я. Майоровичем, 1977, 1983; П.И. Судвейздисом, 1980) позволили установить отсутствие зависимости температурных изменений от возраста фундамента и его состава. Отсутствует также связь гравитационных полей с температурными различиями кембрийских отложений.

До настоящего времени не существует методов, дающих однозначный ответ при определении палеотемператур палеозойских отложений. Можно лишь делать определенные предположения, основываясь на изучении современного температурного поля. Поэтому, можно предположить, что в прошлые геологические эпохи кембрийские отложения имели более высокую температуру. И если принять, что палеокембрийская температура была выше не менее, чем на 25%, то начало главной фазы нефтеобразования на современной геотермической схеме будет между изотермами 40-50 °С.

Таким образом, в подземных водах кембрийских отложений на месторождениях Калининградской области зафиксирован широкий разброс температур - от 43,5 °С (Сеченовское месторождение, глубина 1500 м) до 94 °С (Веселовское месторождение, глубина 2407 м). Геотермические градиенты варьируют в диапазоне от 2,5-2,6 °С/100 м (Новопавенковское, Армейское, Зайцевское, Домновское месторождения) на юге Калининградской области до 4,0-4,1 °С/100 м на северо-востоке области (Новосеребрянское, Восточно-Горинское месторождения). Средние значения геотермического градиента максимальны на месторождениях Калининградского вала, что возможно связано с приуроченностью его к интенсивной зоне развития разрывных нарушений. В целом по региону в кембрийских отложениях характерно отсутствие зависимости температурных изменений от возраста кристаллического фундамента, его состава, мощности выделяемых блоков коры, выделяемых гравитационных полей. Можно предположить, что в прошлые геологические эпохи температуры кембрийских отложений были выше – на 20-25%. В современном геотермическом поле характер распределения температур в основном контролируется глубинами залегания отложений кембрия и, возможно, разломной тектоникой и тектонической приуроченностью.

Все вышеизложенное наглядно проиллюстрировано на рис. 5 и 6. Пластовые температуры по кровле кембрийских отложений последовательно увеличиваются от 40-45 °С в южных районах региона (Сеченовское месторождение) до 90-95 °С в западных районах

(Веселовское месторождение). Пластовые температуры также возрастают в северо-восточном направлении.

В завершение перейдем к возможности использования термальных (термоэнергетических) вод региона в народно-хозяйственных целях. Для этого воспользуемся значениями пластовых температур, интерполированных на глубину –1500 м (табл. 1). Ранее аналогичные исследования проводились на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [Подземные воды..., 1989].

Известно, что к термальным водам относятся воды, обладающие температурой более 20 °С. Они делятся на слаботермальные, термальные и высокотермальные с температурами соответственно 20-50, 50-75, более 75 °С. Однако, такое деление подземных вод для использования их в народно-хозяйственных целях не совсем верно, т.к. не учитывает глубины залегания. Поэтому нами был введен термин «**термоэнергетические**» подземные воды [Подземные воды..., 1989]. Принципиальным их отличием от термальных является значения геотермического градиента, который не должен быть ниже 2,6 °С/100 м. Так, например, на глубине 3500 м температура подземных вод может достигать 75 °С, т.е. они относятся к высокотермальным, но эти воды не представляют промышленного интереса т.к. значение геотермического градиента здесь составляет 2,1 °С/100 м.

Температура подземных вод по кровле кембрийских отложений изменяется от 43,5 °С (Сеченовское месторождение, гл. -1500 м) до 94 °С (Веселовское месторождение, гл. -2407 м (рис. 5, табл. 1). Исходя из значений геотермических градиентов и требований, предъявляемых к возможностям использования подземных вод в народно-хозяйственных целях установлено, что в Калининградской области они могут быть использованы для подогрева почв (Тпл. - 40-45°С), животноводства (Тпл. - 45-50°С), горячего водоснабжения (Тпл. – 50-60°С), в теплично-парниковом хозяйстве (Тпл. – более 60°С). Наиболее интересны в этом плане подземные воды северо-востока Калининградской области (Большаковская моноклинал, Горинская и Гусевская ступени), а также отдельные площади Калининградского вала.

Перспективы использования термальных вод возрастают в западном и северо-восточном направлениях (рис. 6).

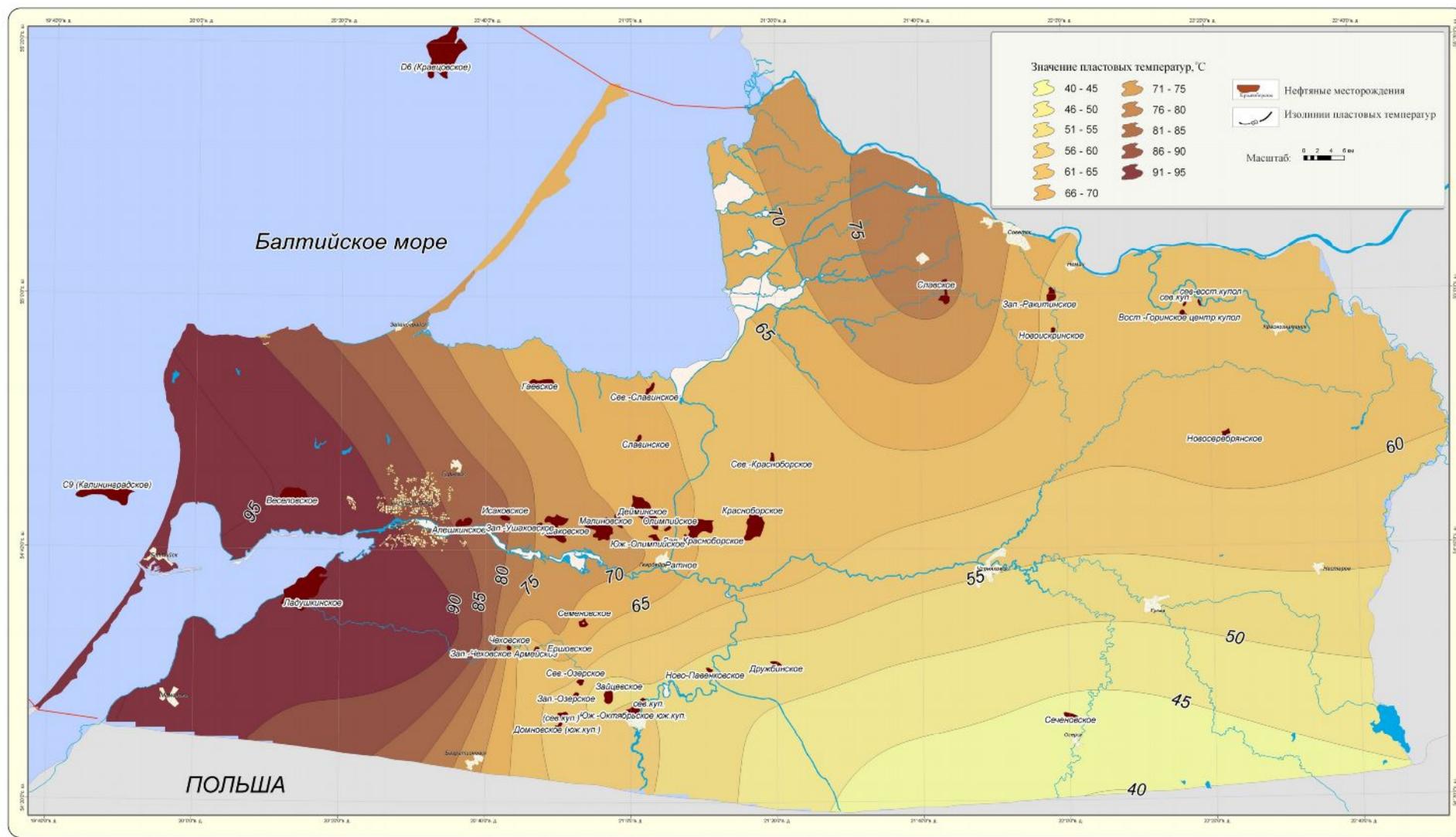


Рис. 5. Карта распределения пластовых температур Калининградского региона по кровле кембрийских отложений

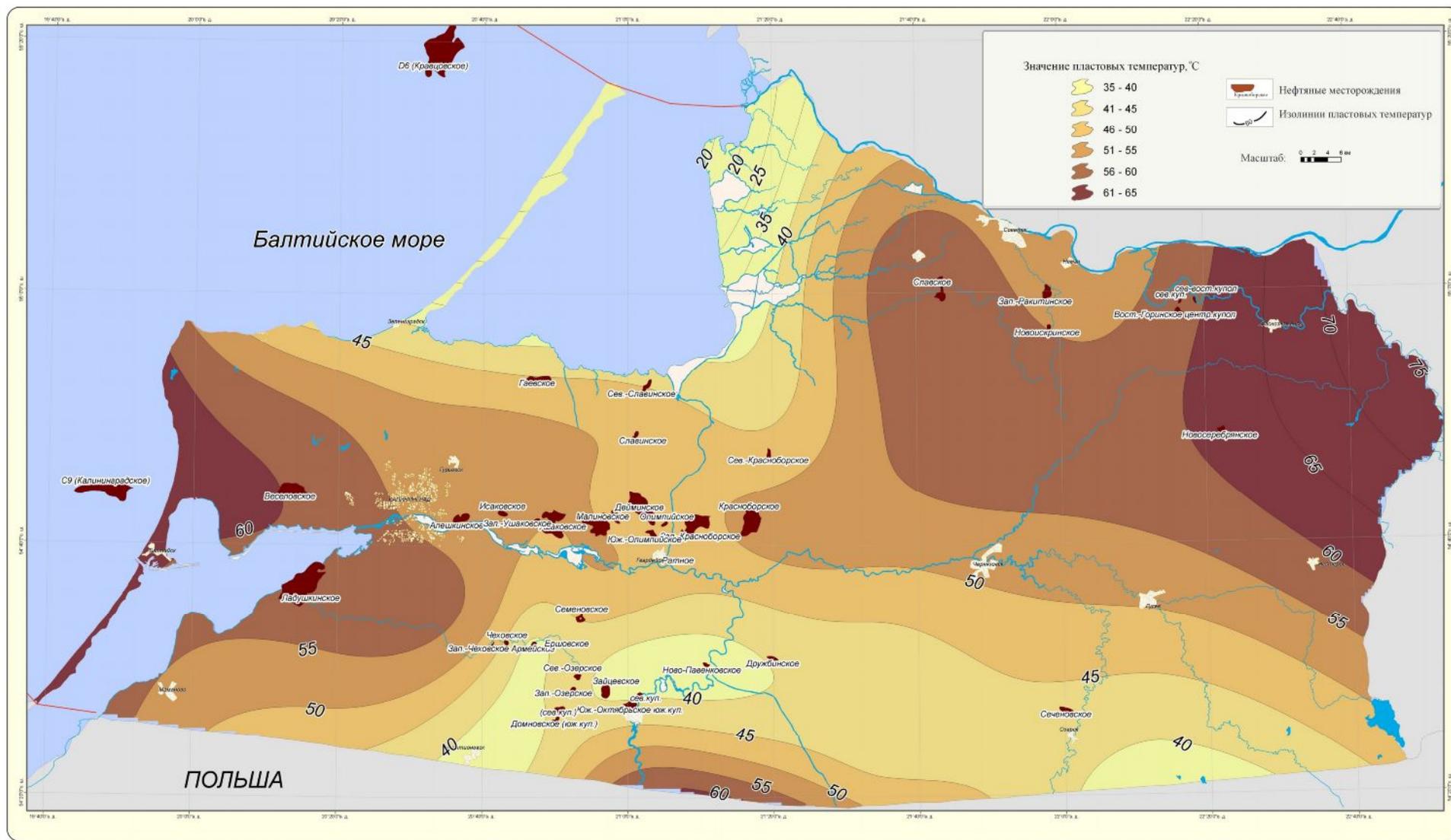


Рис. 6. Карта распределения пластовых температур Калининградского региона на глубине -1500 м

Таблица 1

## Возможность использования термальных вод Калининградской области

п/п	Месторождение	Температура в точке замера, °С	Глубина замера (кровля залежи), м	Тектонический элемент	Геотермический градиент, °С/100 м	Температура замера на срезе – 1500 м, °С	Возможность использования*
1	Веселовское	94	2407	Калининградский вал	3,9	58,6	пп, ж, гв
2	Новосеребрянское	62	1520	Горинская ступень	4,1	61,2	пп, ж, гв, тпх
3	Сеченовское	43,5	1500	Дружбинский вал	2,9	43,5	пп
4	Алешкинское	84	2348	Калининградский вал	3,6	53,7	пп, ж, гв
5	Восточно-Горинское	62	1604	Горинская ступень	3,9	58,0	пп, ж, гв
6	Гаевское	70	2295	Самбийская ступень	3,1	45,8	пп, ж
7	Дейминское	66,3	2096	Калининградский вал	3,2	47,4	пп, ж
8	Домновское	60	2285	Дружбинский вал	2,6	39,4	
9	Дружбинское	54	2014	Дружбинский вал	2,7	40,2	пп
10	Зайцевское	53	2023	Дружбинский вал	2,6	39,3	
11	Западно-Красноборское	65	2000	Калининградский вал	3,3	48,8	пп, ж
12	Западно-Ушаковское	75	2219	Калининградский вал	3,4	50,7	пп, ж, гв
13	Исаковское	81	2262	Калининградский вал	3,6	53,7	пп, ж, гв
14	Красноборское	65	1911	Калининградский вал	3,4	51,0	пп, ж, гв
15	Ладушкинское	92	2413	Багратионовская ступень	3,8	57,2	пп, ж, гв
16	Малиновское	71,5	2149	Калининградский вал	3,3	49,9	пп, ж
17	Ново-Искринское	64	1754	Горинская ступень	3,6	54,7	пп, ж, гв
18	Олимпийское	64	2068	Калининградский вал	3,1	46,4	пп, ж
19	Северо-Красноборское	61	1952	Калининградский вал	3,1	46,9	пп, ж
20	Северо-Озерское	60,7	2166	Багратионовская ступень	2,8	42,0	пп
21	Северо-Славинское	65	2200	Самбийская ступень	3,0	44,3	пп
22	Семеновское	68	2227	Багратионовская ступень	3,1	45,8	пп, ж
23	Славинское	68	2082	Самбийская ступень	3,3	49,0	пп, ж
24	Славское	76	1927	Большаковская моноклиналь	3,9	59,2	пп, ж, гв
25	Ушаковское	71	2121	Калининградский вал	3,3	50,2	пп, ж, гв
26	Чеховское	71	2334	Багратионовская ступень	3,0	45,6	пп, ж
27	Южно-Октябрьское	56	2014	Дружбинский вал	2,8	41,7	пп
28	Южно-Олимпийское	68	2158	Калининградский вал	3,2	47,3	пп, ж
29	Армейское	63	2408	Багратионовская ступень	2,6	39,2	
30	Западно-Озерское		2173	Багратионовская ступень			
31	Западно-Ракитинское	64	1816	Горинская ступень	3,5	52,9	пп, ж, гв
32	Западно-Чеховское	80	2477	Багратионовская ступень	3,2	48,4	пп, ж
33	Ново-Павенковское	53	2084	Дружб.вал	2,5	38,1	
34	Ершовское	68	2533	Багратионовская ступень	2,7	40,3	пп
35	Ратное		2317	Прегольская депрессия			

\*пп - подогрев почв, ж - животноводство, гв - горячее водоснабжение, тпх - теплично-парниковое хозяйство.

### Литература

Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы / Отв. редактор А.М. Синичка. - Минск: Наука, 1997. – 696 с.

*Дедеев В.А., Зытнер Ю.И., Оберман Н.Г., Мигунов Л.В., Мильков В.М., Горбачев А.Ф., Руфов С.Б.* Подземные воды Европейского Северо-Востока СССР. – Сыктывкар (Институт геологии Коми научного центра УрО АН СССР), 1989. - 160 с.

*Зытнер Ю.И., Мигунов Л.В.* Термобарические условия существования залежей углеводородов Европейского Северо-Востока СССР // Печорский нефтегазоносный бассейн (геология, геохимия). - Сыктывкар, 1988. - Вып. 64.

*Отмас А.А., Зытнер Ю.И., Отмас Ан.А., Чибисова В.С.* Переоценка начальных суммарных ресурсов Калининградской области – основа выбора перспективных направлений проведения ГРП на ближне-среднесрочную перспективу // Комплексное изучение и освоение сырьевой базы нефти и газа севера европейской части России. - Сб. материалов научно-практической конференции (4-7 июня 2012 г.). – СПб.: ВНИГРИ, 2012. – 392 с.

*Фенин Г.И.* Аномально высокие пластовые давления в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. - СПб.: ФГУП «ВНИГРИ», 2011. – (1-CD-R), гос. рег. 0321101967, от 11.07.2011.

**Zytner Yu.I., Otmas A.A. (junior), Chibisova V.S.**

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), Saint Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

## **GEOHERMAL CONDITIONS OF THE CAMBRIAN DEPOSITS (BALTIC PETROLEUM PROVINCE, KALININGRAD REGION)**

*A wide range of temperatures was observed in the underground water of the Cambrian deposits of Kaliningrad region. The geothermal gradients also vary widely from minimum values in the south of the Kaliningrad region to the maximum values in the northeast of the region (Novoserebryanskoe, East Gorinskoe fields). No correlation has been found between temperature changes and the age of the crystalline basement, its composition, thickness of crust blocks and gravitational fields is typical for the Cambrian deposits of the region.*

*The possibility of use the thermal energy waters of the region for the national economic purposes is discussed. With this aim the values of formation temperatures were adjusted to a depth of 1500 m. In the Kaliningrad region they can be used to heat the soil, in animal agriculture, domestic hot water service and greenhouse farming.*

**Keywords:** *formation temperature, geothermal gradient, Cambrian deposits, groundwater, thermal energy water, Kaliningrad region.*

### **References**

Dedeev V.A., Zytner Yu.I., Oberman N.G., Migunov L.V., Mil'kov V.M., Gorbachev A.F., Rufov S.B. *Podzemnye vody Evropeyskogo Severo-Vostoka SSSR* [Groundwater of the European North-East of the USSR]. Syktyvkar (Institut geologii Komi nauchnogo tsentra UrO AN SSSR), 1989, 160 p.

Fenin G.I. *Anomal'no vysokie plastovye davleniya v Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii* [Abnormally high reservoir pressures in the Timan-Pechora oil and gas province]. St. Petersburg: VNIGRI, 2011. (1-CD-R).

*Geologiya i neftegazonosnost' zapada Vostochno-Evropeyskoy platformy* [Geology and petroleum potential of the East European platform]. Editor A.M. Sinichka. Minsk: Nauka, 1997, 696 p.

Otmas A.A., Zytner Yu.I., Otmas An.A., Chibisova V.S. *Pereotsenka nachal'nykh summarnykh resursov Kaliningradskoy oblasti – osnova vybora perspektivnykh napravleniy provedeniya GRR na blizhne-srednesrochnuyu perspektivu* [Revaluation of total initial reserves of Kaliningrad region - the basis of selecting promising areas of exploration in the short-medium term]. Kompleksnoe izuchenie i osvoenie syr'evoy bazy nefi i gaza severa evropeyskoy chasti Rossii.. St. Petersburg: VNIGRI, 2012, 392 p.

Zytner Yu.I., Migunov L.V. *Termobaricheskie usloviya sushchestvovaniya zalezhey uglevodorodov Evropeyskogo Severo-Vostoka SSSR* [Pressure and temperature conditions for the existence of hydrocarbon deposits in the European North-East of the USSR]. Pechorskiy neftegazonosnyy basseyn (geologiya, geokhimiya). Syktyvkar, 1988, vol. 64.