

Библиографические ссылки

1. *Василёнок Е. А.* Классификация минеральных компонентов гранитоидов методами цифровой петрографии и машинного обучения // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2020. № 1. С. 75–85.
2. *Василёнок Е. А., Самодуров В. П.* Количественный анализ цифровых изображений горных пород // Современ. проблемы геохимии, геологии и поисков полез. ископаемых : материалы Междуна-род. науч. конф., посвящ. 110-летию со дня рожд. акад. К. И. Лукашёва (1907–1987), 23–25 мая 2017 г. : в 2 ч. / Отв. ред. О. В. Лукашёв. Минск : Право и экономика, 2017. Ч. 2. С. 4–6.
3. *Василёнок Е. А.* Структурно-текстурные особенности магматических и метаморфических пород по данным цифровой петрографии // Магистерская работа, БГУ, географ. фак., каф. динам. геоло-гии; науч. рук. В. П. Самодуров. Минск, 2017.

УДК: 550.36(476)

ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В. И. Зуй

Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики,
пр. Независимости 4, 220030 Минск, Республика Беларусь; zui@bsu.by

Рассмотрены результаты геотермических исследований на территории Минской области Бела-руси.

Ключевые слова: геотермические исследования; Минская область.

Расположение скважин, изученных в геотермическом отношении, на территории Мин-ской обл. весьма неравномерно, а их глубина в зависимости от назначения варьирует в широ-ких пределах, от 50 (для водоснабжения) на Белорусской антеклизе до 1 000–2 000 м в При-пятском прогибе. В регионе за пределами Припятского прогиба основная часть термограмм получена в скважинах, находившихся достаточное время в покое после завершения бурения. Часть термограмм, зарегистрированных производственными организациями в ходе термока-ротажа скважин Припятского прогиба, имеют низкое качество. Они требовали тщательного отбора и корректировки перед их использованием чтобы избежать на составляемых картах не существующих в природных условиях «аномалий». После отбора термограммы скважин бы-ли включены в базу для последующего составления геотермических карт. Её фрагмент и вид представлены на рис. 1. В столбцах таблицы указаны кроме названия скважины и её номер, координаты, глубина до забоя, глубина, достигнутая термометром, глубина положения ней-трального слоя и зарегистрированная температура на этой глубине и другие данные. В зави-симости от назначения создаваемой карты, могут вводиться колонки с температурой на гл. 100, 200 м, геотермический градиент, либо тепловой поток, а также расчётная плотность извлекаемых геотермальных ресурсов и т. п.

Распределение изученных скважин по территории Минской обл. и смежным участкам прилегающих Брестской, Гродненской, Витебской, Могилевской и Гомельской обл. приведе-но на рис. 2. Скважины Белорусской антеклизы, как правило, имели доступную для измерений глубину менее 500 м (в подавляющем большинстве случаев – от 100 до 250 м). Соотношение общей глубины каждой из изученных скважин и глубины, достигнутой электротермометром, показана в условно соотношением серого и светло-коричневого цветов (измеренная часть скважины). Немногие глубокие скважины до 2 км изучены в северной зоне Припятского про-гиба, небольшая часть которого заходит на территорию Минской обл., в частности напри-мер – в окрестности г. Солигорск.

FID	Shape	Код	x	y	name	z	z termogr	z nevtr	t nevtr	t mel
364	Точка	419	28,46767	52,29383	Bazhenovskaya4R	4040	4040	0	0	0
420	Точка	479	29,31467	52,4355	Severo-Pritokskaya21	4000	4000	0	0	0
578	Точка	459	28,4735	52,63583	Severo-Kalinovskaya1	3600	3600	0	0	0
318	Точка	372	28,89817	52,68483	Malynskaya3	3245	3245	0	0	0
352	Точка	407	29,06983	52,38667	Savichskaya1R	3170	3170	0	0	0
29	Точка	30	29,3065	52,77783	Prokhorovskaya10	3000	3000	0	0	0
60	Точка	61	29,17067	52,596	Vishanskaya26	2962	2730	0	0	0
28	Точка	29	29,3185	52,43467	Kazanskaya21	2672	2672	0	0	0
81	Точка	82	29,34817	52,58333	Marmovich99	2300	2300	0	0	0
577	Точка	457	27,89883	52,6485	Novo-Dubrovskaya1	2300	2300	0	0	23,07
353	Точка	408	29,21467	52,2795	Savichskaya3R	2434	2281	10	7,26	0
367	Точка	422	27,88817	52,12317	Turovskaya3	2615	2138	0	0	0
575	Точка	367	27,53533	52,852	Soligorskaya1R	2030	2030	0	0	0
366	Точка	421	27,8575	51,91483	Turovskaya2	2615	1748	25	8,56	0
314	Точка	368	28,72017	52,78267	Glusskaya1	2097	1720	0	0	0
354	Точка	409	29,053	52,34583	Savichskaya5R	873	873	0	0	0
630	Точка	0	0	0	Viktorovka33	785	775,711	0	0	0
626	Точка	0	0	0	Grod33	795	770	75	7,45	0
552	Точка	188	26,72333	53,5	Stolbtisy07	760	758	55	8	0
551	Точка	187	26,7935	53,51317	Stolbtisy11	740	736	80,2	8,28	0
559	Точка	196	26,748	53,628	Shashki239_(Triles)	700	700	20	6,52	8,03
481	Точка	563	29,2895	53,17083	Bobruisk691	695	695	15	7,421	0
550	Точка	186	26,91167	53,69917	Stolbtisy490	911	679,9	35	6,377886	0
549	Точка	185	26,9115	53,6955	Stolbtisy516	691	671	40	6,377886	0
482	Точка	564	28,80217	53,1325	Bobruisk726	645	645	10	7,411	0
553	Точка	190	26,98433	53,495	Pukhovshchina27zh	657,5	640	40	7,389722	0
627	Точка	0	0	0	Cherven3	715	620	40	8,4	0
377	Точка	432	29,0843	52,07617	Mozyrskaya3K	600	600	75	8,5	0
628	Точка	0	28,505011	53,454228	Osipov3(osovo)	706	565	80	7,661	0
574	Точка	297	28,18133	52,88583	Rassvet2	555	555	15	7,76	0
567	Точка	225	26,79233	54,90567	Naroch101PS (X-1993g.)	543	543	24,1	7,464	0
556	Точка	193	26,99767	53,49267	Pukhovshchina_Mn513	538	538	30	6,789155	0
525	Точка	136	26,5797	53,67167	KrugovinyOP2	525	525	25	7,306938	8,17
560	Точка	197	26,692	53,61967	Shashki306	538	522	30	7,29	8,28
95	Точка	96	28,87383	53,07567	Glusha2	495	495	40	7,735695	0
569	Точка	240	27,78333	54,424	PleshchenitsyLG1	479,2	445	20	7,231067	0
530	Точка	144	26,6915	53,22633	Nesvizh12R	450	442	60	7,83	0
565	Точка	223	26,712	54,91583	Belaya Rus	542	430,5	30,5	7,307996	0
568	Точка	226	26,687	54,90283	Stroitel (Sanatorii)	430	430	40,1	7,48	0
539	Точка	160	27,42983	53,95867	Krynitsa1/69	473	418,7	75	7,33	0
570	Точка	241	27,78333	54,424	Pleshchenitsy	479,2	414	20	7,360989	0
554	Точка	191	27	53,49633	Pukhovshchina49P	412	412	30	6,74	0
572	Точка	294	26,40367	52,78783	Gantsevich11g	412	412	50	8,76	0
538	Точка	159	27,61017	53,919	MinskVSK1	420	410	65	8,83	9,1
532	Точка	146	26,69367	53,232	Nesvizh14R	491	400	30	7,82	0
548	Точка	181	26,31433	53,50383	Turets15	700	400	35	7,843	0
241	Точка	290	26,62317	52,3585	Lunin20	537,5	385	30,2	7,56	0
540	Точка	161	27,42983	53,9585	Krynitsa2/69	473	380	75	7,58	0
531	Точка	145	26,68317	53,22283	Nesvizh13R	430	360	40	7,76	0
533	Точка	147	26,74617	53,22517	Nesvizh18R	360	356	40	7,75	0
529	Точка	143	26,67933	53,2095	Nesvizh6R	347	345	50	7,65	0
555	Точка	192	27	53,48817	Pukhovshchina_Mn507	657,5	340	40	7,124391	0
573	Точка	296	28,18133	52,88567	Rassvet1	434	335	15	7,78	9,14
535	Точка	149	26,708	53,251	Nesvizh22R	335	332	20	7,97	0
564	Точка	222	26,61617	53,7015	Borok51	381,2	330	25	7,14	8,13
558	Точка	195	26,40333	53,605	Rudna24Zh	414	323	60	7,435902	0
487	Точка	569	27,5125	52,316	Mikashевичи12	312	312	25	7,875	0
242	Точка	291	26,67333	52,31333	Lunin26	310	305	15	8,62	0
537	Точка	158	27,4355	53,935	MasyukovshchinaG10a	306	285	75	7,06	0
528	Точка	142	26,6945	53,22667	Nesvizh5R	292	280	75	7,96	0
594	Точка	544	29,02	54,42167	Samosedovka36TL	270	267	25	7,522777	0

Рисунок 1 – Вид данных термограмм

В колонках отражены глубина залегания нейтрального слоя и измеренная температура на этой глубине [1].

Геотермическое изучение кристаллического фундамента в подавляющем большинстве случаев не выполнялось. Расположение изученных скважин весьма неравномерное по территории области, их более плотная сеть относится к центральной и центрально-западной и центрально-восточной частям региона. Менее изученными оказались её северная и южная части. В пределах последней это отчасти компенсируется группой скважин, расположенных в прилегающей Гомельской обл.

Геотермическое изучение кристаллического фундамента в подавляющем большинстве случаев не выполнялось. Лишь в единичных случаях представлялось возможным выполнить регистрацию термограммы в первых метрах, иногда первых десятках метров в кристаллическом фундаменте.

Рассмотрим выборочно отдельные из карт и схем. На рис. 3 представлена карта распределения температуры на поверхности «нейтрального» слоя, ниже которой уже не ощущаются сезонные колебания температуры, распространяющиеся вглубь с земной поверхности.

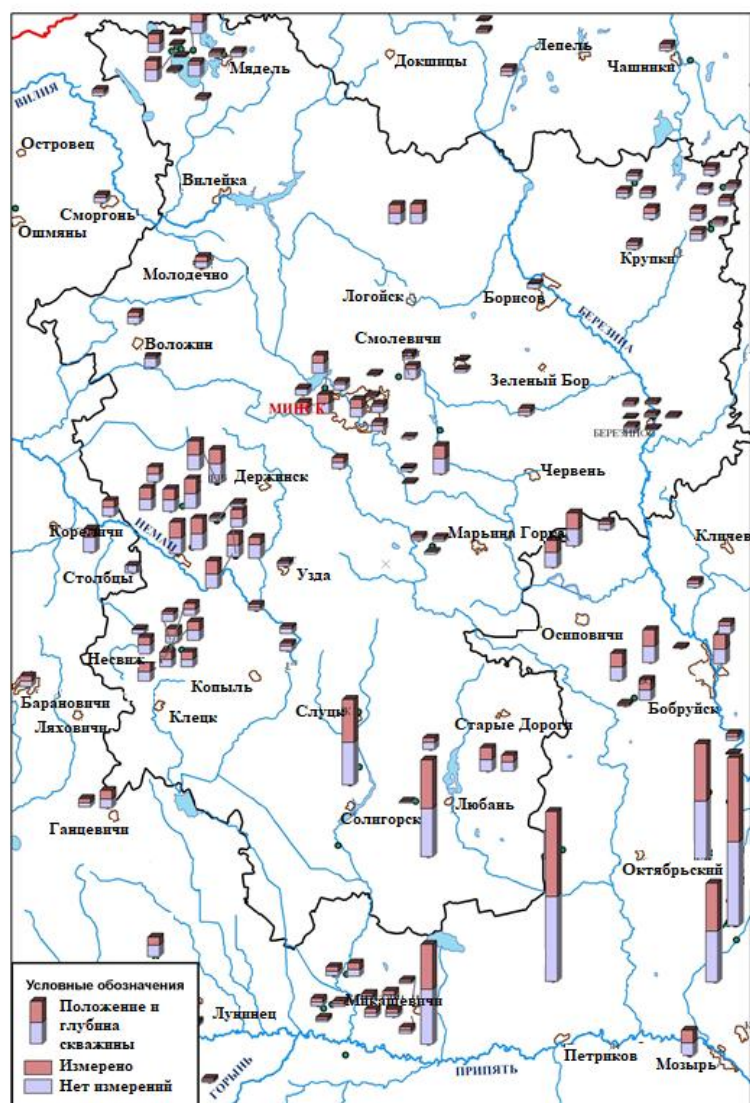


Рисунок 2 – Схема геотермической изученности территории Минской обл. и её обрамления. Вертикальными полосками показано местоположение и условная глубина изученных скважин, а соотношение серого и коричневого цветов отражает в условном масштабе их общую глубину и интервал, доступный для измерений скважинным термометром [1, с изменениями].

Температура «нейтрального слоя». В границах Минской обл. значение температуры изменяется в интервале 6,5–8,5 °С, на этом фоне формируются ряд геотермических аномалий. Не останавливаясь на их интерпретации, отметим, что в центральной и северной частях области с фундаментом докембрийского возраста преобладающими являются температуры 7,0–7,5 °С, они увеличиваются по мере приближения к Припятскому прогибу, основное формирование которого произошло в девоне, до значений 8,0–8,5 °С.

Глубина же залегания «нейтрального» слоя (рис. 4) зависит как от геологического строения каждого участка территории (наличие взаимосвязи между водоносными горизонтами, условий их питания метеорными водами), рельефа местности и интенсивности отбора подземных вод. В частности, в окрестностях крупного промышленного центра – г. Минска, окруженного более чем 10 водозаборами, – эта глубина превышает 90 м.

Ниже «нейтрального» слоя температура постепенно нарастает с глубиной. Карта её распределения на гл. 100 м приведена на рис. 5.

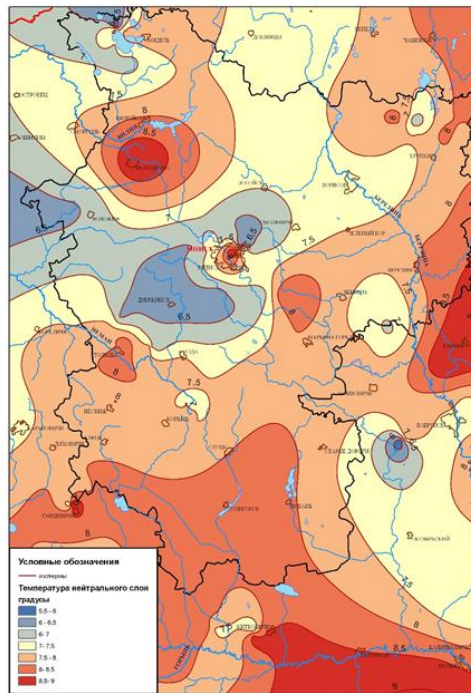


Рисунок 3 – Предварительная картосхема распределения температуры на поверхности «нейтрального» слоя для Минской обл. [1, с изменениями]

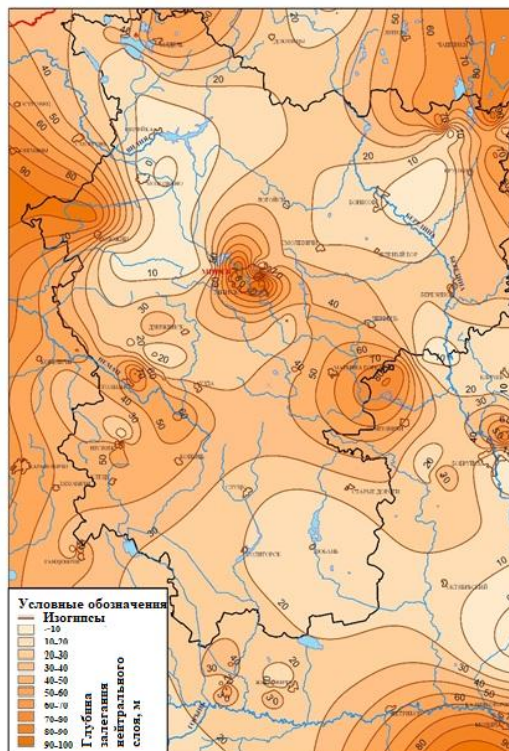


Рисунок 4 – Картосхема распределения глубины залегания «нейтрального» слоя для Минской обл. [1, с изменениями]

Аномалия низких значений менее 8 °С выделяется северо-восточнее г. Минска, а также в треугольнике между гг. Старые Дороги – Марьина Горка – Бобруйск. В центрально-западной части региона она простирается в пределы Гродненской обл. Эти обе территории остаются слабо изученными в геотермическом отношении и по мере накопления новых данных контуры обеих аномалий могут претерпеть изменения. Карта распределения температуры на гл. 200 м приведена на рис. 6.

На приведённых картах изолинии чёрным цветом; красными и синей жирными линиями обозначены границы Белорусской антеклизы и Оршанской впадины, соответственно; коричневыми линиями показаны границы областей; северная граница Припятского прогиба и Микашевичско-Житковичский выступ обозначены жирными линиями чёрного цвета; красными кружками обозначено положение изученных скважин, а звёздочками – основные населённые пункты.

За пределами Припятского прогиба, Оршанской и Подляско-Брестской впадин мощность платформенного чехла значительно сокращается, и глубина скважин, в которых зарегистрированы термограммы составляет первые сотни метров, что осложняет прогноз плотности геотермальных ресурсов в более глубоких горизонтах [4, 5].

По этой причине мы не приводим анализ структуры геотермического поля области для рассмотренных малых глубин (поверхность нейтрального слоя, гл. 100 и 200 м), которые целиком относятся к зоне активного водообмена. В этой зоне значительную роль играет циркуляция подземных вод [5]. Вследствие нисходящей их фильтрации (инфильтрации), происходит охлаждение верхней части платформенного чехла; наоборот, в зонах разгрузки подземных вод в долинах рек и озёрных котловинах восходящая фильтрация приводит к «подогреву» верхней части осадочной толщи.

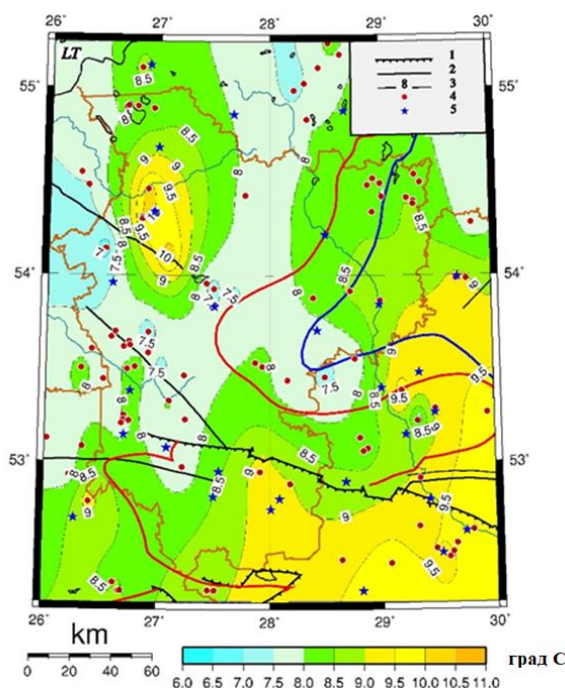


Рисунок 5 – Предварительная карта распределения температуры на гл. 100 м в пределах Минской обл.

Обозначения: 1 – суперрегиональный разлом; 2 – региональные разломы; 3 – изотермы, °С; 4 – изученные скважины; 5 – населённые пункты [2, 3, с изменениями]

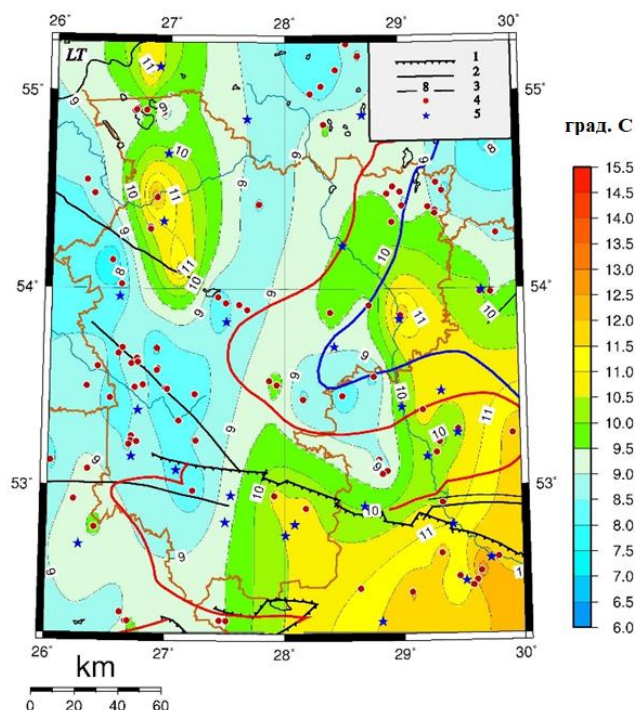


Рисунок 6 – Карта распределения температуры на гл. 200 м для Минской обл.
[2, 3, с изменениями]

Библиографические ссылки

1. Павловская О. А., Зуй В. И. Применение ГИС для моделирования особенностей распределения температуры в пределах нейтрального слоя Минской области // ГИС-технологии в науках о Земле : Материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов ВУЗов Республики Беларусь, проведённых в рамках празднования Международ. дня ГИС-2011, 16 нояб. 2011 г. / Отв. ред. Д. М. Курлович. Минск, 2012. С. 35–39.
2. Зуй В. И. Тепловое поле платформенного чехла Беларуси. Минск : Экономпресс, 2013.
3. Геотермический атлас Беларуси / Под общ. ред. В. И. Зуя. Минск : Национ. б-ка Беларуси, 2018.
4. Зуй В. И. Основы геотермии (пособие). Минск : Изд-во БГУ, 2018.
5. Зуй В. И. Тепловой поток в зоне активного водообмена на северо-востоке Беларуси / Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий : материалы Международ. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. НАН Беларуси А. С. Махнача (Минск, 21–22 нояб. 2018 г.). Минск : Строй-МедиаПроект, 2018. С. 49–53.

УДК 550.836.2(234.9)

A LOOK AT THE GEOTHERMAL FIELD AND GEOTHERMAL ENERGY IN THE CAUCASUS REGION

Siamak Mansouri-Far

Belarus State University, Department of Geography and Geoinformatics,
Nezavisimosty ave. 4, 220030 Minsk, Belarus; siamak_mansourifar@yahoo.com

The surface heat flow density varies from 20–30 to 100 and 150 mW/m². The increased heat flow values predominant. Abnormally low heat flow (20–40 mW/m²) is found in sedimentary basins. Zones of young tectonic and volcanic activity are distinguished.