

## ПАЛЕОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ ТЕРМОДЕГАЗАЦИИ НИЖНЕПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЙОНЕ ГОРЫ ЯНГАНТАУ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

© 2018 г. С. В. Мичурин, Р. Б. Бобохова

**Реферат.** Приводятся основные принципы метода термодегазации, позволяющего определять температуры эпигенетического прогрева и метаморфизма пород и минералов. Оцениваются достоинства и ограничения этого метода. Палеотемпературные исследования методом термодегазации нижнепермских отложений в районе г. Янгантау подтверждают представления о генетической связи тепловых проявлений в исследуемом районе с тектоникой, о большом энергетическом потенциале Юрюзанского сдвига. Делается вывод о древнем, послераннепермском возрасте этих явлений и об унаследованном характере современной тепловой аномалии г. Янгантау.

**Ключевые слова:** метод термодегазации, гора Янгантау, палеотемпература, эпигенетический прогрев

## PALEOTEMPERATURE STUDIES BY THERMODEGASSING OF LOWER PERMIAN DEPOSITS IN THE REGION OF YANGANTAU OF THE SOUTHERN URALS

S. V. Michurin, R. B. Bobokhova

**Abstract.** The main principles of the thermodegassing method, allowing to determine the temperatures of epigenetic heating and metamorphism of rocks and minerals, are given. The advantages and limitations of this method are evaluated. Paleotemperature studies using the method of thermodegassing of the Lower Permian deposits in the region of Yangantau confirm the idea of a genetic relationship between the thermal manifestations in the region under study with tectonics, and the large energy potential of the Juruzan wrench fault. A conclusion is drawn about the ancient, post — Lower Permian age of these phenomena and the inherited nature of the modern thermal anomaly of Yangantau.

**Key words:** method of thermal degassing, Yangantau, paleotemperature, epigenetic heating

При разработке геодинамических и геоэнергетических моделей, исследованиях физико-химических условий тектогенеза, метаморфизма, магматизма и формирования месторождений полезных ископаемых одними из важнейших исходных параметров являются температурные данные. Для оценки температурных режимов тектоно-физических и физико-химических процессов прошлого обычно применяют разнообразные геотермометры, основанные на РТ-диаграммах устойчивости минеральных парагенезисов, гомогенизации газовой-жидких (флюидных) включений в минералах, зависимости отражательной способности витринита, окраски конодонтов и палиноморф от температуры прогрева, а также фазовом соотношении в минеральных системах. Однако все они имеют определенные, связанные с их спецификой ограничения и являются достаточно трудоемкими. Это в значительной

мере затрудняет их использование в широкомасштабных исследованиях. В конце прошлого столетия талантливым геологом и исследователем А.С. Бобоховым в соавторстве с Р.Б. Бобоховой был предложен и разработан новый экспрессный достаточно эффективный метод определения температур эпигенетического прогрева и метаморфизма пород и минералов — метод термодегазации [Бобохов, Бобохова, 1990, 1997, 1998; Бобохов и др., 1993, 1994, 1995, 1996]. В 1997 г. ими с целью определения палеотемпературного режима эпигенеза верхнепалеозойских отложений была изучена термодегазация пород, развитых в районе курорта «Янган-Тау» [Нигматуллин и др., 1998; Бобохов, Бобохова, 1998]. Настоящая статья, основанная главным образом на этих и некоторых других публикациях А.С. Бобохова с соавторами, имеет своей целью осветить основные принципы метода термо-

дегазации, оценить его достоинства и ограничения и, в связи с возросшим интересом к феномену г. Янгантау, повторно привести результаты исследований термодегазации пород в этом районе.

Метод термодегазации основан на эмпирически установленной зависимости величины отношения относительных интенсивностей термодегазации пород и минералов при температурах 165 и 470°C (индекс термодегазации) от температур их образования, эпигенетического прогрева и метаморфизма [Бобохов, Бобохова, 1998]. По мнению авторов метода, термодегазация является одним из общих свойств минералов и представляет собой выделение при их нагревании летучих в виде отдельных импульсов, которое связано с десорбцией газов с расположенных на поверхности минеральных зерен активных центров. Это утверждение основывается на следующих установленных ими фактах.

1. При нагревании до 600°C термодегазация минералов и пород разного состава и генезиса имеет дискретный характер с близкими температурами начала ее главных импульсов (70, 165, 270, 370, 470, 570°C). Характер кривой термодегазации на диаграмме «давление газов – температура» принципиально одинаков для исследованных фторидов (флюорит, селлаит), окислов (кварц), карбонатов (кальцит, доломит, сидерит), сульфатов (барит) фосфатов (минералы группы апатита), силикатов (плагноклаз, гранат, ставролит, биотит, серицит, глинистые минералы). Отличие заключается лишь в относительной интенсивности отдельных пиков.

2. Уменьшение размеров исследуемой фракции закономерно и пропорционально увеличивает интенсивность термодегазации во всех ее главных пиках.

3. Уже «отожженные» пробы, помещенные на сутки в воду или даже оставленные на воздухе, обнаруживают термодегазацию, по распределению на температурной шкале ее пиков практически не отличающуюся от первоначальной.

4. Для всех исследованных минералов и пород между величиной отдельных пиков отмечается корреляционная связь, по характеру которой пики разделяются на две группы: 1) 70, 165, 270, 370 и 2) 470, 570°C. Внутри групп связи значимые положительные (от 0,25 до 0,48); между пиками разных групп — сильная отрицательная корреляция (до -0,73).

Некоторые приведенные факты требуют пояснения. В частности, утверждение, касающееся

того, что уменьшение размеров исследуемой фракции приводит к увеличению интенсивности термодегазации. Это было зафиксировано при изучении параллельных проб флюорита разных фракций [Бобохов, Бобохова, 1990, 1998]. В истертой пробе было установлено довольно значительное увеличение газовой выделения по сравнению с раздробленными пробами до фракций 0,07–0,1; 0,25–0,5 и 0,25–1 мм. Однако, по-видимому, этот факт — частное явление, проявляющееся только во флюорите Суранского месторождения. Возможно, оно связано с тем, что флюорит этого месторождения содержит флюидные включения очень маленького размера, которые в пробах меньших фракций при нагреве легче взрываются и тем самым увеличивают в них газовой выделение.

Одним из авторов настоящего сообщения при изучении пород рифейского возраста были получены результаты (табл. 1), показывающие, что в истертой пробе алевросланца по сравнению с раздробленной при их нагреве в вакууме происходит не увеличение, а напротив, уменьшение газовой выделения [Мичурин и др., 2004]. Истирание, по всей вероятности, приводит к механическому уничтожению газово-жидких включений, поэтому интенсивность газовой выделения истертой пробы при 190–455°C резко сокращается. Вместе с тем при температурах до 130 и свыше 470°C интенсивности газовой выделения раздробленной и истертой проб практически одинаковы (см. табл. 1). Это указывает на связь газовой выделения при этих температурах или с десорбцией газов с расположенных на поверхности минеральных зерен активных центров, или с какими-либо другими причинами, например, с разложением, дегидратацией или полиморфными превращениями минералов. Поэтому нельзя в полной мере согласиться с утверждением авторов метода термодегазации, что газовой выделение при нагреве проб в вакууме связано «исключительно с сорбционными центрами» и, что «пики, связанные с растрескиванием газово-жидких включений, являются скорее экзотикой, чем правилом» [Бобохов, Бобохова, 1998, с. 48].

Вместе с тем обезоруживающим и трудно объяснимым с точки зрения обычно привлекаемых причин газовой выделения (разрушение флюидных включений, разложение минералов и др.), является факт дегазации «отожженных» проб. В данном случае наиболее легким и логичным объяснением термодегазации «отожженных» проб, не отличающейся от исходной, безусловно является десорбция активных центров минералов.

Таблица 1

Сравнение интенсивностей газовыделения (усл. ед.) при нагреве в вакууме раздробленного (фракция 0,25–0,5 мм) и истертого образца м16 (по [Мичурин и др., 2004])

Table 1

Comparison of the intensities of gas evolution (conventional units) when heated in a vacuum in crushed (fraction 0.25–0.5 mm) and worn-out sample m16 (according to [Michurin et al., 2004])

Температура, °С	30–135	190–290	330–370	375–455	470–540	545–610	670–780
раздробленный	144,0	26,5	9,0	58,0	17,0	27,0	13,5
истертый	134,0	0,5	2,0	8,0	13,5	19,0	13,5

Авторы метода приводят весьма убедительные доказательства энергетической основы явления термодегазации [Бобохов, Бобохова, 1990, 1998]. Ее причиной является разрушение кислородного дырочного центра ( $O^-$ ), уверенно диагностируемого методом электронно-парамагнитного резонанса в радикалах минералов самого разного состава, энергетический спектр которого можно исследовать с помощью термолюминесценции [Марфунин, 1975]. Исследование адсорбции газов кристаллами и их люминесценции показали тесную взаимосвязь этих процессов [Соколов, Горбань, 1969]. Опираясь на результаты детальных исследований этих явлений на примере кислых вулканитов и их фенокристаллов, авторы методики пришли к выводу, что термодегазация, также как и термолюминесценция, является энергетической характе-

ристической кислородных центров (рис. 1а). Кроме того, была исследована термодегазация пород и минералов разного состава, температуры образования и преобразования которых определялись независимыми методами: окраска конодонтов, отражательная способность витринита, гомогенизация газожидких (флюидных) включений, гранат-биотитовый и гранат-ставролитовый методы и некоторые другие [Бобохов, Бобохова, 1998]. Оказалось, что между относительными интенсивностями отдельных пиков при термодегазации и установленными перечисленными методами температурами существует слабая корреляционная связь: отрицательная — для пиков 70, 165 и 370°С и положительная — для 470°С. Отчетливая, хорошо описываемая экспонентой, отрицательная зависимость от температур образования или преобразования минералов

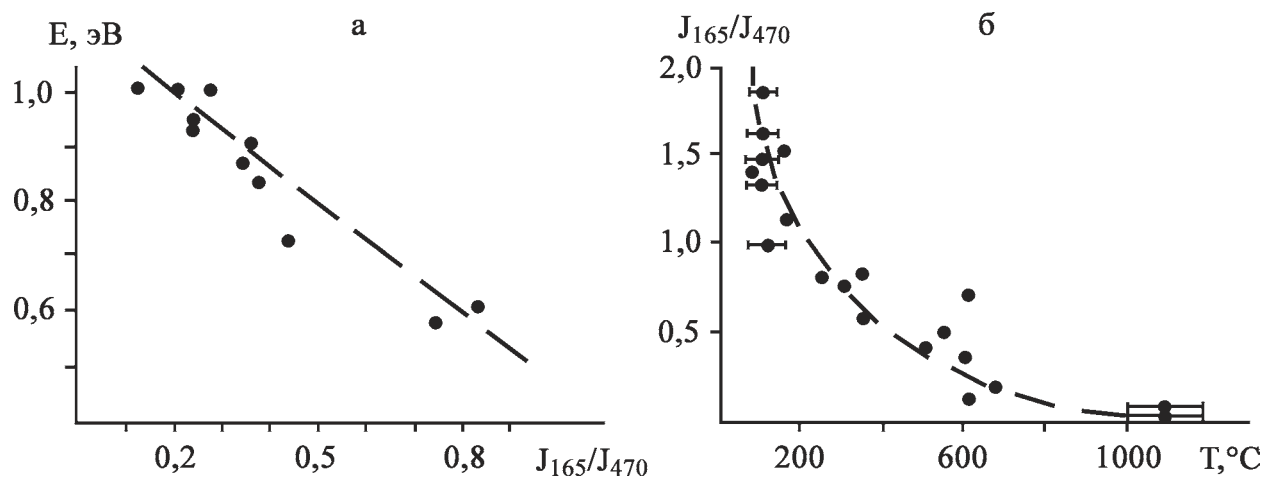


Рис. 1. Связи между отношением  $J_{165}/J_{470}$  в кислых вулканитах и энергией центра  $O^-$  в их фенокристаллах кварца (а) и между  $J_{165}/J_{470}$  пород и минералов различного состава и температурами их образования, эпигенетического прогрева и метаморфизма (б) по [Бобохов, Бобохова, 1998]

Fig. 1. Relations between the  $J_{165}/J_{470}$  ratio in acidic volcanics and the energy of the  $O^-$ -center in their quartz phenocrysts (a) and between rocks and minerals of different composition and temperatures of their formation, epigenetic heating and metamorphism (b) according to [Bobokhov, Bobokhova, 1998]

обнаружилась для отношения  $J_{165}/J_{470}$  (рис. 1б). Она характеризует, по мнению авторов методики, соотношение «антагонистических» энергетических уровней в спектре кислородного дырочного центра — более высокие температуры стимулируют появление в нем уровней захвата с большей энергией активации. Используя калибровочный график, построенный по уравнению регрессии, можно, таким образом, судить о палеотемпературах. Точность метода, как признают его авторы, сравнительно невысока ( $\pm 100^\circ$ ). Однако его неоспоримыми достоинствами являются: возможность палеотемпературного анализа тогда, когда другие методы в силу разных причин не могут быть применены, и сравнительная простота определения палеотемпературной зональности.

Вместе с тем, на наш взгляд, требуется определенная осторожность в интерпретации получаемых методом термодегазации данных. Необходимо учитывать, что при нагреве пород в вакууме газовыделение может происходить в силу разных причин, обусловленных не только десорбцией газов с расположенных на поверхности минеральных зерен

активных центров, но и разрушением флюидных включений, или в результате разложения, дегидратации или полиморфных превращений минералов. Так, например, разложение карбонатных минералов может влиять на характер кривой газовой выделение. Их температуры разложения относительно велики и для наиболее распространенных кальцита и доломита составляют порядка 800–900°C, однако, по нашим данным, газовыделение в вакууме из  $\text{CaCO}_3$ , приготовленного химическим способом, начинается уже при 360°C. По данным, приводимым в работе А.А. Пашенко с соавторами [1975], диссоциация магнезита начинается уже при 400°C. Из этого следует, что перед использованием метода термодегазации необходимо проведение мероприятий, направленных на более тщательную диагностику природы газовой выделение и отбраковку пиков, не связанных с десорбцией газов с активных центров.

В районе г. Янгантау методом термодегазации было изучено 65 образцов осадочных пород преимущественно раннепермского возраста (табл. 2). Литологически породы представлены в основном

Таблица 2

Термодегазация пермских отложений района г. Янгантау и температура их эпигенеза  
(по [Нигматулин и др., 1998])

Table 2

Thermodegradation of the Permian deposits of the Yangantau resort area and the temperature of their epigenesis (according to [Nigmatulin et al., 1998])

№ п/п	№ обр.	Порода	Относительная интенсивность пиков термодегазации (J)					$J_{165}/J_{470}$	T, °C
			70°	165°	270°	370°	470°		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Я-1	известняк	38,7	13,7	13,7	24,5	17,1	0,8	350,0
2	Я-1	известняк кремнистый	60,0	10,2	10,2	15,3	8,1	1,3	150,0
3	Я-2	известняк	62,0	10,9	10,9	13,9	3,5	3,1	<100,0
4	Я-2	известняк	54,0	12,6	12,6	20,3	5,6	2,2	<100,0
5	Я-3	мергель	75,9	8,9	8,9	8,9	2,6	3,4	<100,0
6	Я-4	известняк	61,0	7,0	7,0	21,0	2,8	2,5	<100,0
7	Я-5	известняк	61,6	8,2	8,2	13,5	6,7	1,2	200,0
8	Я-6	известняк кремнистый	70,6	3,6	3,6	19,0	3,6	1,0	250,0
9	Я-7	мергель	74,7	12,3	12,3	2,4	3,3	3,7	<100,0
10	Я-8	известняк	69,0	16,6	16,6	8,6	3,3	5,0	<100,0
11	Я-9	мергель	50,2	7,9	7,9	23,8	10,5	0,8	390,0
12	Я-10	известняк	50,9	14,8	14,8	19,4	9,7	1,5	100,0
13	Я-11	известняк глинистый	55,5	13,8	13,8	16,2	6,9	2,0	100,0
14	Я-12	известняк	41,0	5,5	5,5	43,0	4,6	1,2	200,0
15	Я-13	известняк	57,8	11,0	11,0	21,5	4,2	2,6	<100,0
16	Я-14	мергель	59,9	3,1	3,1	24,0	5,7	0,5	490,0
17	Я-15	мергель	42,6	17,0	17,0	30,0	8,5	1,9	<100,0
18	Я-16	известняк	59,0	9,5	9,5	19,0	8,1	1,2	200,0

Таблица 2 (окончание)

Table 2 (end)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	Я-17	известняк	49,7	13,9	13,9	20,9	12,1	1,1	200,0
20	Я-18	известняк	50,8	11,2	11,2	24,0	7,9	1,4	100,0
21	Я-19	мергель	64,8	16,2	16,2	6,4	12,4	1,3	150,0
22	Я-20	мергель	61,6	11,1	11,1	19,4	3,9	2,8	<100,0
23	Я-21	известняк	66,3	11,2	11,2	15,3	5,1	2,1	<100,0
24	Я-22	мергель	46,3	7,7	7,7	33,5	7,2	1,1	220,0
25	Я-23	известняк	46,8	10,6	10,6	17,0	6,4	1,6	100,0
26	Я-24	известняк	75,0	9,7	9,7	8,7	2,4	3,9	<100,0
27	Я-25	мергель	59,0	2,5	2,5	31,2	4,2	0,6	450,0
28	Я-26	доломит	76,7	9,6	9,6	7,3	2,8	3,4	<100,0
29	Я-27	известняк мраморовидный	37,0	13,1	13,1	22,8	17,1	0,8	350,0
30	Я-29	известняк	65,0	3,5	3,5	20,0	7,5	0,5	500,0
31	Я-30	известняк	52,0	11,5	11,5	18,4	9,8	1,2	200,0
32	Я-31	мергель	71,0	7,6	7,6	12,6	4,6	1,6	100,0
33	Я-32	известняк	57,0	7,2	7,2	24,2	6,0	1,2	200,0
34	Я-33	известняк	68,0	7,5	7,5	15,5	5,0	1,5	100,0
35	Я-35	известняк	62,0	12,4	12,4	17,4	5,0	2,5	<100,0
36	Я-36	мергель	55,0	11,0	11,0	19,0	8,6	1,3	180,0
37	Я-37	мергель	69,0	4,3	4,3	13,4	3,2	1,3	150,0
38	Я-38	мергель	59,0	2,9	2,9	26,7	7,1	0,4	600,0
39	Я-39	мергель	60,0	4,4	4,4	2,4	4,8	0,9	300,0
40	Я-40	мергель	72,0	5,3	5,3	11,0	5,3	1,0	250,0
41	Я-41	мергель	60,0	10,0	10,0	11,0	13,9	0,7	400,0
42	Я-42	мергель	40,0	6,0	6,0	40,9	8,6	0,7	400,0
43	Я-43	мергель	59,0	8,8	8,8	23,6	5,3	1,6	100,0
44	Я-44	известняк	68,0	10,5	10,5	14,7	3,7	2,8	<100,0
45	Я-45	известняк	55,0	8,4	8,4	22,4	5,6	1,5	100,0
46	Я-46	мергель	58,0	15,0	15,0	16,0	7,4	2,0	<100,0
47	Я-47	мергель	64,0	5,4	5,4	19,7	6,4	0,8	300,0
48	Я-48	известняк	73,0	8,5	8,5	11,3	3,4	2,5	<100,0
49	Я-49	кремнистая порода	57,0	8,9	8,9	23,0	5,2	1,7	100,0
50	Я-50	известняк	53,6	14,0	14,0	19,7	9,6	1,5	100,0
51	Я-52	мергель	41,0	18,5	18,5	18,5	9,2	2,0	<100,0
52	Я-53	известняк	54,0	5,4	5,4	32,0	3,4	1,6	100,0
53	Я-54	известняк	54,0	19,0	19,0	13,7	10,6	1,7	100,0
54	Я-55	известняк кремнистый	45,0	8,3	8,3	25,8	14,8	0,6	450,0
55	Я-56	известняк	50,5	8,4	8,4	28,0	4,5	1,8	<100,0
56	Я-57	мергель	64,0	8,4	8,4	17,4	3,5	2,4	<100,0
57	Я-58	мергель	48,6	5,4	5,4	22,5	5,4	1,0	250,0
58	Я-59	мергель	67,0	13,4	13,4	11,8	3,7	3,6	<100,0
59	Я-60	мергель	46,5	2,4	2,4	36,7	4,4	0,5	500,0
60	Я-62	известняк	47,0	4,5	4,5	29,2	5,4	0,8	350,0
61	Я-63	известняк	40,7	10,8	10,8	16,3	24,4	0,4	550,0
62	Я-64	известняк кремнистый	49,5	7,4	7,4	27,2	5,9	1,3	200,0
63	Я-65	известняк	58,0	7,9	7,9	10,6	4,2	1,8	<100,0
64	1502	известняк	59,2	7,0	7,0	22,0	8,2	0,9	320,0

известняками и мергелями, отмечаются прослои глинистых и кремнистых известняков. При их нагреве в вакууме не фиксируется зависимости увеличения интенсивности дегазации от литологического состава. Анализ показывает, что в ряду «мергель — глинистый известняк — известняк» не происходит увеличения газовыделения при температуре свыше 360 °С. Это указывает на отсутствие вклада в газовую составляющую, связанного с разложением карбонатных минералов. Из этого следует, что полученными данными можно сравнительно корректно оперировать в целях установления температур эпигенетического прогрева этих отложений. В результате удалось установить ос-

новные тенденции в латеральном распределении палеотемператур их эпигенетических преобразований (рис. 2). Так, несомненной выглядит пространственная связь палеотемпературной зональности с основными разрывными структурами района: фронтальной частью Месягутовской пластины и ее сочленением с Каратауским аллохтоном по Юрюзанскому сдвигу. Эти структуры отчетливо влияют на простираение изолиний величины отношения  $J_{165}/J_{470}$  и размещение локальных палеотемпературных аномалий (г. Янгантау, Кантунтау и Куткантау, источника Кургазак, дд. Ахунова, Мечетлино и Махмутово). На фоне прогрева до 100 °С в пределах отдельных аномалий палеотемпе-

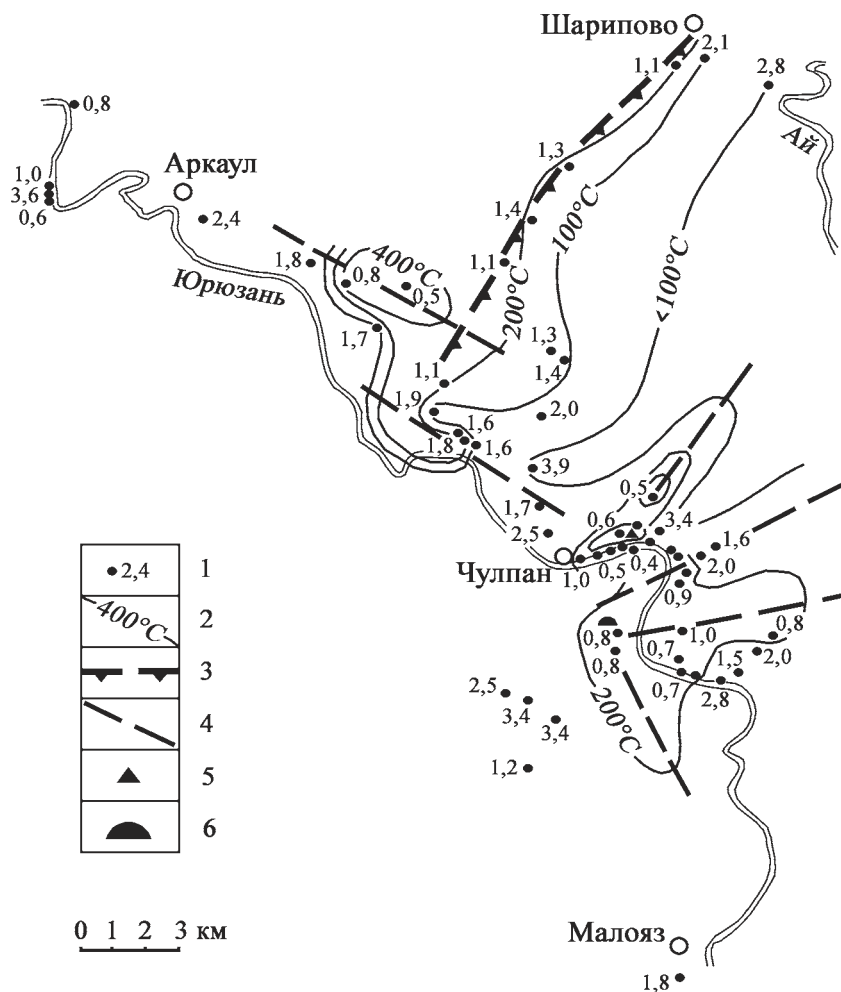


Рис. 2. Палеотемпературная зональность нижнепермских отложений района г. Янгантау (по [Нигматулин и др., 1998], с небольшими изменениями)

Условные обозначения: 1 — точки отбора проб и их значения  $J_{165}/J_{470}$ ; 2 — изотермы эпигенетического прогрева; 3 — Месягутовский надвиг; 4 — предполагаемые разрывные нарушения по искажениям изотерм; 5–6 — источники: 5 — Янгантау, 6 — Кургазак.

Fig. 2. Paleotemperature zoning of the Lower Permian deposits of the Yangantau region (according to [Nigmatulin et al., 1998] with minor changes)

Legend: 1 — sampling points and their values  $J_{165}/J_{470}$ ; 2 — isotherms of epigenetic warming up; 3 — Mesyagutovo thrust; 4 — alleged discontinuous violations due to distortions of isotherms; 5–6 — sources: 5 — Yangantau, 6 — Kurgazak.

ратуры возрастают до  $500 \pm 100^\circ\text{C}$ . Принципиально такая же картина вырисовывается и по распределению на исследованной площади значений отдельных интенсивностей пиков 70, 165 и  $470^\circ\text{C}$ .

Размещение локальных аномалий и флексуобразных изгибов изолиний показывает, что Юрюзанский сдвиг представляет собой довольно широкую зону, состоящую из более мелких нарушений [Бобохов, Бобохова, 1998]. Достаточно сложным выглядит строение палеотемпературной аномалии, объединяющей горы Янгантау и Кактунтау и субтермальный источник Кургазак. Конфигурация изолиний коэффициента термодегазации свидетельствует, что она распадается на ряд веерообразно расположенных в плане структур более высокого порядка. По всей вероятности, они являются разломами, производными от Юрюзанского сдвига.

Таким образом, палеотемпературные данные подтверждают представления о генетической связи тепловых проявлений в исследуемом районе с тектоникой, о большом энергетическом потенциале Юрюзанского сдвига и о сложном тектоническом взаимодействии Каратауского аллохтона и Юрюзано-Сылвенской депрессии. Бесспорным выглядит и вывод о древнем, послераннепермском возрасте этих явлений и об унаследованном характере современной тепловой аномалии г. Янгантау.

#### Литература:

**Бобохов А.С., Бобохова Р.Б.** Выявление палеогидротермальных зон с целью прогноза золото-сульфидного оруденения (на примере северной части Магнитогорского мегасинклинория Южного Урала) // Научно-технические достижения и передовой опыт в области геологии и разведки недр / ВИЭМС. — М., 1990. — С. 19–25.

**Бобохов А.С., Бобохова Р.Б.** Термодегазация минералов и пород как палеотермометр // Тепловое поле Земли и методы его изучения. — М.: Изд-во РУДН, 1997. — С. 99–101.

**Бобохов А.С., Бобохова Р.Б.** Термодегазация минералов как индикатор тепловых процессов в земной коре // Геология. Известия Академии наук Республики Башкортостан, № 2. — Уфа, 1998. — С. 48–59.

**Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Горожанин В.М., Мичурин С.В.** Термогазогеохимические и изотопные поисковые критерии колчеданного и золото-сульфидного оруденения (на примере месторождений Башкортостана): Препринт. — Уфа, 1993. — 23 с.

**Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Горожанин В.М., Мичурин С.В.** Термогазогеохимические и изотопные методы поисков гидротермального оруденения // Геология и минерально-сырьевые ресурсы республики Башкортостан. — Уфа: УНЦ РАН, 1994. — С. 64–66.

**Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Мичурин С.В., Горожанин В.М.** Этапность гидротермального процесса и поиски

золотосульфидного оруденения // Познание, освоение и сбережение недр республики Башкортостан. — Уфа: АН РБ, 1995. — С. 16–17.

**Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Мичурин С.В.** Термодегазация пород и минералов — эффективный метод поисков гидротермального оруденения // Познание, освоение и сбережение недр республики Башкортостан. — Уфа: АН РБ, 1996. — С. 18.

**Марфунии А.С.** Спектроскопия, люминесценция и радиационные центры в минералах. — М.: Недра, 1975. — 327 с.

**Мичурин С.В., Ковалев С.Г., Черникова Т.И.** Изотопные и термобарогеохимические особенности углеродистоглинистых сланцев в сложнодислоцированных зонах западного склона Южного Урала // Геологический сборник № 4 / ИГ УНЦ РАН. — Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2004. — С. 130–136.

**Нигматулин Р.И., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Бобохов А.С.** Геология и генезис тепловых аномалий горы Янган-Тай: Докл. Отд. наук о Земле и экологии АН РБ. — Уфа: АН РБ, 1998. — 71 с.

**Пашенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А.** Вяжущие материалы / Под ред. проф. А.А. Пашенко.— Киев, Вища школа, 1975. — 443 с.

**Соколов В.А., Горбань А.Н.** Люминесценция и адсорбция. — М. Наука, 1969. — 187 с.

#### References:

**Bobokhov A.S., Bobokhova R.B.** Vyjavlenie paleogidrottermal'nyh zon s cel'ju prognoza zoloto-sul'fidnogo orudnenija (na primere severnoj chasti Magnitogorskogo megasinclinorija Juzhnogo Urala) [Identification of paleo-hydrothermal zones for the purpose of predicting gold-sulfide mineralization (on the example of the northern part of the Magnitogorsk megasinclonorium of the Southern Urals)] // Nauchno-tehnicheskie dostizhenija i peredovoj opyt v oblasti geologii i razvedki neдр [Scientific and technical achievements and best practices in the field of geology and exploration of mineral resources]. М.: Nedra press, 1990, P. 19–25 (In Russian).

**Bobokhov A.S., Bobokhova R.B.** Termodegazacija mineralov i porod kak paleotermometr [Thermodegassing of minerals and rocks as paleotermometer] // Teplovoe pole Zemli i metody ego izuchenija [The Earth's thermal field and methods of its study]. М.: RUDN, 1997. P. 99–101 (In Russian).

**Bobokhov A.S., Bobokhova R.B.** Termodegazacija mineralov kak indikator teplovyh processov v zemnoj kore [Thermodegassing of minerals as an indicator of thermal processes in the earth's crust] // Geologija. Izvestija Akademii nauk Respubliki Bashkortostan [Geology. Izvestiya of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan]. Ufa, 1998. No 2. P. 48–59 (In Russian).

**Bobokhov A.S., Bobokhova R.B., Gorozhanin V.M., Michurin S.V.** Termogazogeochemicheskie i izotopnye poiskovyje kriterii kolchedannogo i zoloto-sul'fidnogo orudnenija (na primere mestorozhdenij Bashkortostana) [Thermogas geochemical and isotopic search criteria of pyrite and gold-sulfide mineralization (on the example of Bashkortostan deposits)]: Preprint. Ufa, 1993. 23 p. (In Russian).

**Bobokhov A.S., Bobokhova R.B., Gorozhanin V.M., Michurin S.V.** Termogazogeoхимические и изотопные методы поисков гидротермального оруденения [Thermogas geochemical and isotopic methods of searches for hydrothermal mineralization] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы республики Башкортостан [Geology and mineral resources of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: UNC RAN, 1994. P. 64–66 (In Russian).

**Bobokhov A.S., Bobokhova R.B., Michurin S.V., Gorozhanin V.M.** Etapnost' gidrotermalnogo processa i poiski zoloto-sulfidnogo oруденения [Stages of the hydrothermal process and the search for gold sulfide mineralization] // Poznanie, osvoenie i sberezenie neдр республики Башкортостан [Cognition, development and conservation of the bowels of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: AN RB, 1995. P. 16–17 (In Russian).

**Bobokhov A.S., Bobokhova R.B., Michurin S.V.** Termodegazacija porod i mineralov — effektivnyj metod poiskov gidrotermalnogo oруденения [Thermodegassing of rocks and minerals is an effective method of searching for hydrothermal mineralization] // Poznanie, osvoenie i sberezenie neдр республики Башкортостан [Cognition, development and conservation of the bowels of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: AN RB, 1996. 18 p. (In Russian).

**Marfunin A.S.** Spektroskopija, ljuminescencija i radiacionnye centry v mineralah [Spectroscopy, luminescence and

radiation centers in minerals]. M.: Nedra, 1975. 327 p. (In Russian).

**Michurin S.V., Kovalev S.G., Chernikova T.I.** Izotopnye i termobarogeoхимические особенности углеродисто-глинистых сланцев в сложнорасположенных зонах западного склона Южного Урала [Isotope and termobarogeochemical features of carbonaceous shales in the complexly dislocated zones of the western slope of the Southern Urals] // Geologičeskij sbornik No 4. Informacionnye materialy [Geological collection No 4. Information materials]. Ufa: DizajnPoligrafServis, 2004. P. 130–136 (In Russian).

**Nigmatulin R.I., Kazanceva T.T., Kamaletdinov M.A., Kazancev Ju.V., Bobokhov A.S.** Geologija i genesis teplovyh anomalij gory Jangan-Tau: Doklad Otdeleniju nauk o Zemle i ekologii AN RB [Geology and genesis of thermal anomalies of Mount Yangan-Tau: Report to the Department of Earth Sciences and Ecology of the Academy of Sciences of the Republic of Belarus]. Ufa: AN RB, 1998. 71 p. (In Russian).

**Pashhenko A.A., Serbin V.P., Starčevskaja E.A.** viazhushchie materialy [Cementing materials] / A.A. Pashhenko (ed.). Kiev: Vishha shk., 1975. 443 p. (In Russian).

**Sokolov V.A., Gorban' A.N.** Ljuminescencija i adsorbicija [Luminescence and adsorption]. M.: Nauka, 1969. 187 p. (In Russian).

*Сведения об авторах:*

**Мичурин Сергей Васильевич**, кандидат геолого-минералогических наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). E-mail: s\_michurin@mail.ru

**Бобохова Роза Биаловна**, свободный исследователь

*About the authors:*

**Michurin Sergey Vasilevich**, PhD in Geology-mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS). E-mail: s\_michurin@mail.ru

**Bobokhova Roza Bilalovna**, free researcher