

УДК 500.836+470.55

ПРИРОДНЫЙ ДОМЕННЫЙ ПРОЦЕСС ГОРЫ ЯНГАНТАУ (ЗАПАДНЫЙ УРАЛ)

© 2012 г. В. Н. Пучков*, А. Ю. Кисин**, С. Н. Шанина***

**Институт геологии УНЦ РАН
450000, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2
E-mail: puchkv@anrb.ru*

***Институт геологии и геохимии УрО РАН
620075, г. Екатеринбург, пер. Почтовый, 7
E-mail: kissin@igg.uran.ru*

****Институт геологии Коми НЦ УрО РАН
167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54
Поступила в редакцию 21.05.2012 г.*

Приводятся результаты исследований самородного чугуна, найденного при строительных работах на термальном курорте “Янгантау”, на северо-востоке Республики Башкортостан. Хроматография чугуна и стекла с его поверхности в интервале температур 600–1000°C показала в составе выделившихся газов высокие содержания монооксида углерода при отсутствии азота. Сделан вывод, что на горе Янгантау имел место природный доменный процесс. Очаг горения расположен в осадочных отложениях на небольшой глубине и не связан с глубинными геологическими процессами. Рудой послужили, вероятно, скопления бурого железняка на закарстованной поверхности известняка.

Ключевые слова: углеводороды, подземное горение, геотермальные явления, черные блоки, многофазная система.

Описанию широко известного природного феномена г. Янгантау (Республика Башкортостан) посвящена большая статья В.Н. Пучкова и Р.Ф. Абдрахманова [7]. В ней было поднято несколько проблем, так или иначе связанных с этим феноменом, и предложены наиболее вероятные их решения. Одна из проблем касалась происхождения слитка чугуна, обнаруженного в 2001 г. на глубине 7 м при рытье котлована для строительства здания. К сожалению условия залегания самородка в то время геологами не были изучены, но известно, что обнаружен он был в пермских песчаниках (тандакской свиты, артинского яруса). Вес его оценивался многими центнерами. Один из образцов, отколотых рабочими, весом около 3 кг, был передан для исследований В.Н. Пучкову Э.З. Гареевым.

Версия метеоритного происхождения данного металла отпала сразу же после получения результатов первых анализов, выполненных в Институте стали и сплавов РАН и в Институте сверхпластичности РАН. В 2001 г. исследования металла были продолжены в Институте минералогии УрО РАН (г. Миасс). Микрозондовый анализ показал химический состав сплава (в мас. %): Fe – 96.08; Mn – 1.08; Cr – 0.29; V – 0.13, сумма 97.58 (аналитик Е.И. Чурин), полностью исключаяющий его метеоритное происхождение. По заключению сотрудника ИМин УрО РАН Т.П. Нишанбаева, структу-

ра сплава отвечает структуре чугуна. Характер поверхности слитка, покрытой шлаком, ноздреватой, с каналцами, дающими возможность предположить прохождение газов через расплав, позволял сразу усомниться в его неземном происхождении.

Версия техногенного происхождения слитка также не подтверждается никакими фактами. Против этой версии говорят такие данные, как полное отсутствие каких-либо исторических указаний на развитие железоделательной металлургии в районе горы Янгантау, а также факт нахождения слитка железа среди пермских коренных пород, а не в слое наносов, которые отвечали бы какой-либо исторической эпохе.

В.Н. Пучковым была высказана своя гипотеза, согласно которой указанный слиток является продуктом уникального природного процесса выплавки железной руды, связанного с ранней стадией развития термальных явлений горы Янгантау. Но для выплавки железа из руды требуется высокая температура (до 1200°C), существование которой здесь пока не доказано.

Таким образом, по вопросу происхождения данного слитка металла есть три точки зрения: метеоритное, техногенное и природное. Несостоятельность первых двух гипотез показана выше, а правомочность последней обосновывается дополнительными исследованиями, изложенными в данной статье.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В нашем распоряжении имелся образец металла весом около 3 кг. Часть поверхности образца естественная, а часть представлена сколами и спилами. Для исследований от него был отпилен небольшой фрагмент весом около 50 г, одна сторона которого представлена природной поверхностью. Такие размеры образца позволили изучить его под бинокулярным микроскопом МБС-10 при увеличениях до $\times 56$. Для микронзондовых исследований было изготовлено 2 полированных пластинки. Исследования выполнены в Институте геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург) на микроанализаторе Самеса SX 100 с пятью волновыми спектрометрами. Морфология естественных поверхностей исследована сканирующим электронным микроскопом JSM-6390LV фирмы Jeol, оснащенный энергодисперсионной приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 фирмы Oxford Instruments.

В Институте геологии КомиНЦ УрО РАН методом газовой хроматографии изучался состав и содержание газов, выделяющихся из проб стекол и металла с горы Янгантау при нагревании. Измерения выполнены на газовом хроматографе Цвет-800, соединенном с пиролитической приставкой, по известной методике [6]. Пиролиз образцов проводился в кварцевом реакторе при поинтервальном нагреве навески [5]. В качестве газа-носителя использовался гелий. Обработка хроматографических сигналов осуществлялась с помощью программы TWS-MaxiChrom. В ходе анализа навеска исследуемого вещества помещалась в кварцевый реактор и продувалась потоком гелия при температуре 100°C в течение 60 минут, для удаления сорбированного воздуха со стенок пробирки и воды, сорбированной на поверхности образца. Затем реактор нагревался до заданной температуры, а форколонка охлаждалась жидким азотом. По окончании пиролиза (3 мин) накопленные газовые компоненты поступали в рабочую колонку хроматографа. Анализ выполнялся в режиме программирования температуры термостата колонок от 40 до 115°C , со скоростью $15^\circ\text{C}/\text{мин}$. Скорость газа-носителя гелия составляла 18 мл/мин, температура детектора по теплопроводности – 150°C , ток – 140 мА; температура пламенно-ионизационного детектора – 150°C .

Данная методика позволяет определять следующие газовые компоненты: H_2 , N_2 , CO , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_2 , C_2H_6 , C_3H_6 , C_3H_8 , изо- C_4H_{10} , C_4H_8 , н- C_4H_{10} , CO_2 , H_2O , H_2S и SO_2 . Определение содержаний газов проводилось с использованием калибровочного коэффициента. Ввод стандартной газовой смеси в реактор осуществлялся с помощью крана-дозатора. В выбранных условиях минимально определяемое содержание по основным компонентам составляет (мкг/г): для катарометра: $5 \cdot 10^{-3}$ – для N_2 и CO , $8 \cdot 10^{-3}$ – для CH_4 и CO_2 , 1.1 – для H_2O и $2 \cdot 10^{-2}$ – для H_2 ; для

ДИП: CH_4 – $8 \cdot 10^{-5}$, C_2H_4 , C_3H_6 – $1 \cdot 10^{-4}$, C_2H_2 , C_2H_6 , C_3H_8 – $7 \cdot 10^{-5}$, C_4H_{10} , изо- C_4H_{10} – $2 \cdot 10^{-5}$. Самый низкий порог определения имеет водород. Это связано с тем, что детектор по теплопроводности обладает низкой чувствительностью по водороду при использовании гелия в качестве газа-носителя. Калибровка по воде проводилась по стандартной пробе СГД-1а (габбро эссекситовое ГСО). Вероятная относительная погрешность метода 16%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Под микроскопом естественная поверхность металла в образце шагреневая, волнистая, местами бугорчатая. Цвет металла светло-серый, слегка желтоватый. Наблюдается несколько трубчатых червеобразных каналов диаметром до $1\text{--}2$ мм, образующих бессистемные скопления (рис. 1). Форма каналов округлая, сечение непостоянное. При выходе на поверхность металла они принимают воронкообразную форму, увеличиваясь в диаметре в $2\text{--}3$ раза. Стенки каналов сглаженные, поверхность шагреневая. В некоторых случаях наблюдаются резко выраженные в рельефе параллельные гребневидные выросты металла, ориентированные

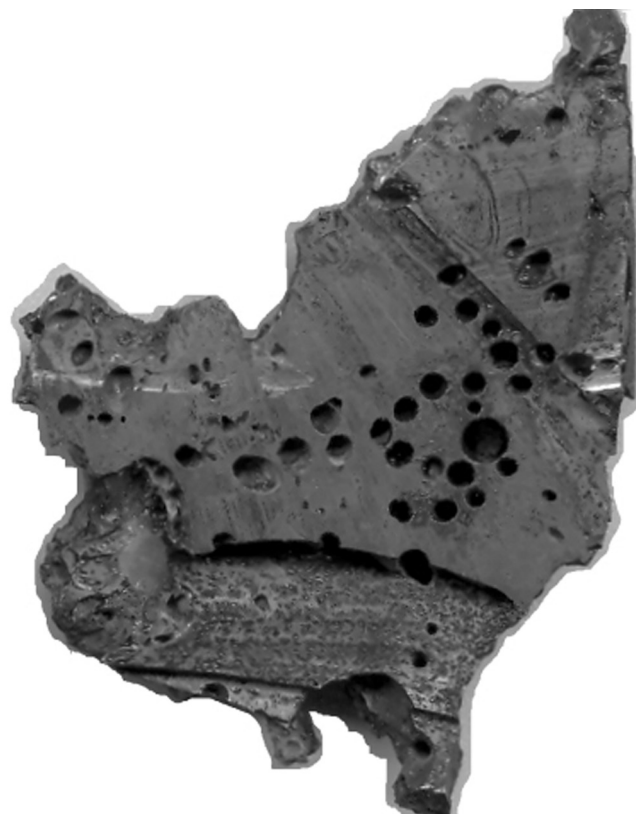


Рис. 1. Трубчатые каналы на спиле образца металла субпараллельного естественной поверхности (обратная сторона образца). Наибольшее измерение образца 30 мм.

вдоль канала. Морфология такой поверхности указывает на эрозию стенок канала в результате тока горячей газовой струи. В металле часто наблюдаются естественные щелевидные микротрещинки растяжения, борта которых иногда чуть смещены. Стенки неровные. Хорошо видна структура металла: субизометричные зерна 0.5–1.0 мм в поперечнике. Сечение по форме близко к квадратному. Границы зубчатые. Поверхности зерен плоские и выглядят как спайность, чем сильно напоминают скол мрамора или галенитовой руды. Около стенок каналов размеры зерен обычно уменьшаются в 2–3 раза. В качестве особенностей отметим, что в природных условиях металл коррозии не подвергался, но после распиливания образца ржавчина появилась уже через несколько часов.

Вмещающие породы, наблюдаемые в образце, представлены глинистыми несортированными песками (или песчаниками). Среди минералов песчаной размерности преобладает кварц различной степени окатанности. В качестве единичных зерен отмечен ставролит, темная слюда, рутил. На контакте металла с глинистыми песками наблюдается слой сильно вспененного стекла толщиной до 1 мм. Стекло бесцветное или слегка желтоватое. Контакт стекла с глинистыми песками наблюдается редко. Чаще он представлен обломками стекла, сцементированными песчано-глинистым материалом.

На одном участке природной поверхности металла наблюдается очень тонкий слой черного непрозрачного стекла (?), распределенного пятнами. На устьях каналов это стекло образует конусовидные нашлепки, похожие на миниатюрные вулканы, вершины которых осложнены кратерами (рис. 2 и 3). Вероятно, температура газов выходящих из каналов была выше температуры существовавшей на внешней поверхности металла, что привело к локальному плавлению находящейся в контакте субстанции. Другой вариант: конденсация материала из газовой струи, вышедшей из металла. Состав черной стекловидной массы не постоянный (табл. 1); резко преобладают Ti, Si, Mn, Mg, Fe, C. В черной стекловидной (шлаковидной) массе распространены газовые пузыри изометричной формы. На стенках пузырей и в самой шлаковидной массе часто наблюдаются включения мелких шариков металла (рис. 4), по составу близких составу основной массы самородка (табл. 1).

Наиболее ценную информацию дала газовая хроматография (табл. 2). В стекле в интервале температур 100–600°C резко преобладает H_2O и CO_2 ; на третьем месте находится монооксид углерода. В интервале температур 600–1000°C следуют (в порядке убывания): CO_2 , CO, H_2 и CH_4 . Это восстановленные газы. В пересчете на CO и CO_2 соотношение составляет 30 и 70%, соответственно. Еще более впечатляющие цифры состава газов получены по металлу, особенно в интервале температур 600–1000°C.

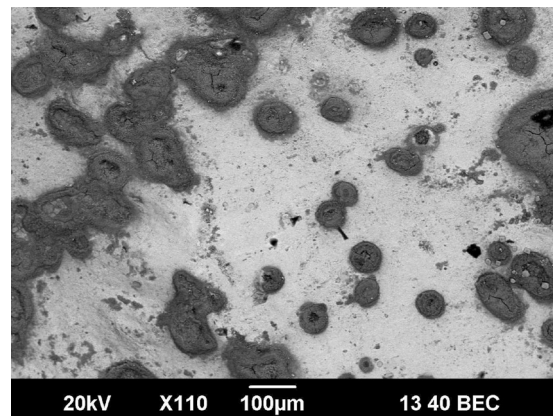


Рис. 2. Устья трубчатых каналов на естественной поверхности образца металла, к которым приурочены конусы черной стекловидной массы.

Здесь и на рис. 4. Электронный микроскоп JSM-6390LV. ЦКП УрО РАН "Геоаналитик".

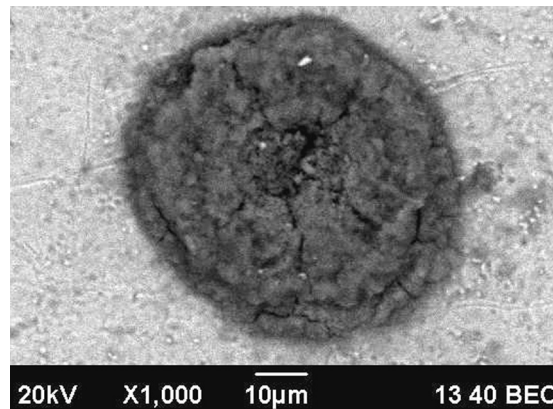


Рис. 3. Типичный вид конуса черной стекловидной массы на устье трубчатого канала (см. рис. 2). Хорошо видны радиальные трещины растяжения, концентрические валы и жерло.

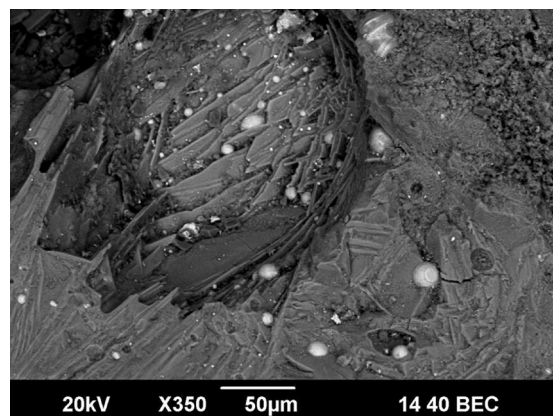


Рис. 4. Газовая полость и мелкие шарики металла в черной стекловидной массе.

Таблица 1. Химический состав черной стекловидной массы и металла

Элемент	1		2		3		4	
	вес. %	атом. %	вес. %	атом. %	вес. %	атом. %	вес. %	атом. %
C	3.04	6.66	18.65	37.01			8.65	27.16
O	32.62	53.68	19.83	29.54	49.06	72.85	4.57	10.77
Mg	1.81	1.96	1.11	1.09	3.00	2.93		
Al	2.24	2.19	0.51	0.45	1.17	1.03		
Si	6.71	6.29	14.23	12.08	1.77	1.49	5.05	6.78
K	2.54	1.71			0.25	0.15		
Ca	5.79	3.80	0.75	0.45	0.47	0.28		
Ti	29.09	15.99	0.75	0.37	32.70	16.22		
Cr	0.68	0.35	4.68	2.14	3.21	1.47	1.65	1.20
Mn	10.11	4.84			3.60	1.56	1.26	0.86
Fe	5.37	2.53	39.49	16.86	4.78	2.03	78.82	53.23
Итого	100.00		100.00		100.00		100.00	

Примечание. Анализы выполнены в Институте геологии и геохимии УрО РАН на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV фирмы Jeol, оснащенный энергодисперсионной приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 фирмы Oxford Instruments. Аналитик С.П. Галватских. 1–3 – черная стекловидная масса; 4 – металл. Повышенные содержания хрома обусловлены полировкой образца окисью хрома.

Таблица 2. Результаты хроматографического анализа стекла и железа с горы Янгантау (в мкг/г и %)

T, °C	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	i-C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	n-C ₄ H ₁₀
Стекло (масса пробы 0.074 г)													
100–600	3.96	0.00	9.94	187.23	2568	1.25	0.54	0.10	0.71	0.14	0.01	0.56	0.07
600–1000	7.03	0.00	115.31	268.82	0	0.16	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.80%		29.47%	68.69%		0.04%							
Металл (масса пробы 0.1213 г)													
20–200	0.31	0.07	0.44	83.32	27378	0.27	0.02	0.21	0.06	0.50	0.00	0.01	0.07
200–600	29.63	0.00	130.26	355.0	14903	2.31	0.90	0.43	1.03	0.34	0.00	0.07	0.02
600–1000	3.98	0.00	6548.54	1838	224	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.05%		76.01%	21.34%	2.60%								

Примечание. Анализы выполнены в Институте геологии КомиНЦ УрО РАН, г. Сыктывкар. Аналитик С.Н. Шанина

В составе газов установлено 76% CO и 21% CO₂. Такой состав законсервированных в металле газов-восстановителей является ключом к определению процессов, результатом которых было образование самородного чугуна.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рис. 5 показана субграфическая (перлитная – в металлах) структура, наблюдаемая на полированной поверхности металла в отраженных электронах. Такая структура характерна для чугуна и обусловлена эвтектидным распадом (перлитном превращении) аустенита на две фазы – феррит и цементит (Fe₃C, доля C до 6.67%). Микронзондовые анализы металла (табл. 3) подтвердили ранее сделанные выводы о том, что это чугун [7]. Наличие на поверхности металла глинистых песков с обычными терригенными минералами показывает, что самородок чугуна сформировался: 1) в природных условиях, 2) в рыхлых отложениях, лежащих на поверхности известняков (в выемке закартированы

карбонатные породы). Таким образом, правомочность гипотезы В.Н. Пучкова полностью подтверждена. Встает вопрос о том, какие процессы привели к возникновению самородного чугуна.

Самородное железо описано во многих местах по всему миру (в Сибири, Индии, Сенегале, Германии, Гренландии, США и др.). Известно оно и на смежной к северо-западу площади Уфимского плато [3]. Обычно оно почти чистое, малоуглеродистое, мягкое и ковкое. Самородный чугун встречается значительно реже. Как отмечает Н.А. Мезенин [4], для его образования необходимы особые условия. Это может иметь место, например, вследствие контакта раскаленного углерода с железной рудой и получающимся из нее сплавом. В качестве примера Н.А. Мезенин описывает находку самородного чугуна А.А. Иностранцевым в 1905 году, в районе острова Русский на Дальнем Востоке. Здесь небольшие пластообразные скопления самородного чугуна залежали на глубине 30–40 м под скальными породами морского берега. В пробах самородного чугуна, подсеченного скважиной, оказалось около 3.2% углерода, 1.55% кремния, 0.66% марганца. По мнению А.А. Иностранцева, самородный

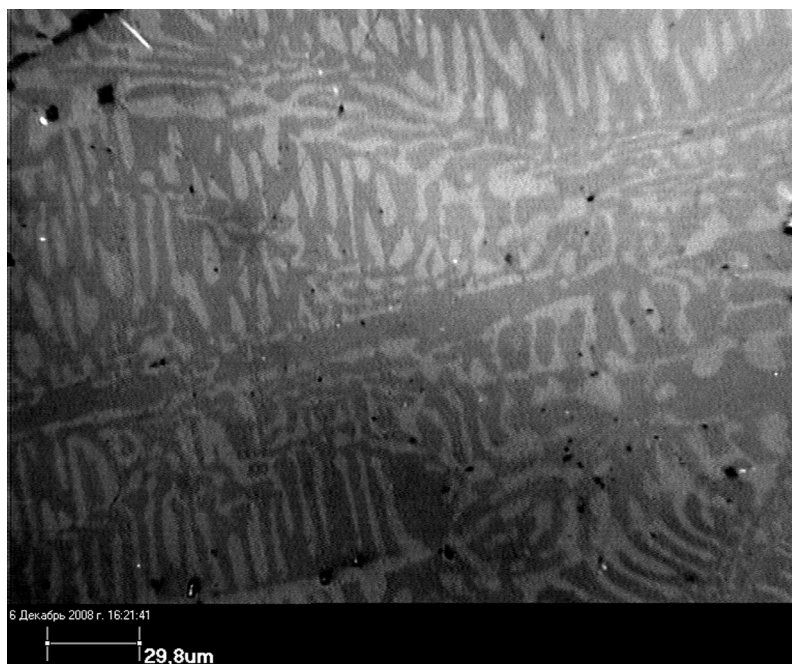


Рис. 5. Графическая структура металла, наблюдаемая под электронным микроскопом.

По описанию она похожа на перлитную структуру, характерную для чугуна.

чугун здесь образовался в результате извержения лавы кварцевого порфира на поверхность переслаивающихся пластов каменного угля и железной руды. Под влиянием высоких температур и без доступа воздуха из каменного угля произошло выделение углеводородов и окиси углерода, которые взаимодействовали с пластами железной руды.

Температура плавления железа 1539°C. Силикатные стекла плавятся при температурах около 1400°C. Но, наблюдаемые местами на поверхности металла с горы Янгантау корки стекла и шлаков – очень тонкие, не более 1 мм. Это может свидетельствовать в пользу относительно низких температур, существовавших на момент формирования

Таблица 3. Результаты микрозондовых анализов металла с г. Янгантау (вес. %)

№ анализа	Компоненты							
	C	Si	V	Cr	Mn	Fe	Ni	сумма
1	7.39	0.01	0.18	0.33	1.27	92.39	0.05	101.61
2	7.49	0.01	0.19	0.42	1.22	92.53	0.06	101.92
3	0.23	0.28	0.05	0.11	0.85	97.49	0.10	99.12
4	6.22	0.03	0.15	0.25	1.47	92.22	0.03	100.36
5	8.26	0.02	0.16	0.30	1.32	92.12	0.02	102.21
6	7.19	0.00	0.19	0.39	1.19	92.46	0.02	101.44
7	7.58	0.00	0.19	0.42	1.21	92.76	0.01	102.18
8	6.78	0.00	0.16	0.40	1.23	92.48	0.02	101.07
9	22.64	0.05	0.16	0.33	1.18	89.24	0.03	113.63
10	1.67	0.41	0.02	0.10	0.88	97.42	0.07	100.57
11	1.45	0.44	0.03	0.09	0.87	97.97	0.08	100.91
12	0.00	0.21	0.16	0.14	0.99	91.77	0.03	93.30
13	0.46	0.31	0.03	0.11	0.88	96.64	0.06	98.49
14	0.43	0.25	0.03	0.13	0.83	97.11	0.03	98.81
15	5.33	0.15	0.09	0.23	0.98	93.66	0.03	100.46
16	6.12	0.01	0.16	0.34	1.32	92.37	0.03	100.36
17	13.43	0.01	8.49	0.55	0.06	1.99	0.02	24.55
18	5.93	1.46	6.40	0.37	0.24	2.21	0.01	16.60

Примечание. 1, 2, – участки серого цвета (рис. 5); 3–8, 10–13 – светлые участки, 9, 17, 18 – мелкие светлые включения треугольные сечения; 14, 15 – железо. В спектрах анализов 17 и 18 имеется титан. Аналитик В. Гмыра.

слитка, и/или о локальности такого нагрева. Как отмечалось В.Н. Пучковым и Р.Ф. Абдрахмановым [7] других прямых признаков существования высоких температур в окрестностях горы Янгантау не отмечалось.

А.И. Дзенс-Литовский [2] отмечает среди пород горы Янгантау, подвергшихся термальному воздействию, присутствие белесого порошка полугашеной извести. Этот факт также подтверждается старожиллом А.Т. Юсуповым, рассказавшим, что после войны местные жители на склоне борта долины, под зданием паровоздушных ванн, добывали гашеную известь (температура диссоциации кальцита более 650°C). В настоящее время в указанном месте известь отсутствует; но вскрыты черные блоки “горельников”. На горе Янгантау черные блоки впервые были описаны В.Н. Пучковым. Данный термин обычно используется в минералогии техногенеза отвалов угольных бассейнов, в которых происходит самопроизвольное горение оставшегося угля. Черные блоки – это участки непрогоревших пород, сильно прокаленных без доступа кислорода. В них протекали процессы, сходные с сухой перегонкой углистых и битуминозных веществ, с образованием вещества, близкого к газовой саже или шунгиту [8]. На склоне горы Янгантау черные блоки – это небольшие, до 2 м² в поперечнике, участки, приближенные к нижней части горелой зоны. Все это свидетельствует в пользу имевших здесь место локальных термальных аномалий, продуктом которых явился самородный чугун.

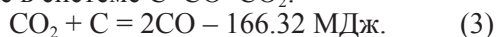
Металлурги получают чугун в доменной печи. Е.Ф. Вегман и др. [1] описывают доменный процесс в условиях избытка газа-восстановителя реакциями:

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 + m\text{CO} \rightarrow 3\text{FeO} + (m-1)\text{CO} + \text{CO}_2 \quad (1)$$

$$\text{FeO} + n\text{CO} \rightarrow \text{Fe} + (n-1)\text{CO} + \text{CO}_2 \quad (2)$$

При температуре 800°C равновесный состав газа реакции (2) составляет 70% СО и 30% СО₂. Для этого требуется, вместо 1 моля восстановителя, 3·1/3 моля. Для восстановления высших оксидов железа не требуются высокие содержания СО, но для восстановления FeO необходимы высокие концентрации монооксида углерода, возрастающие с ростом температуры. Результаты хроматографического анализа показали, что в самородном чугуне доля монооксида углерода составляет 76%. Возможно, это объясняется более высокими температурами восстановления FeO (более 800°C).

Е.Ф. Вегман и др. [1] также отмечают, что наличие твердого углерода требует учитывать равновесие в системе С–СО–СО₂:



Это реакция газификации углерода (3), которая зависит от давления: рост давления смещает равновесие влево, а снижение – вправо. Она протекает при высоких температурах и отличается высокой скоростью. Напротив, реакция распада СО протекает медленно и для достижения равновесия необходимо время.

На рис. 6 приведена совмещенная диаграмма равновесий в системе Fe–O–CO и C–CO–CO₂. В реальном газе при температурах ниже 700–800°C содержание СО выше, чем в равновесном, определяемом реакцией газификации. Диаграмма показывает, что в печи равновесный состав газа не достигался. Иначе при давлении 98 кПа и температуре ниже 650°C (кривая 2, точка а) не получить FeO из Fe₃O₄, как Fe из FeO при температуре ниже 685°C (кривая 2, точка б). А поскольку равновесие в реальном газе не достигается, то становятся возможными реакции косвенного восстановления Fe₃O₄ и FeO в условиях более низких температур.

Таким образом, состав газов из стекол и самородного чугуна однозначно указывает на природный доменный процесс, имевший место на горе Янгантау. Судя по примесям марганца и кремнезема, рудой для выплавки чугуна послужили скопления бурого железняка, которые часто образуют скопления на закарстованной поверхности известняков. Тем более что среди карбонатов отмечен сидерит. Что послужило причиной горения – это вопрос уже второстепенный. Ранее он был рассмотрен В.Н. Пучковым и Р.Ф. Абдрахмановым [7]. Результаты данных исследований показывают, что горение не связано с геологическими процессами. Почти полное отсутствие азота в составе газов из металла и стекла (табл. 2) можно объяснить горением только в осадочном чехле, без участия вещества из глубинных источников.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований образца металла с термальной аномалии горы Янгантау подтверждено, что это самородный чугун. В состав-

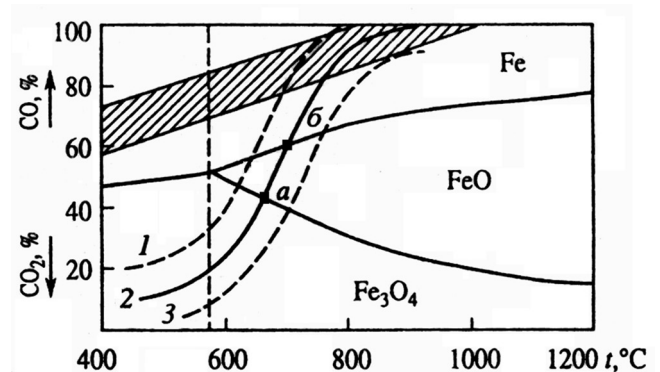


Рис. 6. Совмещенная диаграмма равновесий в системе Fe–O–CO и C–CO–CO₂ (по Вегман и др., 2004). Заштрихованная область – изменения реальных газов в доменной печи. Цифрами 1–3 обозначены кривые равновесия в системе С–СО–СО₂ (при давлениях 1 – 49, 2 – 98 и 3 – 147 кПа). Точка а – восстановление по реакции (1), а точка б – по реакции (2) при давлении 98 кПа.

ве газов из металла и стекла с его поверхности, выделившихся в интервале температур 600–1000°C, велика доля монооксида углерода, что указывает на имевший место природный доменный процесс. Отсутствие в составе газов азота объясняется локализацией очага горения в осадочном чехле, без участия вещества из глубинных источников. Рудой для образования чугуна послужили, вероятно, скопления бурого железняка, которые часто образуются на закарстованной поверхности известняков. Самородный чугун термальной аномалии горы Янгантау образовался в Новейшее время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвистнев А.Н. и др. *Металлургия чугуна*. Под ред. Ю.С. Юсфина. М.: Академкнига, 2004. 774 с.
2. Дзенс-Литовский А.И. Гора Янгантау // *Изв. Гос. геогр. о-ва*. Т. LXVII, Вып. 3. 1935. С. 332–351.
3. Кисин А.Ю., Коротеев В.А., Сазонов В.Н. Проявление эруптивного магматизма на Уфимском плато // *Докл. АН*. 2002. Т. 385, № 1. С. 80–82.
4. Мезенин Н.А. *Занимательно о железе*. М.: Металлургия, 1972. 200 с.
5. Миронова О.Ф., Наумов В.Б., Салазкин А.Н. Азот в минералообразующих флюидах. Газохроматографическое определение при исследовании включений в минералах // *Геохимия*. 1992. № 7. С. 979–991.
6. Петровский В.А., Силаев В.И., Сухарев А.Е. и др. Флюидные фазы в карбонадо и их генетическая информативность // *Геохимия*. 2008. № 7. С. 748–765.
7. Пучков В.Н., Абдрахманов Р.Ф. Особенности газогидротермальных явлений горы Янгантау и прилегающих территорий (Южный Урал) // *Литосфера*. 2003. № 4. С. 65–77.
8. Чесноков Б.В., Щербакова Е.П. *Минералогия горелых отвалов Челябинского угольного бассейна. Опыт минералогии и техногенеза*. М.: Наука, 1991. 152 с.

Рецензент Э.Ф. Емлин

Natural blast-furnace process of Mountain Yangantau (the West Urals)

V. N. Puchkov*, A. Ju. Kissin**, S. N. Shanina***

*Institute of Geology, Uflian Scientific Centre of RAS

** Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS

*** Institute of Geology, Komi Scientific Centre, Urals Branch of RAS

The results of studies of native castiron, found at the construction work at the thermal health resort “Yangantau”, on the northeast of the Republic Bashkortostan are given. The chromatography of cast iron and glass from its surface in the range of temperatures of 600–1000°C showed in the composition of the emanated gases the high contents of the mono-oxide of carbon and the absence of nitrogen. The conclusion that the natural blast-furnace process occurred on Yangantau Mountain was made. The center of combustion was located in sedimentary deposits on the small depth and it is not connected with the deep geological processes. The accumulations of the brown hematite on the karsted surface of limestone served as ore, probably.

Keywords: *hydrocarbons, underground burning, geothermal phenomena, black blocks, multiphase system.*