

УДК 902/904

DOI: 10.17223/2312461X/28/11

В ПОИСКАХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУДНИКОВ: ГЕОАРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД*

Евгений Вячеславович Водясов,
Евгения Михайловна Асочакова

Аннотация. Описан поиск железорудной базы Шайтанского археологического комплекса, являвшегося крупнейшим железоделательным центром в Западной Сибири во II тыс. н.э. Отдельное внимание уделено проблеме выявления использовавшейся руды по данным геохимических анализов. Проведенная аналитика подтвердила эффективность использования соотношения MnO/TiO_2 для идентификации средневековых рудников. На основе геохимических анализов установлено, что население Шайтанского металлургического комплекса в X–XVII вв. разрабатывало одновременно два рудника, находящихся в радиусе 40 км: Киреевское проявление сидерита и Поздняковское месторождение болотных руд. В археологии Западной Сибири традиция использования различных руд одним населением выявлена впервые. Сделано предположение, что широкое освоение шайтанскими металлургами разных руд обусловлено качеством производимого железа. Болотные руды Поздняковского месторождения, в отличие от сидеритовых руд Киреевского проявления, богаты марганцем (1,2–13%), который повышал прочность и твердость изделия. Отмечена большая редкость таких руд в Северной Евразии. Вероятно, по этой причине количество поздняковской руды и шлаков с повышенным содержанием марганца (1–8,2%) преобладает на памятниках Шайтанского комплекса. Высказана гипотеза, что поселения металлургов могли специально возникнуть в таежной зоне Томского Приобья для разработки этой редкой и богатой руды. Анализ археологических, этнографических и письменных источников позволил установить, что традиция синхронного использования различных руд в индигенных культурах Западной Сибири возникла на рубеже I–II тыс. н.э. и существовала непрерывно вплоть до конца XIX – начала XX в.

Ключевые слова: Шайтанский металлургический комплекс, металлургия железа, железные рудники, Западная Сибирь, эпоха Средневековья

Введение

Выявление и изучение железорудных источников для определенных металлоносных культур помогают не только глубже понять древние технологии и развитие инженерной мысли, но также часто являются «ключом» к разгадке системы расселения древних металлургов и освоения конкретных экологических пространств в различные времена.

* Статья написана при поддержке Программы повышения конкурентоспособности ТГУ.

При всей озвученной научной значимости трудно найти менее исследованную область в российской археометаллургии, чем проблема поиска и выявления древних рудных источников железа. До сих пор малообъясним факт того, что в настоящее время медные рудники являются предметом многочисленных успешных исследований (Зайков и др., 2005; Григорьев 2007; Зайков, Юминов, Ткачев 2012; Анкушев и др. 2018), тогда как железные рудники фактически выпадают из поля зрения российских ученых.

Количество отечественных археологических работ по выявлению железорудных ресурсов исчисляется единицами (Наумов 2008; Коноваленко и др. 2010; Снопков и др. 2012; Эбель 2014; Семькин 2015; Matasova et al. 2017). К сожалению, в большинстве работ отсутствуют данные о химическом составе железных руд, продуктов выплавки и шлаков, а также нет характеристики составов руд, найденных на археологических памятниках и железорудных месторождениях.

Многие выводы об использовании в древности тех или иных рудных источников строятся лишь на простом географическом анализе местности по следующему принципу: металлурги использовали рудник, который был ближе. Однако это не всегда соответствовало реальности, что подробно освещено ниже.

Целью настоящего исследования является выявление железорудной базы Шайтанского металлургического комплекса, являвшегося в Средневековье крупнейшим железоделательным центром во всей Западной Сибири (Vodyasov et al. 2015; Vodyasov, Zaitseva 2015; Водясов, Зайцева 2017).

Шайтанский металлургический комплекс расположен в Кожевниковском районе Томской области, в правобережье Оби, рядом с устьем р. Таган. Он включает в себя шесть городищ (Шайтан-I, -II, -III, -IV, Усть-Шайтан, Усть-Таган), пять поселений (юрты Таганские, Шайтан-I, Андрава-I, -II, -III) и два курганных могильника (Шайтан-II, -III). По имеющимся сегодня археологическим материалам и результатам радиоуглеродного анализа, появление черной металлургии в урочище Шайтан датируется X–XI вв. и связывается с крупными миграциями тюркоязычного населения из «степной» части, возможно, с территории Верхнего Прииртышья (Водясов 2018). К эпохе XI–XIV вв. относятся городища Шайтан-I, -II, -IV, Усть-Таган, поселение Шайтан-I. В XIV–XV вв. следы металлургии зафиксированы на городище Шайтан-III и могильнике Шайтан-II (Водясов 2012, 2018; Барсуков 2016; Vodyasov et al. 2015; Zaitseva, Vodyasov 2015). Юрты Таганские, предварительно, могут быть отнесены к эпохе XVII–XVIII вв.

Материалы археологических раскопок памятников Шайтанского комплекса показали, что металлурги добыли приблизительно 15 т железной руды, которая была способна дать им порядка 3 т железа. При

этом раскопками исследовано менее 2% огромной площади, занимаемой Шайтанским комплексом памятников (более 10 га). К тому же многие памятники до сих пор не подвергались раскопкам. Учитывая это, имеются все основания говорить о Шайтанском металлургическом комплексе как о феномене на фоне средневековых культур Евразии.

На севере Шайтанского комплекса расположено Киреевское проявление сидерита – пригодное и легкодоступное месторождение качественной железной руды (рис. 1). Киреевское проявление сидерита расположено в Кожевниковском районе Томской области в 1 км южнее пос. Киреевск. Здесь, в обнажениях надпойменной террасы р. Оби, известном как Киреевский Яр, на протяжении 2–3 км вверх по реке встречается пласт сидеритовой руды мощностью от 0,2 до 0,5 м. Помимо коренных выходов железной руды большое количество обломков встречается в подстилающей пляжной россыпи Оби на протяжении нескольких километров. Обломки сидеритовой руды буквально целым слоем застилают берег практически вдоль всего Киреевского Яра.

Один из памятников Шайтанского микрорайона (городище Усть-Таган) расположен непосредственно на месторождении, вероятнее всего, с целью добычи руды и ее охраны (Водясов 2018).

Естественно, такая близость легкодоступной руды стало решающим фактором сложившегося предположения о том, что Киреевское проявление сидерита и являлось единственным реальным рудным источником металлургии Шайтанского комплекса (Коноваленко и др. 2010). Однако, на наш взгляд, проблема рудной базы требует более детального анализа с широким привлечением естественно-научных анализов. К тому же химические анализы руды из самого месторождения вплоть до настоящего исследования сделаны не были.

Материалы и методы

За период исследования (2006–2018 гг.) черной металлургии Шайтанского комплекса были получены обширные материалы по химическому составу найденных руд и шлаков (табл. 1–5). Всего проанализировано 68 образцов рентгенофлуоресцентным и количественным спектральными методами. Аналитические исследования проводились в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» геолого-географического факультета Томского государственного университета (ЦКП АЦГПС ГГФ ТГУ).

Отдельного внимания заслуживает проблема сравнительного анализа состава руды и шлака. Методика определения исходной руды по анализу шлака крайне важна, так как на археологических памятниках железная руда не всегда бывает найдена, и не редки случаи, когда все следы металлургии представлены одними шлаками.

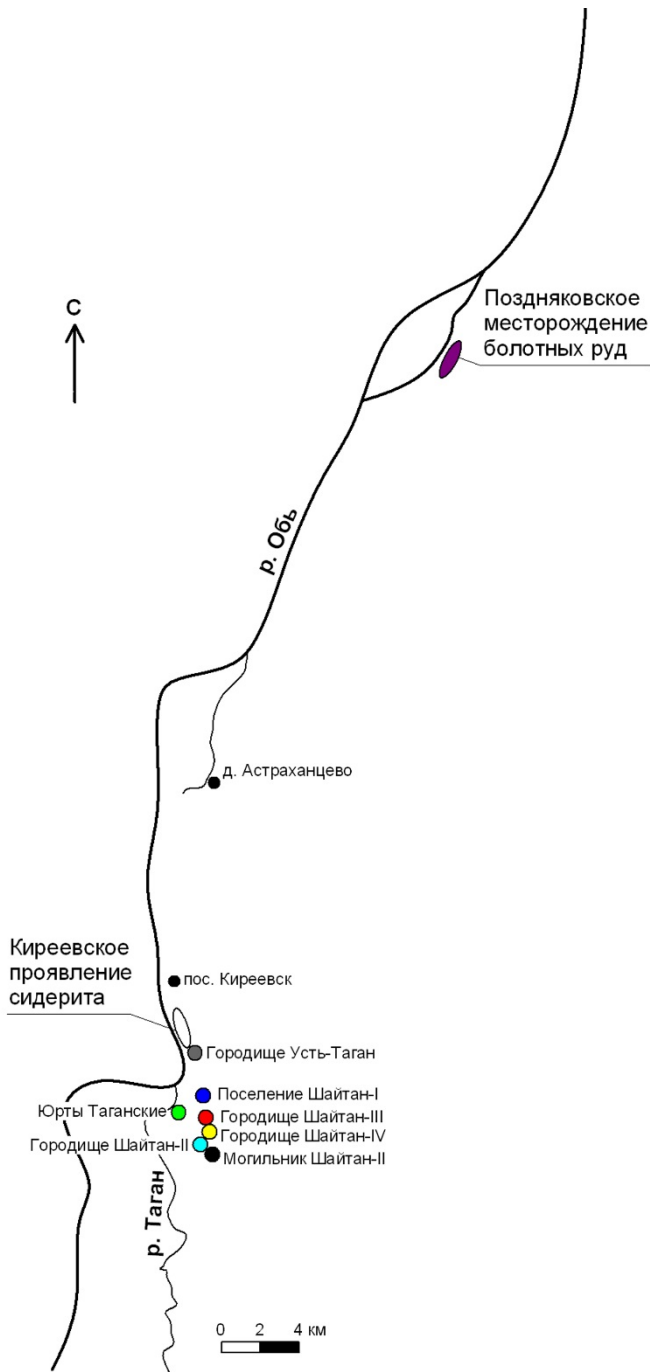


Рис. 1. Схематический план расположения памятников черной металлургии Шайтанского археологического комплекса и месторождений железной руды

Т а б л и ц а 1

Химический состав сидерита Киреевского проявления, мас. %

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ общ	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	V	ППП	Сум- ма
1	16,61	0,56	2,62	52,25	0,11	1,52	0,96	>0,1	>0,1	0,33	>0,01	0,01	23,82	98,79
2	18,81	0,58	3,22	52,43	0,21	1,55	1,08	>0,1	0,14	0,33	>0,01	0,006	20,40	98,76
3	15,72	0,45	2,79	51,78	>0,001	1,12	0,90	0,83	0,10	0,26	0,05	>0,001	24,86	98,86
4	18,59	0,61	3,19	52,26	0,35	1,24	1,15	0,32	0,11	0,40	>0,01	0,01	20,56	98,79
5	18,78	0,61	3,15	50,92	0,37	1,75	1,07	1,36	0,20	0,25	>0,01	0,00	20,55	99,01
6	16,90	0,58	2,64	51,75	0,15	0,88	1,07	0,34	0,13	0,19	>0,01	0,01	24,08	98,72
7	20,57	0,58	4,11	49,05	0,48	1,31	1,52	>0,1	0,21	0,38	>0,01	0,008	20,54	98,7
8	15,22	0,51	2,48	57,75	>0,001	0,91	0,73	>0,1	>0,1	0,19	0,04	>0,001	20,63	98,46
9	15,05	0,53	2,11	51,54	>0,001	0,80	0,74	>0,1	>0,1	0,27	>0,01	0,001	27,50	98,54
10	18,65	0,57	3,13	52,32	0,26	1,16	1,19	>0,1	0,12	0,24	0,02	0,006	20,90	98,57
11	16,32	0,60	2,25	53,41	0,17	0,65	0,77	>0,1	>0,1	0,15	0,01	0,006	24,10	98,44
12	16,70	0,50	2,33	56,30	>0,001	1,01	0,73	>0,1	>0,1	0,30	0,02	>0,001	20,64	98,53

Примечание. Здесь и в табл. 2 анализы выполнены на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном анализаторе ED2000, Oxford (Великобритания). П.П.П. – потери при прокаливании. Аналитик – Асочакова Е.М., канд. геол.-минерал. наук, инженер-исследователь ЦКП АЦГПС ГГФ ТГУ, доцент кафедры минералогии и геохимии ГГФ ТГУ.

Т а б л и ц а 2

**Химический состав железной руды и шлаков, обнаруженных
на городище Усть-Таган, мас. %**

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	V	П.П. П.	Сум- ма
1	18,12	0,62	2,93	58,35	0,07	1,28	0,65	0,87	>0,1	0,56	>0,01	0,006	15,30	98,76
2	19,79	0,66	3,41	55,63	0,42	1,32	0,94	0,56	0,12	0,64	>0,01	0,018	15,27	98,77
3	19,46	0,65	3,25	53,04	0,48	1,60	0,82	1,43	0,11	0,5	>0,01	0,02	17,60	98,96
4	19,77	0,67	3,19	57,29	0,33	1,15	0,70	0,3	0,12	0,61	>0,01	0,01	14,48	98,62
5	19,41	0,65	3,06	55,11	0,32	1,17	0,86	0,09	0,10	0,45	>0,01	0,01	17,35	98,58
6	19,68	0,64	3,56	55,50	0,32	1,44	0,79	0,27	0,16	0,52	>0,01	0,01	15,95	98,84
7	24,24	0,63	4,84	52,72	0,50	1,62	1,05	1,64	0,34	0,61	>0,01	0,01	10,82	99,02
8	17,57	0,56	3,21	55,71	0,02	1,30	0,94	0,87	0,1	0,53	>0,01	0,004	18,01	98,83
9	18,46	0,54	3,44	53,92	0,08	1,25	0,96	1,13	0,13	0,51	>0,01	0,001	18,46	98,88
10	18,91	0,59	3,43	56,11	0,18	1,23	0,94	>0,1	0,17	0,7	>0,01	0,005	16,30	98,57
11	30,04	0,86	5,61	53,49	0,58	2,21	3,03	1,19	1,29	0,53	>0,01	0,02	-4,66	94,19
12	28,15	0,85	5,00	57,13	0,75	2,43	2,20	1,01	0,64	0,66	>0,01	0,016	-4,22	94,62
13	37,13	1,06	6,38	43,45	0,16	2,67	4,40	1,67	1,71	0,47	>0,01	0,01	-2,77	96,34
14	32,14	1,06	5,59	46,48	1,02	2,34	6,37	1,15	1,86	0,97	>0,01	0,02	-2,49	96,51

Примечание. 1–10 – железная руда; 11–14 – железные шлаки.

Результаты количественного спектрального анализа железных руд Шайтанского комплекса, мас. %

№ пп	Вещественный состав	Элемент	Fe общ.	Pb	Cu	Mn	V	Co	Cr	Ni	Zr	Ti	Zn	Mg	Al	Ca																
																	<i>Могильник Шайтан II</i>															
																	<i>П.О.</i>	<i>Образец</i>														
1	Гётит	МШ II К.6	45,53	0,0003	0,0011	1,453	0,0041	0,002	0,0012	0,0049	0,039	0,226	0,0066	0,149	1,39	0,132																
2	Сидерит	МШ II К.7 № 272	47,68	0,0003	0,0017	0,635	0,0029	0,002	0,0012	0,002	0,037	0,064	0,006	0,052	0,66	0,132																
3	Гётит	МШ II К.7 № 272	—	—	0,0013	0,91	0,0038	0,002	0,0012	0,0036	0,091	0,1	0,0073	0,072	0,85	0,035																
4	Гётит	МШ II Кв. 43-44 Мег об. 2	—	0,0003	0,0013	1,151	0,0028	0,002	0,0012	0,002	0,037	0,081	0,007	0,061	0,69	0,081																
5	Сидерит	МШ II Кв. 43-44 № 433	—	0,0003	0,0009	1,453	0,0026	0,002	0,0016	0,0006	0,041	0,153	0,0073	0,072	0,72	0,077																
6	Сидерит	МШ II Кв. 43-44 № 433	—	0,0004	0,0016	0,952	0,0037	0,002	0,0027	0,0022	0,052	0,216	0,006	0,069	0,92	0,14																
7	Гётит	МШ II Кв. 19 № 379	—	0,0003	0,003	0,663	0,0039	0,002	0,0016	0,0012	0,028	0,088	0,007	0,044	0,66	0,182																
8	Гётит	МШ II К.6 № 151	48,94	0,0003	0,0015	1,151	0,005	0,002	0,0016	0,0026	0,037	0,074	0,007	0,055	0,78	0,06																
9	Сидерит	МШ II К.6 № 261	—	0,0003	0,0016	1,673	0,0063	0,002	0,0012	0,001	0,045	0,081	0,0073	0,075	0,75	0,124																
10	Гётит	МШ II К.6 № 261	47,04	—	0,0011	0,83	0,0035	0,002	0,0012	0,0025	0,037	0,121	0,0079	0,052	0,78	0,038																
11	Гётит	МШ II К.6 № 69	—	0,0004	0,0024	3,285	0,0042	0,002	0,0023	0,0026	0,055	0,26	0,0101	0,124	1,08	0,109																
12	Сидерит	МШ II К.6 № 151	46,29	0,0003	0,0008	1,557	0,0039	0,002	0,0012	0,0014	0,064	0,117	0,0079	0,052	0,64	0,149																
13	Гётит	МШ II К.6 № 151	—	0,0004	0,0007	0,869	0,0041	0,002	0,0012	0,0019	0,05	0,092	0,0076	0,055	0,56	0,026																
14	Гидрогётит	МШ II К.9 № 821	43,62	0,0003	0,0012	1,955	0,0043	0,002	0,0012	0,0023	0,082	0,216	0,0099	0,099	0,85	0,104																
15	Гётит	МШ II 2006 К.9 № 100	48,12	0,0003	0,0007	0,952	0,0043	0,002	0,0012	0,0028	0,11	0,112	0,0102	0,058	0,72	0,035																
16	Гётит	МШ II № 285	—	0,0004	0,0008	0,793	0,0037	0,002	0,0012	0,0006	0,032	0,121	0,0082	0,039	0,82	0,045																
17	Гётит	МШ II № 281	49,09	0,0003	0,0007	1,673	0,0051	0,002	0,0012	0,0012	0,1	0,153	0,0086	0,064	0,66	0,064																
18	Сидерит	МШ II 2006 К.7 № 379	48,39	0,0003	0,0006	0,758	0,0028	0,002	0,0012	0,0009	0,039	0,084	0,0057	0,069	0,54	0,17																
19	Гётит	МШ II 2006 К.7 № 379	—	0,0003	0,0007	0,536	0,0035	0,002	0,0012	0,0011	0,037	0,141	0,0076	0,034	0,75	0,03																
<i>Городище Шайтан II</i>																																
20	Гётит	ГШ II	47,54	0,0003	0,0012	0,536	0,0043	0,002	0,0012	0,0007	0,035	0,181	0,0086	0,049	0,92	0,095																
21	Сидерит	ГШ II подьемка	45,86	0,0004	0,0011	0,514	0,0035	0,002	0,0012	0,0012	0,032	0,216	0,0076	0,084	0,82	0,082																
22	Гётит	ГШ II подьемка	45,37	0,0003	0,0014	0,83	0,0041	0,002	0,0016	0,0019	0,05	0,198	0,0076	0,102	1,28	0,056																

Городище Шайтан III

23	Гёйит	ГШ III № 1381	50,57	0,0003	0,0015	1,283	0,0038	0,002	0,0012	0,0006	0,041	0,096	0,0128	0,046	0,66	0,125
24	Гёйит	ГШ III № 539	–	0,0006	0,0025	1,557	0,0052	0,0163	0,0016	0,029	0,032	0,286	0,0185	0,09	0,88	0,807
25	Сидерит	ГШ III № 817	–	0,0003	0,0044	0,793	0,0048	0,002	0,0025	0,0013	0,058	0,153	0,0148	0,066	0,89	0,104
26	Гёйит	ГШ III № 2603	49,94	0,0003	0,0023	0,693	0,0039	0,002	0,0016	0,0022	0,041	0,081	0,0096	0,055	0,72	0,114
27	Гёйит	ГШ III № 980	46,58	0,0003	0,0016	1,044	0,0054	0,002	0,0038	0,0007	0,128	0,104	0,0102	0,075	1,04	0,14
28	Гёйит	ГШ III № 2304	49,73	0,0003	0,0018	0,793	0,006	0,002	0,018	0,0019	0,032	0,104	0,0092	0,102	1,18	0,114
29	Гёйит	ГШ III № 1861	50,85	0,0003	0,0019	0,758	0,0046	0,002	0,0016	0,0012	0,095	0,147	0,0113	0,061	0,92	0,077

Примечание. Здесь и в табл. 4 Fe общ. – рентенофлуоресцентный анализ, остальные – спектральный анализ. П.О. – предел обнаружения, минимальная концентрация, которую можно обнаружить данным методом. «←» – элемент не обнаружен. 1 г/т = 0,0001%. Исследования проводились в ЦКП АЦПС ГФ ТГУ. Аналитик – Агапова Е.Д., инженер ЦКП АЦПС ГФ ТГУ.

Таблица 4

Результаты количественного спектрального и рентенофлуоресцентного анализа железных шлаков, мас. %

№ п/п	Элемент П.О.	Fe общ.	Pb	Cu	Mn	V	Co	Cr	Ni	Zr	Ti	Zn	Ba	Mg	Al	Ca	P
<i>Могильник Шайтан II</i>																	
1	МШ II К.10 № 308	22,3	0,0003	0,004	1,673	0,0056	0,002	0,0012	0,0005	0,11	0,591	0,0063	0,026	0,3	2,26	1,13	0,276
2	МШ II К.7 № 292	48,14	0,0007	0,005	>5,	0,0076	0,002	0,0027	0,0005	0,176	0,974	0,007	0,038	>3	>3	1,78	0,109
3	МШ II Кв. 62–63 № 231	46,45	0,0003	0,0052	6,363	0,0056	0,002	0,0018	0,0005	0,095	0,64	0,0051	0,023	0,67	2,86	1,02	0,302
4	МШ II К.10 № 582	45,29	0,0007	0,0037	4,649	0,0028	0,002	0,0014	–	0,048	0,418	0,0057	0,018	0,56	2,07	0,91	0,358
5	МШ II К.6 № 519		0,0041	0,018	0,229	0,0348	0,002	0,0048	0,0082	0,023	0,67	0,0117	0,047	>3	>3	1,89	0,156
<i>Городище Шайтан III</i>																	
6	ГШ III № 1093		0,0012	0,0034	0,163	0,02	0,003	0,011	0,0017	0,071	0,91	0,0079	0,074	2,77	>3	1,67	0,302

7	ГШШ №347	40	0,0016	0,02	0,474	0,0029	0,002	0,0012	0,0019	0,017	0,478	0,0185	0,067	2,25	>3	>5	>3	
8	ГШШ №426	29,1	0,0003	0,01	1,044	0,0024	0,002	0,0012	–	0,043	0,198	0,0079	0,04	1,22	2,17	2,73	1,03	
9	ГШШ № 3202	39,15	0,0027	0,017	0,245	0,01	0,0022	0,0035	0,0057	0,027	0,57	0,0116	0,045	>3,	>3	3	0,276	
10	ГШШ № 3171	46,99	0,0007	0,01	1,151	0,0028	0,0025	0,0012	0,0022	0,074	0,207	0,0099	0,024	1	2,17	1,34	0,635	
<i>Городище Шайтан IV</i>																		
11	ГШШ IV	15,5	0,0028	0,0087	0,725	0,00394	0,002	0,011	0,0061	0,121	0,75	0,0092	0,045	>3,	>3	2,12	1,5	
<i>Поселение Шайтан I</i>																		
12	ПШ I Кв.2 г.3	11,58	0,0003	0,0054	3,92	0,0036	0,002	0,0023	0,0005	0,091	0,591	0,0051	0,034	0,4	2,48	1,13	0,302	
<i>Юрты Таганские</i>																		
13	Юрты Таганские	14,19	0,005	0,011	0,221	0,0077	0,002	0,0367	0,014	0,149	0,95	0,0096	0,069	>3,	>3	2,86	0,156	

Таблица 5

Химический состав железных руд Поздняковского месторождения, мас. %

№	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	S	H ₂ O
1	11,83	4,57	61,13	0,19	1,8	–	1,19	0,02	10,72
2	9,28	2,88	68,86	0,17	1	1,08	4,61	0,01	14,58
3	6,88	4,31	50,48	0,13	1,47	0,28	12,96	0,03	11,57
4	6,71	3,38	64,5	0,17	1,15	2,16	8,33	0,02	18,08
5	10,75	6,11	53,2	0,36	1,25	0,27	12,61	0,04	12,5
6	6,49	2,38	70,45	0,2	0,46	0,44	3,86	0,01	12,32
7	10,79	4,8	59,87	0,2	1,56	1,19	5,81	0,02	13,78
8	16,36	3,43	50,46	0,28	0,86	2,49	10,12	0,03	12,58

Источник: Сидоров А.Ф. Поздняковское месторождение болотных железных руд (отчет о работах Поздняковской геолого-разведочной партии за 1942 г.). Томск, 1943 (фондовая).

Естественно, будет неверным просто сравнить количество каждого элемента в руде и шлаке, потому что их содержания разительно отличаются (Водясов, Зайцева, 2017). В целом шлаки более обогащены микроэлементами, что объясняется природой их формирования. К тому же на состав шлаков влияет не только руда. Так, часть фосфора (P), кальция (Ca) и калия (K) может перейти в шлак из используемого топлива, а часть алюминия (Al) – обогатить шлак за счет глиняных стенок горна (Serneels, Crew 1997; Crew 2007). На состав шлака влияют также используемые технологии, связанные с количеством потребляемого древесного угля, размером горна, силой дутья, использованием флюсов и т.д.

Одним из важнейших элементов в шлаке, помогающих установить исходную руду, является марганец (Olovčić et al. 2014: 866). Именно марганец практически полностью переходит из руды в шлак (Pleiner 2000: 252), при этом, в среднем, содержание Mn в шлаке в два раза превышает его содержание в используемой руде (Serneels, Crew 1997: 79, 82). Данный факт способствует идентификации древнего рудника для определенного археологического памятника, однако не во всех случаях, поскольку разные руды могут быть близки по содержанию марганца.

Для установления рудной базы успешным методом является сравнение не каждого элемента в руде и шлаке, а соотношения в парах или группах отдельно для руд и шлаков. Часто анализируются различные отношения оксидов MnO/TiO₂, MnO/MgO, Al₂O₃/CaO, K₂O/MgO, SiO₂/Al₂O₃, MgO/Al₂O₃ (Serneels, Crew 1997; Ingoglia, Triscari, Sabatino 2008; Charlton et. al 2013; Olovčić et al. 2014). Общий принцип заключается в том предположении, что соотношение определенных элементов в руде и выплавленных из нее шлаков должно быть одинаковым. В нашем случае, наиболее эффективным для идентификации средневековых рудников оказалось соотношение MnO/TiO₂.

Результаты и обсуждение

Исследование вещественного состава железных руд Шайтанского комплекса показало, что главными минералами являются гетит, гидрогетит и реже сидерит (см. табл. 3). Гетит и гидрогетит возникают при окислении железосодержащих минералов и сидерита в том числе. Содержание главного компонента Fe общ. варьирует от 43,62 до 50,85%, максимальные количества характерны для гетитовых руд.

Железные руды, обнаруженные на различных памятниках Шайтанского археологического комплекса, по своему составу можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся руды с невысоким содержанием MnO (не более 0,5%) и содержанием TiO₂ 0,5–0,75% (табл. 2, 3; рис. 2). Руда этой группы встречена только на городище Усть-Таган, которое как раз расположено на Киреевском проявлении сидерита, однако, принимая во внимание особенности перехода марганца и титана из руды в шлак, население, оставившее городища Усть-Таган, Шайтан-III, -IV, юрты Таганские и могильник Шайтан-II, пользовалось одним и тем же месторождением руды, о чем говорят анализы металлургических шлаков, которые также условно относятся к первой группе (рис. 2).

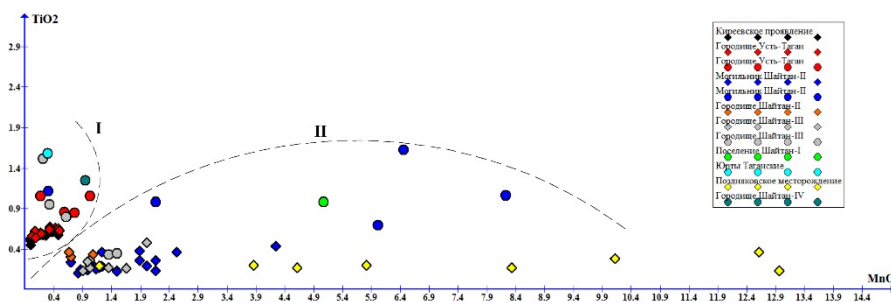


Рис. 2. Две группы железных руд и шлаков, диагностирующих использование двух рудных источников по соотношению MnO/TiO₂ (ромбы – руды, круги – шлаки)

Полное тождество состава руды первой группы и руды из Киреевского проявления сидерита (см. табл. 1) подтвердило существовавшую гипотезу о том, что киреевская руда являлась рудным источником шайтанской металлургии (Коноваленко и др. 2010).

Использование металлургами Шайтанского комплекса расположенной вблизи киреевской руды выглядит логичным и простым. Однако наблюдения показывают, что существовал и другой тип руды, используемый на шайтанских поселениях.

Руду второй группы отличает повышенное содержание MnO (0,7–3,5%) по сравнению с рудой из Киреевского проявления сидерита. Со-

держание TiO_2 , наоборот, меньше, чем в киреевской руде, и не превышает 0,35% (рис. 2). Руда с повышенным содержанием марганца и малым содержанием титана встречается на городищах Шайтан-II, Шайтан-III, поселении Шайтан-I и могильнике Шайтан-II. Об использовании руды второй группы говорят также выплавленные из нее железные шлаки второй группы с высоким содержанием MnO (1–8,2%).

Другой химический состав руды и шлаков второй группы показывает, что металлурги Шайтанского комплекса использовали несколько типов железных руд. При этом важно, что, несмотря на географическую близость Киреевского проявления сидерита, количество руды и шлаков **второй группы** на шайтанских памятниках превалирует.

В поисках нового открытого рудника для металлургии Шайтанского комплекса мы обратились к геологической литературе (Сидоров 1943; Хахлов, Рогозин, 1949; Иванов, Чернышев, Смоленцев, 1959; Артемьева, 1962; Асочакова, Коноваленко, 2010) и обнаружили, что единственной рудой во всем Приобье с близким содержанием марганца и титана является Поздняковское месторождение болотных руд (см. табл. 5, рис. 2), расположенное в 40 км к северу от Шайтанского археологического комплекса.

Поздняковское месторождение находится в Шегарском районе Томской области на правой пойменной террасе р. Оби в 1,3 км к югу от с. Поздняково (см. рис. 1). Первое научное описание (1941 г.) этих железных болотных руд принадлежит геологу К.А. Иванову (Сидоров 1943: 3). Месторождение находится на пойменной террасе Оби высотой 1–2 м от зеркала воды, поэтому во время весенних паводков почти всегда заливается. Обнаруженные 12 рудных тел, возраст которых определен как верхнечетвертичный, расположены вдоль берега реки на разных от него расстояниях (максимум 300–400 м от воды) и занимают общую площадь 0,4 км² (Сидоров 1943: 9–10).

Рудные тела залегают горизонтально, имеют довольно ровные верхние поверхности, которыми они выходят на перекрывающий их мало мощный растительный слой или непосредственно на современную дневную поверхность, большей частью в обнажениях берега. Мощность линз здесь варьируется от 0,1 до 1 м. В сложении правой пойменной террасы р. Оби на участке Поздняковского месторождения принимают участие молодые, верхнечетвертичные рыхлые образования, представленные илесто-глинистым материалом, тонко- и среднезернистыми песками, реже – галечниками, торфом и растительным слоем и заключенными в них болотными железными рудами.

Среднее содержание окиси железа в проанализированных образцах железной руды составило 56%, что говорит о хорошем качестве данной руды для производства железа. Для пяти рудных тел подсчитаны запасы в 10 тыс. т (Иванов, Чернышев, Смоленцев 1959: 378).

Таким образом, благодаря комплексным геоархеологическим исследованиям удалось установить, что население Шайтанского комплекса разрабатывало сразу два месторождения железных руд (Киреевское проявление сидерита и Поздняковское месторождение болотных руд).

Интересен вопрос о причинах одновременного использования двух месторождений руды. По всей видимости, средневековым металлургам было известно, что разные по составу руды способны дать разное по качеству железо. Известно, что железо, полученное из богатых марганцем железных руд, высоко ценилось за его превосходное качество, так как марганец повышал прочность, твердость изделия и его устойчивость к коррозии (Ples 2014). Богатые марганцем железные руды, доступные для древнего и средневекового населения, являлись большой редкостью в Евразии. По крайней мере, нам не известны другие железные руды, как и археологические шлаки с повышенным содержанием марганца в Западной Сибири. Это объясняет столь активное использование населением Шайтанского комплекса Поздняковского месторождения для производства высоких по прочности и качеству изделий. Не исключено, что поселения металлургов могли специально возникнуть в таежной зоне Томского Приобья для разработки этой редкой и богатой руды.

О разработке тюркскими плавильщиками одновременно разных рудников свидетельствуют письменные источники. В первой трети XX в. старики-тубалары (север современной Республики Алтай) рассказывали, что в прошлом плавильщики добывали железо из разных гор. Одни руды давали мягкую ковкую сталь, из других получалась хрупкая сталь (Потапов 1933: 28). Якутским металлургам были известны болотные руды, которые залегали неглубоко под землей, и сидеритовые руды, которые добывались по берегам рек из обнажений. Плавильщики прекрасно понимали, что разные типы железных руд влияют на качество и свойство выплавляемого железа. Одни руды шли на изготовление ножей, из других делали гвозди, третьи лучше всех подходили для изготовления топоров (Струминский 1948). Иногда получалось прекрасное мягкое железо, иногда высокого достоинства сталь, но чаще всего – гибкая, и вместе с тем доступная закалке сталь, которую якуты ценили выше остальных. Именно по этой причине якуты предпочитали добывать сидеритовые руды по берегам рек (Серошевский 1993: 368).

Письменные этнографические источники демонстрируют, что железорудные месторождения Сибири влияли на систему расселения металлургов. Якутские металлурги на рубеже XIX–XX вв. предпочитали селиться в непосредственной близости от выходов железной руды (Стрелов 1928: 55; Серошевский 1993: 368). Перевозить руду на 10–15 км от месторождений до поселка, где находились горны и мастерские, считалось обыкновением действием. Например, якутский плавильщик

Н.Е. Савин в начале XX в. жил рядом с Шестаковским месторождением, однако ездил за рудой на устье р. Тостур, т.е. на расстояние 12 км от своего дома. Сам Н.Е. Савин объяснял это низким качеством руды Шестаковского месторождения (Стрелов 1928: 58).

В 1842 г. алтайцы рассказывали, что руду для плавки железа кузнецы-металлурги добывают рядом с поселениями, где стоят их мастерские-железоплавильни (Розен 1983: 32–33). Подобная приуроченность характерна и для татар верховьев Томи XVII–XVIII вв. (Спасский 1819: 141; Гмелин 2003: 102–104). В материалах 1745–1746 гг., собранных инженером-капитаном С. Плаутиным, сообщается, что татары всех двоеданческих волостей Кузнецкого ведомства добывают железную руду непосредственно рядом со своими поселениями и плавят ее в своих юртах (Огурцов 2003: 164–165).

Касательно системы расселения шайтанских металлургов, любопытным фактом выступает то обстоятельство, что средневековые плавильщики при активной разработке Поздняковского месторождения не стали селиться рядом с ним, а обосновались в 40 км южнее. Скорее всего, это связано с тем, что вблизи Киреевского проявления сидерита, где группируются все памятники черной металлургии, в пойме р. Таган имеются благоприятные пастбища для ведения скотоводства, являющиеся наряду с металлургией главным занятием населения Шайтанского комплекса. В окрестностях Поздняковского месторождения отсутствует возможность содержания скота, поскольку в этом районе высокая терраса Оби вплотную подходит к реке, и пасти скот здесь крайне затруднительно. Возможно, по этой причине металлурги-скотоводы отказались селиться вблизи Поздняковского месторождения, а выбрали те природные ниши, которые способны были им дать все необходимые ресурсы для комплексного ведения хозяйства.

Заключение

Археологические материалы Шайтанского комплекса и георхеологические исследования железных руд и шлаков ярко продемонстрировали, что технологии и традиции по разработке двух железорудных месторождений уходят в глубь веков и характерны для тюркских металлургов Западной Сибири уже в X–XI вв. Плавильщики тех времен прекрасно разбирались в свойствах железных руд, способных дать разное по качеству изделие – от мягкого железа до качественной стали. Эти традиции существовали в неизменном виде в культуре различных тюркских народов Сибири вплоть до XIX в. и были прерваны русской колонизацией.

Литература

- Анкушев М.Н., Юминов А.М., Зайков В.В., Носкевич В.В. Медные рудники бронзового века в Южном Зауралье // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Геоархеология. Этнология. Антропология». 2018. Т. 23. С. 87–110.
- Артемяева Е.Л. Отчет о поисках месторождений железных болотных руд в Шегарском, Кожениковском и Томском районах Томской области. Томск, 1962 (Томская комплексная экспедиция) (фондовая).
- Асочакова Е.М., Коноваленко С.И. К геохимии оолитовых и болотных железных руд Томской области // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 341. С. 222–225.
- Барсуков Е.В. «Темный век» средневековой археологии Томского Приобья: результаты изучения постройки XV в. на городище Шайтан-III // Вестник Томского государственного университета. История. 2016. № 5 (43). С. 33–39.
- Водясов Е.В. Городище Усть-Таган: памятник черной металлургии Верхнего Приобья // Томский журнал лингвистических и антропологических исследований. 2018. Вып. 1 (19). С. 84–98.
- Водясов Е.В. Черная металлургия в Обь-Томском междуречье в эпоху средневековья: автореф. дис. ... канд. ист. наук. Кемерово, 2012.
- Водясов Е.В., Зайцева О.В. Тернистый путь черной металлургии в таежном Обь-Иртышье // Stratum plus. 2017. № 6. С. 237–250.
- Водясов Е.В., Зайцева О.В. Что может рассказать археологу железный шлак? // Вестник Томского государственного университета. История. 2017. № 47. С. 107–115.
- Гмелин И.Г. Поездка по Рудному Алтаю в августе-сентябре 1734 г. (из книги «Reise durch Sibirien von dem Jahre 1733–1734») // Кузнецкая старина. Новокузнецк: Кузнецкая крепость, 2003. С. 86–108.
- Григорьев С.А. Проблема рудной базы, использования флюсов и организации производства в древней металлургии Южного Урала // Археология Восточно-Европейской степи. Саратов: Научная книга, 2007. Вып. 5. С. 176–199.
- Зайков В.В., Юминов А.М., Дунаев А.Ю., Зданович Г.Б., Григорьев С.А. Геолого-минералогические исследования древних медных рудников на Южном Урале // Археология, этнография и антропология Евразии. 2005. № 4. С. 101–115.
- Зайков В.В., Юминов А.М., Ткачев В.В. Медные рудники, хромитсодержащие медные руды и шлаки Ишкининского археологического микрорайона (Южный Урал) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2012. № 2 (50). С. 37–46.
- Иванов К.В. Чернышев Г.А., Смоленцев Ю.К. Геологическое строение и полезные ископаемые листа 0-45-XXXI (Окончательный отчет Киреевской геолого-съёмочной партии за 1958–1959 гг.). Томск: Томская комплексная экспедиция, 1959 (фондовая).
- Коноваленко С.И., Асочакова Е.М., Барсуков Е.В., Зайцева О.В. Вещественный состав шлаков и руд железнорудного производства на территории Шайтанского комплекса средневековых археологических памятников в Томском Приобье // Минералогия техногенеза-2010. Миасс: ИМИН УрО РАН, 2010. С. 196–206.
- Наумов А.Н. Черная металлургия и железообработка на сельских памятниках Куликова поля в конце XII – третьей четверти XIV вв. Тула: Гос. музей-заповедник «Куликово поле», 2008.
- Огуцов А.Ю. Материалы военно-инженерной разведки 1745–1746 гг. на Алтае и в Саянах как источник по экономике коренных народов Южной Сибири // Кузнецкая старина. Новокузнецк: Кузнецкая крепость, 2003. С. 159–165.
- Потанов Л.П. Очерк истории Ойротии: алтайцы в период русской колонизации. Новосибирск: ОГИЗ, 1933.
- Розен М.Ф. Древняя металлургия и горное дело на Алтае // Древние горняки и металлургия Сибири. Барнаул: Изд-во АГУ, 1983. С. 19–35.

- Семькин Ю.А. Сырьевые источники металлургии железа древности и средневековья в Волго-Свияжском междуречье // Поволжская археология. 2015. № 1 (11). С. 161–178.
- Серошевский В.Л. Якуты. Опыт этнографического исследования. 2-е изд. М., 1993.
- Сидоров А.Ф. Поздняяковское месторождение болотных железных руд (отчет о работах Поздняяковской геолого-разведочной партии за 1942 г.). Томск, 1943 (фондовая).
- Снопков С.В., Матасова Г.Г., Казанский А.Ю., Харинский А.В., Кожевников Н.О. Источники руды для производства железа в древности: Курминский археологический участок // Известия Лаборатории древних технологий. 2012. № 9. С. 10–30.
- Спасский Г. Сибирский вестник. СПб., 1819. Т. 7.
- Стрелов Е.Д. К вопросу об эксплуатации залежей железных руд по р.р. Ботоме и Лютенге (по архивным данным) // Хозяйство Якутии. № 1. Якутия: Издание Госплана, 1928. С. 48–63.
- Струминский М.Я. Кустарный способ добычи руды и выплавки из нее железа якутами // Сборник материалов по этнографии якутов. Якутск: Якутгосиздат, 1948. С. 49–59.
- Хахлов В.А., Рагозин Л.Л. Объяснительная записка к Государственной геологической карте листа О-45 масштаба 1:1000 000. М.; Л.: Госгеолтехиздат, 1949 (фондовая).
- Эбель А.В. Новые памятники древней и средневековой металлургии южной части Чуйской котловины // История и культура народов Юго-Западной Сибири и сопредельных регионов (Казахстан, Монголия, Китай). Материалы международной научно-практической конференции (20–23 апреля 2014 года). Горно-Алтайск: РИО Горно-Алтайского государственного университета, 2014. С. 51–56.
- Charlton M.F., Crew P., Rehren T., Shennan S.J. Measuring variation in iron smelting slags: an empirical evaluation of group-identification procedures // The World of Iron (J. Humphris and Th. Rehren, eds). London: Archetype Publications, 2013. P. 421–430.
- Crew P. CaO enhancement in slags: the influence of fluxing or fuel ash? // Early Ironworking in Europe II conference. Plas Tan y Bwlch, 2007. P. 50–52.
- Iles L. The exploitation of manganese-rich 'ore' to smelt iron in Mwenge, western Uganda, from the mid second millennium AD // Journal of Archaeological Science. 2014. № 49. P. 423–441.
- Ingolia C., Triscari M., Sabatino G. Archaeometallurgy in Messina: Iron slag from a dig at block P, laboratory analyses and interpretation // Mediterranean Archaeology and Archaeometry. 2008. Vol. 8, № 1. P. 49–60.
- Matasova G.G., Kazansky A.Y., Kozhevnikov N.O., Snpokov S.V., Kharinsky A.V. A Rock-Magnetic Quest for Possible Ore Sources for the Ancient Iron-Smelting Industry in the Olkhon Region (Lake Baikal, Siberia) // Archaeometry. 2017. № 59 (3). P. 511–527.
- Olovčić A., Memić M., Žero S., Huremović J., Kahrović E. Chemical Analysis of Iron Slags and Metallic Artefacts from Early Iron Age // International Research Journal of Pure & Applied Chemistry. 2014. № 4 (6). P. 859–870.
- Pleiner R. Iron in Archaeology: The European Bloomery Smelters. Archeologický ústav AVČR, 2000.
- Serneels V., Crew P. Ore-slag relationships from experimentally smelted bog-iron ore // Early Ironworking in Europe, archaeology and experiment. International Conference Plas Tan y Bwlch, 1997. P. 78–82.
- Vodyasov E.V., Zaitceva O.V. The Appearance and Development of Iron Production on the Border Between the «Steppe» and «Taiga» Cultural Worlds in Western Siberia (Tomsk Ob Region) // Bylye Gody. 2015. № 3. P. 472–478.
- Vodyasov E.V., Zaitseva O.V., Pushkaryov A.A., Barsukov E.V. Shaitan medieval mining and metallurgical complex (Western Siberia, 10th–17th centuries) // Ancient Metallurgy of the Sayan-Altai and East Asia. 2015. № 1. С. 145–152.
- Zaitseva O.V., Vodyasov Ye.V. Iron smelting and death: the ritual complex of Shaitan-II burial site // Ancient metallurgy of the Sayan-Altai and East Asia. Materials of The 1st International Scientific Conference, dedicated to the Memory of Doctor of Historical Sciences,

Professor Yakov Ivanovich Sunchugashev (Abakan, September 23–27, 2015). Abakan ; Ehime, 2015. P. 153–158.

Статья поступила в редакцию 08 июня 2020 г.

Vodyasov Evgeny V. and Asochakova Evgenia M.

IN SEARCH OF IRON ORE MINES: A GEO-ARCHAEOLOGICAL PERSPECTIVE*

DOI: 10.17223/2312461X/28/11

Abstract. The article elaborates on the search for the iron-ore basis of the Shaitan archaeological complex, a major iron making centre of Western Siberia in the second millennium AD, with particular attention paid to the issue of identifying the iron ore used on the site via geo-chemical analyses. The MnO/TiO₂ ratio proved to be a good indicator of medieval mines. The geo-chemical analyses showed that from the tenth to the seventeenth centuries two iron mines were operated within the Shaitan archaeological complex – the occurrence of siderite in the Kireevsk area and bog ore deposits in the Pozdnyakovo area, the two situated within 40 kilometers from one another. The tradition of various ores being used by the same population has been revealed for the first time in the archaeology of Western Siberia. We hypothesise that Shaitan smelters widely used different types of ore due to the quality of iron made by them. Unlike the Kireevsk siderite ores, the Pozdnyakovo bog ores are rich in manganese (1.2 to 13%) which increased the strength and hardness of the produced iron. Such ores are rarely found in Northern Eurasia. Perhaps for that reason the amount of the Pozdnyakovo ore and slag with a high content of manganese (1 to 8.2%) is prevalent on the Shaitan complex sites. We further hypothesise that metallurgists founded settlements in the taiga zone of the Tomsk Ob region specifically for the purpose of extracting this rare and valuable ore. Analysis of archaeological, ethnographic and written sources established that indigenous peoples of Western Siberia started to deal with various ores at the turn of the first and second millennia AD and used these continuously up until the late nineteenth and the early twentieth centuries.

Keywords: Shaitan metallurgical complex, iron metallurgy, iron ore mines, Western Siberia, Middle Ages

* The article is written as part of the Tomsk State University Competitiveness Improvement Programme.

References

- Ankushev M.N., Iuminov A.M., Zaikov V.V., Noskevich V.V. Mednye rudniki bronzovogo veka v Iuzhnom Zaural'e [Copper mines of Bronze Age in Southern Trans-Urals], *Izvestiia Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Geoarkheologiya. Etnologiya. Antropologiya»*, 2018, Vol. 23, pp. 87–110.
- Artem'eva E.L. *Otchet o poiskakh mestorozhdenii zheleznykh bolotnykh rud v Shegarskom, Kozhevnikovskom i Tomskom raionakh Tomskoi oblasti* [Report on the search for bog iron ore in the Shegarska, Kozhevnikovo and Tomsk areas of the Tomsk region]. Tomsk, 1962 (Tomskaiia kompleksnaia ekspeditsiia) (fondovaia).
- Asochakova E.M., Konovalenko S.I. K geokhimii oolitoovykh i bolotnykh zheleznykh rud Tomskoi oblasti [On geochemistry of oolitic and bog iron ore in the Tomsk region], *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2010, no. 341, pp. 222–225.
- Barsukov E.V. «Temnyi vek» srednevekovoi arkheologii Tomskogo Priob'ia: rezul'taty izucheniia postroiki XV v. na gorodishche Shaitan-III [The "dark age" in the medieval archaeology of the Tomsk Ob area: Results of a study of a 15th century construction at the Shaitan III fortified settlement], *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istorii*, 2016, no. 5 (43), pp. 33–39.

- Vodiasov E.V. *Chernaia metallurgii v Ob'-Tomskom mezhdurech'e v epokhu srednevekov'ia*. Avtoref. diss. ... kand. ist. nauk [Black metallurgy in the Ob-Tom interfluvium in the Middle Ages. Summary of Cand.Sc. (History) dissertation]. Kemerovo, 2012.
- Vodiasov E.V. Gorodishche Ust'-Tagan: pamiatnik chernoi metallurgii Verkhnego Priob'ia [Ust-Tagan hillfort: An iron smelting site in the upper Ob river region], *Tomskii zhurnal lingvisticheskikh i antropologicheskikh issledovaniĭ*, 2018, Vol. 1 (19), pp. 84–98.
- Vodiasov E.V., Zaitseva O.V. Ternistyĭ put' chernoi metallurgii v taezhnom Ob'-Irtyshe [The treacherous path of ironmaking in the taiga zone of the Ob-Irtys' river region], *Stratum plus*, 2017, no. 6, pp. 237–250.
- Vodiasov E.V., Zaitseva O.V. Chto mozhet rasskazat' arkheologu zheleznyi shlak? [What can iron slag tell an archaeologist?], *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriia*, 2017, no. 47, pp. 107–115.
- Gmelin I.G. Poezdka po Rudnomu Altaiu v avguste-sentiabre 1734 g. (iz knigi «Reise durch Sibirien von dem Jahre 1733-1734») [A trip across Rudnyĭ Altai in August and September of 1734 (based on the book 'Reise durch Sibirien von dem Jahre 1733-1734')]. In: *Kuznetskaia starina* [Kuznetsk antiquities]. Novokuznetsk: Izd-vo «Kuznetskaia krepost'», 2003, pp. 86–108.
- Grigor'ev S.A. Problema rudnoi bazy, ispol'zovaniia flusov i organizatsii proizvodstva v drevnei metallurgii Iuzhnogo Urala [The issue of ore sources and flux use in the ancient metallurgy of South Ural]. In: *Arkheologiya Vostochno-Evropeiskoi stepi* [The archaeology of the East European steppe]. Saratov: Nauchnaia kniga, 2007, Vol. 5, pp. 176–199.
- Zaikov V.V., Luminov A.M., Dunaev A.Iu., Zdanovich G.B., Grigor'ev S.A. Geologomineralogicheskie issledovaniia drevnykh mednykh rudnikov na Iuzhnom Urale [Geological and mineralogical research on ancient South Ural copper mines], *Arkheologiya, etnografiia i antropologiya Evrazii*, 2005, no. 4, pp. 101–115.
- Zaikov V.V., Luminov A.M., Tkachev V.V. Mednye rudniki, khromitsoderzhashchie mednye rudy i shlaki Ishkininskogo arkheologicheskogo mikroraiiona (Iuzhnyi Ural) [Copper mines, chromite copper ores and slags in the Ishkinino archaeological micro-region (South Ural)], *Arkheologiya, etnografiia i antropologiya Evrazii*, 2012, no. 2 (50), pp. 37–46.
- Ivanov K.V., Chernyshev G.A., Smolentsev Iu.K. *Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye lista 0-45-XXXI (Okonchatel'nyi otchet Kireevskoi geologo-s'emochnoi partii za 1958–1959 gg.)* [The geological structure and minerals, 0-45-XXXI (Finalized report by the Kireevsk geological survey group for 1958–1959)]. Tomsk: Tomskaia kompleksnaia ekspeditsiia, 1959. (fondovaia).
- Konovalenko S.I., Asochakova E.M., Barsukov E.V., Zaitseva O.V. Veshchestvennyi sostav shlakov i rud zhelezodelatelnogo proizvodstva na territorii Shaitanskogo kompleksa srednevekovykh arkheologicheskikh pamiatnikov v Tomskom Priob'e [The composition of slag and ore used in iron production on medieval archaeological sites of the Shaitan complex in the Tomsk-Ob river region]. In: *Mineralogiia tekhnogeneza-2010: Nauchnoe izdanie* [The mineralogy of techno-genesis – 2010: A research edition]. Miass: IminUrO RAN, 2010, pp. 196–206.
- Naumov A.N. *Chernaia metallurgii i zhelezoobrabotka na sel'skikh pamiatnikakh Kulikova polia v kontse XII - tret'ei chetverti XIV vv.* [Black metallurgy and iron processing on rural sites of the Kulikovo field in the late 12th to the third quarter of the 14th centuries]. Tula: Gos. muzei-zapovednik «Kulikovo pole», 2008.
- Ogurtsov A.Iu. Materialy voenno-inzhenernoi razvedki 1745-1746 gg. na Altai i v Saianakh kak istochnik po ekonomike korennykh narodov Iuzhnoi Sibiri [Military-engineering survey materials collected in the Altai and Sayan regions for the years 1745 and 1746 as a source on the indigenous economy of South Siberia]. In: *Kuznetskaia starina* [Kuznetsk antiquities]. Novokuznetsk: Izd-vo «Kuznetskaia krepost'», 2003, pp. 159–165.
- Potapov L.P. *Ocherk istorii Oirotii: altaiŭy v period russkoi kolonizatsii* [Essays on the history of Oirotiya: the Altaians during the Russian colonisation]. Novosibirsk: OGIZ, 1933.

- Rozen M.F. Drevniaia metallurgii i gornoe delo na Altae [Ancient metallurgy and mining in Altai]. In: *Drevnie gorniaki i metallurgi Sibiri* [Ancient miners and metallurgists of Siberia]. Barnaul: Izd-vo AGU, 1983, pp. 19–35.
- Semykin Iu.A. Syr'evye istochniki metallurgii zheleza drevnosti i srednevekov'ia v Volgo-Sviiazskom mezhdurech'e [Raw material sources for iron metallurgy in the Volga-Sviyaga interfluvium in the ancient and medieval period], *Povolzhskaya arkheologiya*, 2015, no. 1 (11), pp. 161–178.
- Seroshevskii V.L. *Iakuty. Opyt etnograficheskogo issledovaniia* [The Yakut. An ethnographic study]. 2nd ed. Moscow, 1993.
- Sidorov A.F. *Pozdniakovskoe mestorozhdenie bolotnykh zheleznykh rud (otchet o rabotakh Pozdniakovskoi geologo-razvedochnoi partii za 1942 g.)* [The Pozdnyakovo bog iron ore deposit (Report on the work of the Pozdnyakovo geological survey group for the year 1942)]. Tomsk, 1943 (fondovaia).
- Snopkov S.V., Matasova G.G., Kazanskii A.Iu., Kharinskii A.V., Kozhevnikov N.O. Istochniki rudy dlia proizvodstva zheleza v drevnosti: Kurminskii arkheologicheskii uchastok [Sources of ore for iron production in the past: Kurma archaeological location], *Izvestiia Laboratorii drevnykh tekhnologii*, 2012, no. 9, pp. 10–30.
- Spasskii G. *Sibirskii vestnik* [Siberian newsletter]. St. Petersburg, 1819, Vol. 7.
- Strelov E.D. K voprosu ob ekspluatatsii zalezhei zheleznykh rud po r.r. Botome i Liutenge (po arkhivnym dannym) [On the use of iron ore deposits on the rivers Buotoma and Liutenge (based on archival data)]. In: *Khoziaistvo Iakutii* [The economy of Yakutia]. Vol. 1. Iakutiia: Izdanie Gosplana, 1928, pp. 48–63.
- Struminskii M.Ia. Kustarnyi sposob dobychi rudy i vyplavki iz nee zheleza iakutami [The Yakut artisanal way of ore extraction and iron smelting]. In: *Sbornik materialov po etnografii iakutov* [A collection of papers on the ethnography of the Yakut]. Iakutsk: Iakutgosizdat, 1948, pp. 49–59.
- Khakhlov V.A., Ragozin L.L. *Ob"iasnitel'naia zapiska k Gosudarstvennoi geologicheskoi karte lista O-45 mashtaba 1:1000 000* [Explanatory note on the State Geological Map (1:1000 000), O-45]. Moscow; Leningrad: Gosgeoltekhizdat, 1949 (fondovaia).
- Ebel A.V. Novye pamiatniki drevnei i srednevekovoi metallurgii iuzhnoi chasti Chuiskoi kotloviny [New ancient and medieval metallurgy sites in the south of the Chuya intermountain basin]. In: *Istoriia i kul'tura narodov Iugo-Zapadnoi Sibiri i sopredel'nykh regionov (Kazakhstan, Mongoliia, Kitai). Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (20-23 apreliia 2014 goda)* [The history and culture of the peoples of South-Western Siberia and adjacent regions (Kazakhstan, Mongolia, and China). Proceedings of the International research conference held on 20 to 23 April 2014]. Gorno-Altai: RIO Gorno-Altai'skogo gosudarstvennogo universiteta, 2014, pp. 51–56.
- Charlton M.F., Crew P., Rehren T., Shennan S.J. Measuring variation in iron smelting slags: an empirical evaluation of group-identification procedures. In: *The World of Iron* (J. Humphris and Th. Rehren, eds). London: Archetype Publications, 2013, pp. 421–430.
- Crew P. CaO enhancement in slags: the influence of fluxing or fuel ash? In: *Early Ironworking in Europe II conference*, Plas Tan y Bwlch, 2007, pp. 50–52.
- Iles L. The exploitation of manganese-rich 'ore' to smelt iron in Mwenge, western Uganda, from the mid second millennium AD. *Journal of Archaeological Science*, 2014, no. 49, pp. 423–441.
- Ingoglia C., Triscari M., Sabatino G. Archaeometallurgy in Messina: Iron slag from a dig at block P, laboratory analyses and interpretation, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 2008, Vol. 8, no. 1, pp. 49–60.
- Matasova G.G., Kazansky A.Y., Kozhevnikov N.O., Snopkov S.V., Kharinsky A.V. A Rock-Magnetic Quest for Possible Ore Sources for the Ancient Iron-Smelting Industry in the Olkhon Region (Lake Baikal, Siberia), *Archaeometry*, 2017, no. 59 (3), pp. 511–527.
- Olovčić A., Memić M., Žero S., Huremović J., and Kahrović E. Chemical Analysis of Iron Slags and Metallic Artefacts from Early Iron Age, *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry*, 2014, no. 4(6), pp. 859–870.

- Pleiner R. *Iron in Archaeology: The European Bloomery Smelters*. Archeologický ústav AVČR, 2000.
- Serneels V., Crew P. Ore-slag relationships from experimentally smelted bog-iron ore. In: *Early Ironworking in Europe, archaeology and experiment*. International Conference Plas Tan y Bwlch, 1997, pp. 78–82.
- Vodyasov E.V., Zaitseva O.V. The Appearance and Development of Iron Production on the Border Between the «Steppe» and «Taiga» Cultural Worlds in Western Siberia (Tomsk Ob Region), *Bylye Gody*, 2015, no. 3, pp. 472–478.
- Vodyasov E.V., Zaitseva O.V., Pushkaryov A.A., Barsukov E.V. Shaitan medieval mining and metallurgical complex (Western Siberia, 10th–17th centuries), *Ancient Metallurgy of the Sayan-Altai and East Asia*, 2015, no. 1, pp. 145–152.
- Zaitseva O.V., Vodyasov Ye.V. Iron smelting and death: the ritual complex of Shaitan-II burial site. In: *Ancient metallurgy of the Sayan-Altai and East Asia*. Materials of the 1st International Scientific Conference, dedicated to the Memory of Doctor of Historical Sciences, Professor Yakov Ivanovich Sunchugashev (Abakan, September 23–27, 2015). Abakan – Ehime, 2015, pp. 153–158.