

современных рыхлых отложений. Исследования показали, что успешное применение георадарной съемки зависит от контраста относительной диэлектрической проницаемости исследуемых сред. Для коренных пород, таких как гранит, базальт, туфы различного состава значение проницаемости колеблется от 5 до 8. Осадочный комплекс на исследованных древних рудниках представлен, в основном, суглинками, глинами, как правило, влажными, и их диэлектрическая проницаемость составляет 12–40. Значительный контраст диэлектрических свойств осадочных и коренных грунтов позволяет выделить по георадарным данным кровлю коренных пород.

Однако, значительная разрушенность и неоднородность верхнего слоя являются осложняющими факторами, а в самом рудном теле присутствуют зоны окисления, что снижает контраст свойств. Кроме того, в зоне окисления сосредоточены вторичные медные руды, которые добывались в бронзовом веке. Вследствие этого переход от техногенных грунтов к коренным породам на георадарных профилях иногда выглядит «размытым». Другими важными признаками при выделении границы между техногенным грунтом и коренными породами на георадарных разрезах являются смена волновой картины отражений в этих средах, а также угловое несогласие осей синфазности отражений между ними.

Литература

Зайков В.В., Юминов А.М., Анкушев М.Н., Ткачев В.В., Носкевич В.В., Епимахов А.В. Горно-металлургические центры бронзового века в Зауралье и Мугоджарах // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Геoархеология. Этнология. Антропология. 2013. № 1. С. 174–195.

Носкевич В.В., Юминов А.М., Геофизические исследования медного рудника бронзового века Новониколаевский (Южный Урал). Уральский геофизический вестник, 2015, № 1 (25), С. 46–50.

Федорова Н.В., Носкевич В.В., Иванченко В.С., Бебнев А.С., Маликов А.В. Геофизические методы исследования археологических памятников Сарым-Саклы и Воровская Яма (Южный Урал), Уральский геофизический вестник, 2013. № 2 (22). С. 46–53.

Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. М.: Изд-во МГУ, 2004. 153 с.

А.М. Юминов^{1,3}, С.В. Богданов², В.В. Ткачев², С.В. Авраменко², Г.Р. Манбетова³

¹ – Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, umin@mineralogy.ru

*² – Институт степи УрО РАН, г. Оренбург, bogdanov-step@yandex.ru;
vit-tkachev@yandex.ru*

³ – Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе, manbetova.susu@gmail.com

Геохимическая характеристика руд исторических медных рудников степного Приуралья

В настоящее время под рудником понимается горно-промышленное предприятие, предназначенное для добычи полезного ископаемого. Древние (старинные) рудники представлены горно-техническими (геoархеологическими) комплексами, сформированными разведкой, добычей, сортировкой, предварительным обогащением и складированием медных руд, а также отсыпкой отвалов пустой породы, происходивших в различные исторические периоды от эпохи раннего металла до этнографической современности.

Исследуемый комплекс исторических медных рудников степного Приуралья находится в пределах территории современного Центрального Оренбуржья, юго-востока Башкирии и

северо-запада республики Казахстан. Здесь на площади более 14 тыс. км² (общая длина выделенного района 400 км при ширине 60–150 км) фиксируется череда многочисленных компактно расположенных горных выработок, представленных карьерами, глубокими шурфами, штольнями и шахтами. Все выработки сопровождаются отвалами, в том числе и рудными. На некоторых обнаружены специальные обогатительные площадки.

Добыча медных руд в Приуралье, по археологическим данным, началась в эпоху раннего металла (IV–II тыс. до н.э.) и велась на протяжении двух тысяч лет. Затем после длительного перерыва уже в Новое время (XVIII – нач. XX вв.) она была возобновлена русскими горнозаводчиками Твердышевыми, Мясниковыми, Мосоловыми и др. Анализ архивных документов показал, что подавляющее большинство рудников Нового времени было заложено по следам горно-добывающих объектов бронзового века.

Приуральский горно-металлургический центр (ГМЦ), сырьевой базой которого служили древние рудники Приуралья, приуроченные преимущественно к месторождениям и рудопроявлениям медистых песчаников, по масштабам горно-металлургической деятельности, объему добычи медных руд и площадным характеристикам является крупнейшим историко-металлургическим образованием Евразии. Наиболее известной и изученной его частью являются Каргалинские рудники, описанные в ряде работ Г.Д. Мусихина [1999], Е.Н. Черных [2002], С.В. Богданова и А.С. Рябухи [2005] и др. авторов. К настоящему времени он является одним из эталонных объектов горной археологии России. Однако сведения о рудниках, расположенных за пределами Каргалинского рудного поля, крайне ограничены и встречаются в отдельных публикациях [Гусев и др., 1968].

Цель настоящей работы состояла в изучении геохимической спецификации медных рудников Оренбургского Приуралья.

Основными задачами являлись:

- выявление ранее неизвестных геоархеологических объектов;
- составление крупномасштабных схем рудников и морфологическая характеристика горных выработок, соответствующая особенностям рудоносных комплексов;
- геологическая документация рудников,
- геохимическая характеристика добываемых медных руд;
- отбор эталонной коллекции образцов, в том числе и для проведения в будущем экспериментальных металлургических плавов.

В 2016 г. в ходе полевых работ, проводившихся в рамках гранта РФФИ №16-06-00232 авторами публикации выявлено, обследовано и задокументировано 23 рудных объекта (рис.), причем большая их часть обнаружена на основе дешифрирования аэро и космоснимков.

Все рудные объекты имеют близкое геологическое строение и связаны с Верхнеперскими отложениями татарского яруса. Рудовмещающие комплексы представлены пластами серо- и красноцветных косослоистых песчаников различной мощности и разделены прослойками мергеля. Породы залегают практически субгоризонтально или с небольшим (1–3°) падением в западном направлении. В толще присутствуют два прерывистых меденосных горизонта, сложенных красноцветными (верхний) и сероцветными (нижний) песчаниками, которые разделены мергелями.

По условиям залегания и характеру минерализации выделено три основных типа рудопроявлений: грубообломочные, мелкообломочные и мергелистые (шиферные). Первые связаны с песчано-конгломератовыми породами (рудник Гирьял). Здесь рудоносные конгломераты имеют мелкогалечное, реже разногалечное сложение, полимиктовый состав и известково-песчаный цемент. Породы образуют крупные линзы с глубоким эрозионным врезом в подсти-

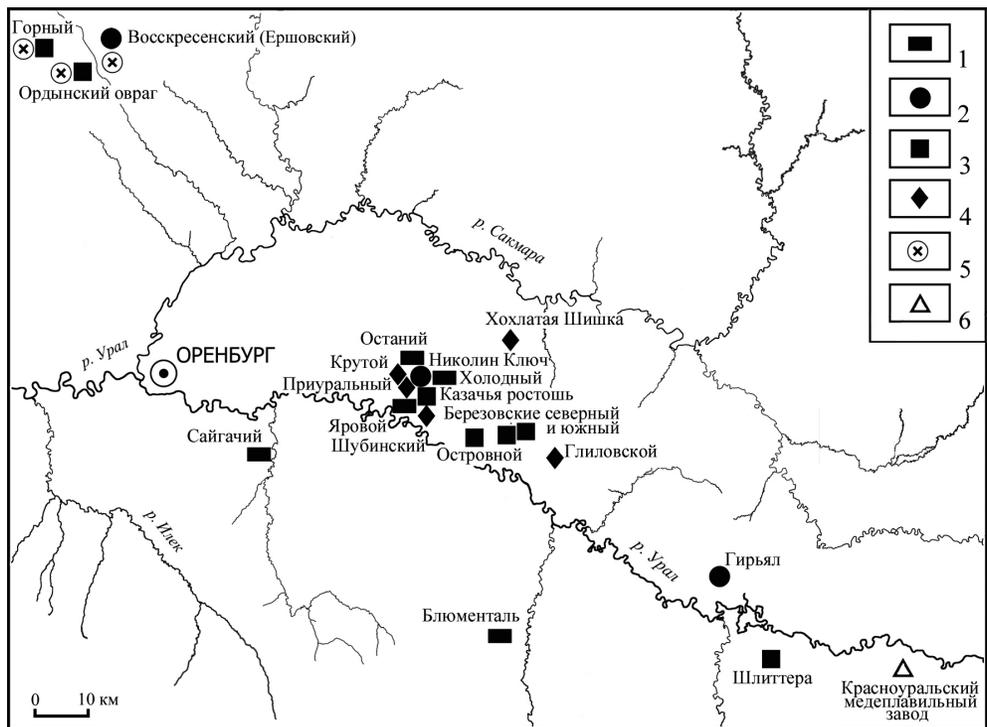


Рис. Геохимическая спецификация горнорудных объектов степного Приуралья.

1–4 – геохимические группы медных руд: 1 – группа «чистой» меди, 2 – группа золото-серебряной специализации, 3 – группа свинцовой специализации, 4 – группа цинково-никелевой и хром-никелевой специализации; 5 – поселения бронзового века на площадках исторических медных рудников; 6 – рудный склад старинного медеплавильного завода.

лающие слои. По простиранию конгломераты переходят в грубо и разномзернистые песчаники или фациально замещаются алевролитоглинистыми породами. Оруденение отмечается только в цементе конгломератов. Первичная минерализация не затрагивает обломочного материала. Она представлена халькозином, пиритом и очень редко халькопиритом. Из вторичных минералов присутствуют ковеллин, куприт, малахит, при подчиненном количестве азурита. Общее содержание меди в рудах варьирует в пределах 0.05–15 %.

Второй тип медных рудопроявлений приурочен к песчаникам. Он присутствует на подавляющем большинстве рудников. Песчаники имеют серую и зеленовато-серую окраску. Структура средне-мелкозернистая, текстура – косослоистая. Породы полимиктового состава, зерна скреплены глинисто-карбонатным цементом. В рудоносных песчаниках фиксируется большое количество углистых растительных остатков (преимущественно каламитов), по которым и развиваются медесодержащие руды. Первичная минерализация представлена пиритом и халькозином, вторичная – купритом, ковеллином, малахитом, азуритом, а также микрочастицами самородной меди. В довольно большом количестве наблюдаются выделения гидроксидов железа и лейкоксен. Содержание меди в отдельных образцах руд достигает 10 %. Рудные тела представлены линзами и гнездами различного размера и мощности.

Медные рудопроявления третьего типа (мергелистый) представлены в меньшем количестве и в основном расположены в центральных районах (рудник Островной). Горняки Нового времени называли этот тип руды «шифером» или «шиферной рудой». Медистые мер-

Таблица 1

Геохимическая специализация медных руд исторических медных рудников (ГТК) степного Приуралья

№ п/п	№ обр.	Рудник - ГТК (место отбора)	Координаты	мас. %		Содержание, г/т													Геохим. группы	
				Cu	Fe	Ti	Zn	Pb	Sb	Sn	Ag	Cr	Ni	Ba	Sr	Se	Zr	Rb		Cd
1	П-1	Сайгачий (промплощадка)	N51°39'13.25" E55°20'24.40"	4.90	2.25	-	-	87	-	-	-	-	-	-	-	105	62	-	51	чистая Cu
2	П-1-1	Сайгачий (шгольня)	N51°39'13.25" E55°20'24.40"	0.04	1.17	2091	46	-	-	-	-	-	-	-	58	27	-	-	-	чистая Cu
3	П-2-1	Сайгачий (шгольня)	N51°39'13.25" E55°20'24.40"	4.99	5.971	7894	-	-	-	-	-	-	-	741	-	188	24	-	-	чистая Cu
4	П-2-2	Блюменталь (отвалы)	N51°22'49.73" E55°53'26.18"	7.73	13.89	-	-	-	-	-	-	-	1425	-	113	-	-	-	-	чистая Cu
5	П-12	Яровой (промплощадка)	N51°43'53.95" E55°42'08.79"	5.06	6.25	7521	-	-	-	-	-	-	1723	-	103	28	-	-	76	чистая Cu
6	П-17	Холодный (отвалы)	N51°46'26.80" E55°41'09.35"	4.18	7.33	10525	-	-	-	-	-	-	2187	-	97	49	-	-	73	чистая Cu
7	П-18	Останий (отвалы)	N51°47'09.22" E55°41'02.49"	5.55	6.96	-	-	-	-	-	-	-	1749	-	85	37	-	-	130	чистая Cu
8	П-6	Гирьял (промплощадка)	N51°27'51.81" E56°26'19.78"	4.22	4.19	-	-	722	360	-	817	2114	-	-	56	22	1367	48	Au(?)- Ag	
9	П-16	Николин ключ (отвалы)	N51°46'10.13" E55°40'58.07"	7.29	6.16	-	-	-	-	-	556	2610	-	3347	120	30	-	-	106	Ag
10	П-21	Вокресенско- Ершовский (Каргалы)	N52°14'24.00" E54°58'09.44"	6.85	9.17	-	-	214	-	-	914	-	-	11329	156	25	-	-	87	Ag-Pb

№ п/п	№ обр.	Рудник - ГТК (место отбора)	Координаты	мас. %		Содержание, г/т														Техим. группы			
				Cu	Fe	Ti	Zn	Pb	Sb	Sn	Ag	Cr	Ni	Ba	Sr	Se	Zr	Rb	Cd		Nb		
11	П-3	Красноуральский медельавильный завод (рудный скл.)	N51°19'52.59" E56°54'15.00"	11.1	20.66	-	-	265	-	-	-	-	-	-	-	114	-	121	-	-	166	Pb	
12	П-4	Шлигтера Западный	N51°21'00.44" E56°34'22.03"	5.94	8.14	8653	-	88	-	-	-	-	-	-	200	-	175	31	-	-	80	Pb	
13	П-8	Березовский северный (отвалы)	N51°41'04.49" E55°57'22.80"	3.73	2.28	-	-	171	-	-	-	-	-	-	2279	348	65	75	34	-	-	58	Pb
14	П-10	Островной (отвалы)	N51°41'01.64" E55°51'10.62"	5.37	8.18	6596	-	127	-	-	-	-	-	-	1421	105	-	101	30	-	-	-	Pb
15	П-13	Казачья ростовь (отвалы)	N51°44'19.88" E55°41'55.89"	5.03	7.83	9367	-	108	-	-	-	-	-	-	1918	127	77	127	35	-	-	66	Pb
16	П-22	Ордынский овраг (Каргалы)	N52°13'44.02" E54°51'55.94"	5.90	7.03	-	-	126	-	-	-	-	-	-	10245	494	95	128	-	-	-	98	Pb
17	П-9	Березовский южный (отвалы)	N51°40'55.39" E55°56'27.65"	1.90	3.05	3561	637	178	-	-	-	-	-	-	577	179	-	87	33	-	-	36	Pb-Zn
18	П-15	Крутой (отвалы)	N51°45'35.61" E55°41'06.57"	2.40	4.70	5678	491	-	-	-	-	-	-	-	1477	687	166	69	26	-	-	-	Zn-Ni
19	П-20	Хохлацкая Шишка (отвалы)	N51°49'37.72" E55°56'14.86"	6.50	3.11	5066	233	-	-	-	-	-	-	-	1175	709	123	91	32	-	-	-	Zn-Ni
20	П-7	Гниловской (отвалы)	N51°39'16.16" E56°02'24.75"	2.73	5.67	6883	-	153	-	-	-	-	-	-	2558	692	117	71	32	-	-	60	Cr-Ni
21.	П-11	Шубинский (отвалы)	N51°43'24.80" E55°43'35.99"	3.11	5.99	4620	-	-	-	-	-	-	-	-	1107	532	165	83	41	-	-	80	Cr-Ni
22.	П-14	Приуральный (отвалы)	N51°45'25.93" E55°41'11.43"	4.20	4.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1443	602	162	54	96	37	-	-	Sn-Ni
23.	П-23	поселение Горный (сборы из раскопа)	N52°15'55.14" E54°46'13.28"	5.01	3.41	-	-	99	-	-	-	-	-	-	-	11311	537	30	-	-	-	67	Pb

Примечания: а) прочерком в таблице обозначены значения элементов ниже предела чувствительности прибора; б) анализы выполнены в Институте минералогии УрО РАН на приборе INNON-X α 400). режим – soil. время экспозиции – 30 сек.. аналитик – Е.Д. Зенович.

гели представлены породами темно-серого до черного цвета, вызванного еще большим содержанием углистых остатков. Породы тонко- и скытозернистые, рассланцованы до плиток поперечником в первые миллиметры. Руды характеризуются наиболее низкими содержаниями меди (менее 10 %).

По морфологии рудных тел, характеру минерализации, пространственному положению и генетической принадлежности рудопоявления всех трех типов близки друг к другу. Не смотря на широкую территориальную разобщенность рудопоявлений, минералогический состав медных руд не испытывает больших колебаний. Вместе с тем, на основании проведенных рентгенофлуоресцентных анализов руд, предварительно выделены четыре геохимических группы медистых песчаников (Табл., Рис.):

- группа чистой мели (западная и юго-западная группировка: рудники Сайгачий, Блюменталь, Яровой, Холодный, Останий);
- группа золото-серебряной специализации (сквозная: рудники Гирьял, Николин Ключ, Воскресенский-Ершовский);
- группа свинцовой специализации (рудники Шлиттера западный, Березовский Северный, Березовский Южный, Островной, Казачья Ростощь, Ордынский Овраг), расположена на восточном фланге центральной части;
- группа цинково-никелевой и хром-никелевой специализации (рудники Крутой, Холацкая Шишка, Гниловской, Вязовский, Приуральный); приурочена к западному флангу центральной части.

Породы, содержащие рудопоявления меди, образуют, как правило, положительные формы рельефа. Разработка рудников, как в «русское время», так и в древности в подавляющем большинстве случаев проходила подземным способом. Добытый материал селективно откладывался в рудные склады, а пустая порода сваливалась в отдельные отвалы, расположенные в непосредственной близости от устьев шахт. В некоторых случаях (на рудниках Березовский Северный и Березовский Южный) добыча шла открытым способом небольшими карьерами. Обогащение руд велось на специальных площадках, обложенных по периметру кольцевыми выкладками.

Из-за сходства в технологии и методике добычи медных руд, применявшихся на древних и старинных объектах, на основании исключительно морфологических признаков выработок определить возраст рудников является крайне проблематичным. Зачастую более поздние разработки медистых песчаников («Новые рудники» XVIII–XIX вв.) закладывались по заброшенным карьерам и шахтам бронзового века. Для достоверной датировки рудников необходимо проводить тщательную археологическую разведку и знакомится с архивными материалами.

Работа выполнена в рамках проектов РФФИ № 16-06-00323, и междисциплинарного проекта УрО РАН 15-134-569 и проекта РНФ 16-18-10322.

Литература

Богданов С.В. Рябуха А.С. Историко-культурное наследие Каргалинского древнего горно-металлургического центра // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Приложение. Гуманитарные науки. 2005. № 2. С. 4-10.

Гусев А. К., Богатырев В. В., Игонин В. М., Солодухо М. Г. Стратиграфия верхнепермских отложений Актюбинского Приуралья. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1968. 218 с.

Каргалы. Том I. Геолого-географические характеристики. История открытий, эксплуатации и исследований. Археологические памятники / Сост. и науч. ред. *Е.Н. Черных*. М.: Языки славянской культуры, 2002. 112 с.

Мусихин Г.Д. Палеонтологическая изученность Каргалинских рудников. // Горный журнал. № 5–6. 1999. С.131–135.