

Цалкин В.И. Фауна из раскопок андроновских памятников в Приуралье // Основные проблемы териологии. Труды Московского общества испытателей природы. Том XLVIII. М., 1972. С. 66–81.

Юминов А.М., Зайков В.В., Коробков В.Ф., Ткачев В.В. Добыча медных руд в бронзовом веке в Мугоджарах // Археология, этнография и антропология Евразии. 2013. № 3 (55). С. 87–96.

В.В. Носкевич¹, А.М. Юминов^{2,3}, Н.В. Федорова¹, В.В. Ткачев⁴, Д.А. Байтлеу¹

¹ – Институт геофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, ubistu@gmail.com

² – Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, umin@mineralogy.ru

³ – Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе

⁴ – Институт степи УрО РАН, г. Оренбург

Реконструкция древних медных карьеров бронзового века по георадарным данным в Западном Казахстане

Введение

В настоящее время в степной зоне Мугоджар на территории Республики Казахстан известны многочисленные разнотипные медные рудники, разработка которых происходила в бронзовом веке. Их изучение позволяет обратиться к вопросам реконструкции технологии добычи и первичного обогащения медной руды, определения объемов извлеченной рудной массы, количества полезного компонента и, в конечном счете, оценить, количество выплавленного металла. При разработке карьеров использовались окисленные, азурит-малахитовые руды, расположенные на верхнем горизонте зоны окисления рудного тела. Добыча велась до уровня грунтовых вод. В настоящее время борта древних карьеров сильно деформированы и оплыли за счет атмосферных осадков и жизнедеятельности человека.

В последние годы стали широко применяться геофизические исследования при изучении древних рудников эпохи бронзы на Южном Урале [Зайков др., 2013; Носкевич, Юминов, 2015; Федорова и др., 2013]. Для определения мощности рыхлых отложений и глубины до кровли коренных пород в последние годы успешно используется геофизический метод георадиолокации [Владов, Старовойтов, 2004]. В отличие от разрезов, построенных по результатам бурения, на которых между скважинами положение слоев проводится с помощью линейной интерполяции, съемка георадаром позволяет получать непрерывные разрезы. Наличие контраста скорости электромагнитных волн в рыхлых техногенных грунтах и кристаллических породах позволяет по данным георадара с высокой точностью определить глубину до кровли коренных пород. Этого невозможно достичь ни одним из других существующих разведочных методов.

В работе приведены результаты исследования двух древних рудников Шоншар и Сарлыбай, расположенных на территории Республики Казахстан. Георадарная съемка проведена на территории рудников с целью определения рельефа дна карьеров во время их эксплуатации. Результаты позволят оценить количество добытой руды.

Аппаратура и методика измерений

Исследования проводились георадаром SIR-3000 (GSSI, США) и антеннами с центральной частотой 400 МГц или 270 МГц. Для определения скорости распространения элек-

ромагнитных волн в исследуемой среде проведены измерения на отдельном профиле длиной 15 м с двумя антеннами с центральной частотой 100 МГц. Для учета рельефа на профилях проведена тахеометрическая съемка по сети 1×2 м. Георадарные профили располагались параллельно с расстоянием между ними 2 м. Из-за изрезанности рельефа измерения проводились с остановкой в каждой точке вдоль профиля с интервалом 0.1 м. Редактирование и обработка данных георадарных профилей проводилась с помощью программного обеспечения RADAN 6.6 (GSSI, США). После интерпретации выделялись отражающие границы от предполагаемого древнего дна карьеров. Затем профильные данные были объединены в один файл и построены карты в виде изолиний древнего рельефа и модель в 3D-формате.

Древний рудник Шоншар

Рудник Шоншар расположен в 9.4 км к юго-западу от южной окраины пос. Кос-Истек (Ленинское) Актюбинской области (рис. 1) на левом берегу ручья Шоншар, являющегося правым притоком р. Жаксы-Каргалы. Рудник был открыт в 1959 г. В.В. Родионовым и В.В. Потаповым, работавшими в составе Берчогурской геофизической экспедиции. В 2007 г. памятник обследовался российско-казахстанской комплексной экспедицией. При проведении геофизических работ в 1950-х гг. под руководством В.В. Родионова и В.В. Потапова непосредственно в древнем карьере была заложена скважина, которая вскрыла массивные сульфидные руды общей мощностью около 1 м. Состав первичных руд халькопирит-пирит-пирротиновый. Оруденение приурочено к зонам контакта серпентинитов и тальк-карбонатных пород. Малахитизации подвержены только серпентиниты. В древности разрабатывалась зона окисления сульфидных руд в серпентинитах. Рудник врезан в восточный склон небольшой гряды (см. рис. 1). Предположительно, древний карьер имеет прямоугольную форму и размеры $5-7 \times 20-25$ м. Современная глубина около 1 м.



Рис. 1. Современный вид рудника Шоншар.

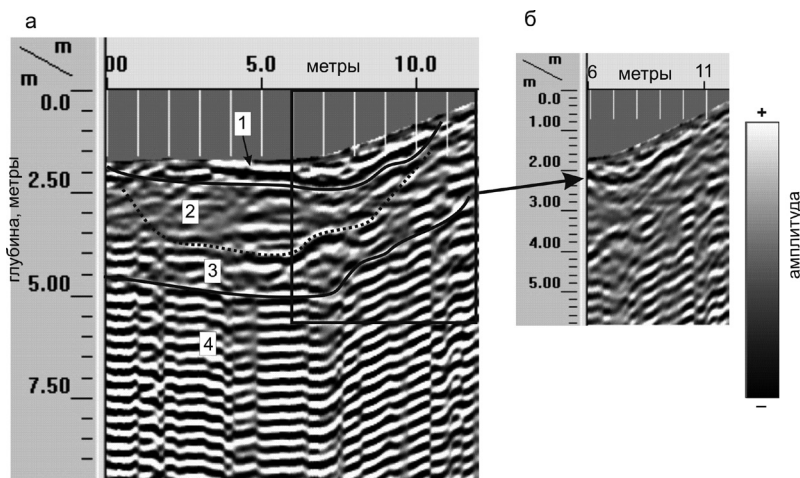


Рис. 2. а – результаты обработки и интерпретации профиля 6 с антенной 270 МГц на руднике Шоншар; б – фрагмент записи одного из бортов древнего карьера. Пунктирной линией показано древнее дно карьера; 1 – современные отложения; 2 – погребенные осадочные отложения; 3 – разрушенные коренные отложения; 4 – неизменные коренные породы.

Для выяснения древнего рельефа рудника было разбито 10 георадарных профилей длиной от 7 до 15 м и один скоростной профиль длиной 15 м. В результате обработки скоростного профиля было выделено две скорости прохождения электромагнитных волн: низкая 0.065 м/нс для осадочного комплекса, представленного суглинками с мелким щебнем, и высокая 0.12 м/нс, которая соответствовала серпентинитам и тальк-карбонатным породам.

На рисунке 2а показан разрез по профилю 6, после его обработки и интерпретации. Измерения проведены с антенной 270 МГц. По волновой картине отраженных волн, конфигурации осей синфазности, их протяженности, амплитуде и скорости распространения волн выделяются четыре типа отражений (на рис. 2 они показаны цифрами 1–4). Первый тип отражений с высокой амплитудой соответствует современным задернованным суглинистым отложениям. Для второго типа характерны прерывистые отражения, несогласные с кровлей коренных пород, они созданы погребенными техногенными отложениями с суглинками и мелким щебнем. Третий тип соответствует разрушенным дезинтегрированным серпентинитам и тальк-карбонатным породам, в кровле которых расположена зона окисления рудного тела с азуритом и малахитом. Четвертый тип имеет параллельные отражения и соответствует неизменным коренным породам. На разрезе предполагаемое дно древнего карьера выделено красной пунктирной линией. На рисунке 4б более детально показан фрагмент записи отражений от одного из бортов древнего карьера.

После интерполяции отражений по профилям была построена карта рельефа древнего рудника Шоншар и объемная модель (рис. 3). Глубина дана относительно самой высокой точки современного рельефа. Мощность осадочного комплекса, в среднем, составила 2.5 м, а расстояние от современной поверхности до самой глубокой точки древнего карьера равнялась 3 м.

Древний рудник Сарлыбай

Древний рудник Сарлыбай расположен в 34 км к северо-востоку от пос. Берчогур (Шалкарский район Актюбинской обл.). Рудник непосредственно врезан в правый берег реки

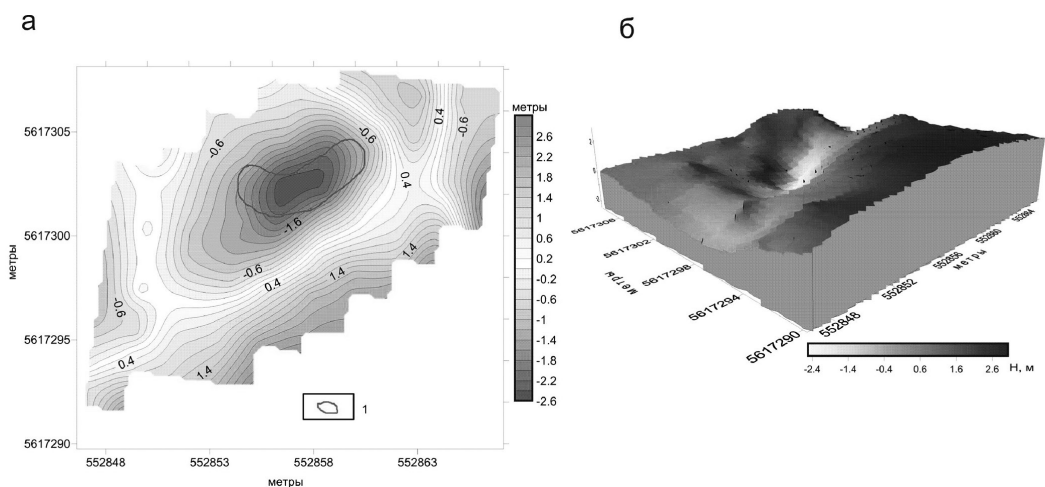


Рис. 3. Карта рельефа древнего рудника Шоншар по георадарным данным (а) (1 – участок наиболее активной разработки карьера) и трехмерная модель карьера (б).

Сарлыбай. Рудопроявление расположено на южном окончании Западных Мугоджар, вблизи северо-западного борта Берчогурской синклинали. Рудопроявление Сарлыбай относится к медно-колчеданному типу. Рудное тело приурочено к зоне контакта лав среднего и основного состава и образует крутопадающую линзу протяженностью более 100 м. Рудовмещающими породами являются базальты. Рудник представлен тремя карьерами, отвалом и тремя большими площадками, на которых происходило мокрое обогащение добытых руд. Карьеры врезаны в склон крутой горы, расположены каскадом и соединены между собой небольшими перемычками. Судя по их морфологии, в древности разработка месторождения велась снизу вверх по склону. В приповерхностных условиях породы в значительной степени выветрены. Околорудные изменения варьируют от слабых до умеренных. На поверхности рудопоявления развита железная шляпа. В рудах фиксируются корки и тонкие ветвящиеся прожилки медной зелени. В приповерхностной части руды дезинтегрированы, превращены в щебень размером 1–6 см, который плащеобразными потоками «стекает» с вершины горы. На карьере были найдены каменные орудия и наковальни, которые использовались при добыче и ручном обогащении окисленных медных руд. Современный вид карьеров показан на рис. 4.

Исследуемая площадь рудника Сарлыбай была разбита на два участка. Первый участок охватывал наиболее крупный самый верхний карьер, на котором было разбито 10 профилей длиной 16–24 м. Второй участок располагался ниже по склону на нижних карьерах. Измерения проведены на 21 профиле длиной по 14 м каждый. На карьерах было обнаружено большое количество техногенного железного мусора, который был оставлен после буровых работ. Отражения от кровли коренных отложений выделяются по разному типу волновой картины и угловому несогласию осей синфазности отражений техногенных грунтов и кровли коренных пород. Верхняя часть разреза характеризуется прерывистыми, местами бугристыми отражениями с высокой амплитудой, и соответствует техногенным грунтам. На разрезах кровля коренных пород осложнена низкочастотными отражениями, которые, предположительно, связаны с дезинтеграцией верхов коренных пород.

Мощность рыхлых отложений на верхнем карьере составляла 2–2.5 м при максимальной глубине от современной поверхности 2.8 м. На нижних карьерах мощность осадков с пустой породой верхнего карьера составила 2.5–3 м при максимальной глубине от современной поверхности 3.5 м.



Рис. 4. Современный вид рудника Сарлыбай.

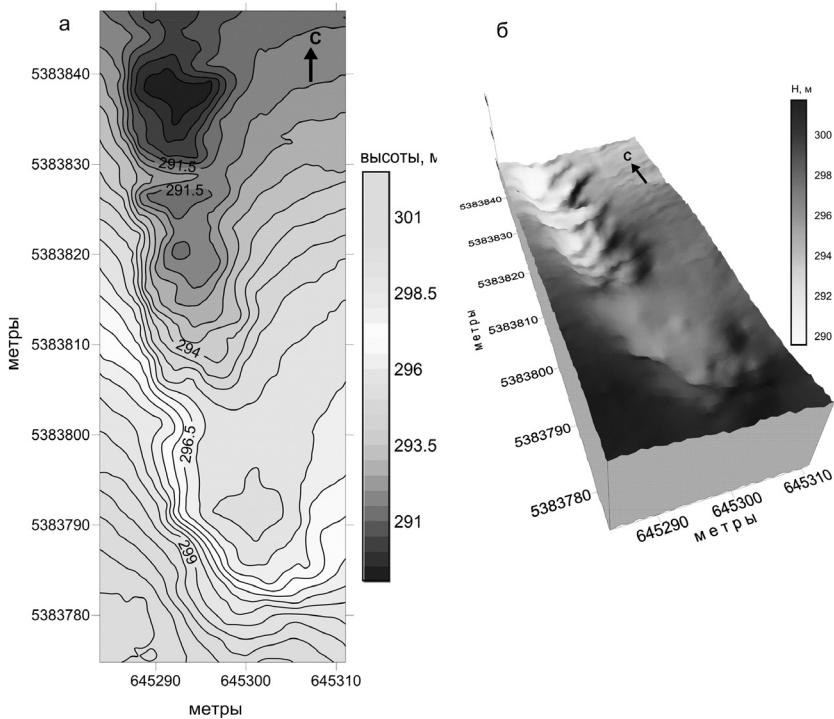


Рис. 5. Модель древнего рудника Сарлыбай, построенная по георадарным данным: а – карта изолиний рельефа для трех карьеров; б – модель в 3D-формате.

После интерполяции отражений от кровли коренных пород по всем профилям были построены модели древней поверхности карьеров во время их эксплуатации в бронзовом веке (рис. 5).

Заключение

В результате проведенных работ на древних рудниках Шоншар и Сарлыбай по георадарным данным удалось определить глубины карьеров и мощность перекрывающих их

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