УДК 550.8.056

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕДНОГО РУДНИКА БРОНЗОВОГО ВЕКА НОВОНИКОЛАЕВСКИЙ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Носкевич В.В. **–** Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург
Юминов А.М. – Институт минералогии УрО РАН, Миасс

Аннотация. По результатам площадной георадарной съемки получена модель древнего медного карьера Новониколаевский в период его разработки. На основе полученной модели было рассчитано приблизительное количество добытой руды, из которой можно было выплавить 2,5 т черновой меди.

Георадарная съемка, магнитная восприимчивость, археологические памятники.

GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS OF THE COPPER MINE OF THE BRONZE AGE NOVONIKOLAEVSKYI (SOUTH URALS)

Noskevich V.V. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg
Yuminov A.M. – Institute of mineralogy UB of RAS, Miass

Abstract. By results of ground penetrating radar (GPR) survey the model of an ancient copper mine Novonikolaevskyi in its working out is received. On the basis of the model by the original method was calculated approximate number of extracted ore from which it was possible to smelt 2.5 t of blister copper.

Введение

Основное преимущество геофизических методов заключается не только в том, что они определяют архитектуру древних рудников, но и в том, что это происходит без нарушения поверхностного слоя почвы и исторического объекта. Определение древнего рельефа карьеров позволяет определить объемы вынутого грунта и рудной массы, представленной в основном малахитом и азуритом, и оценить количество выплавленного металла.

В настоящее время в степной зоне Южного Зауралья и Мугоджар известно около трех десятков разнотипных медных рудников, разработка которых происходила в бронзовом веке.

Согласно расчетам, на них было добыто около 55 тыс. т медной руды, в которой содержалось примерно 3,5 тыс. т меди (Юминов и др., 2013). За прошедшее время дно карьеров с рудной минерализацией покрылось грунтом, и борта древних карьеров оплыли. Одним из последних найденных древних рудников является рудник бронзового века Новониколаевский (Зайков и др., 2013). В последние годы для исследований древнего рельефа карьеров стали использоваться геофизические методы (Ткачев и др., 2013; Федорова и др., 2013), в частности, применить георадарную съемку.

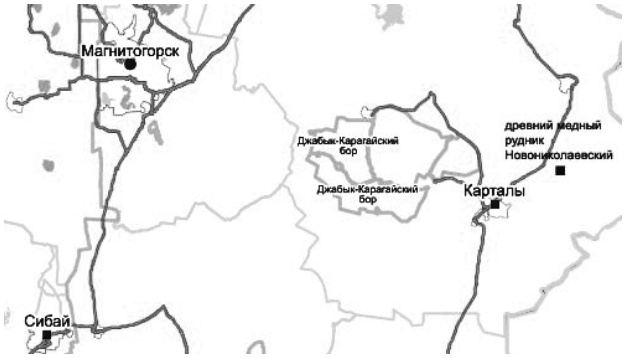

Рис. 1. Карта расположения Новониколаевского древнего медного рудника

Целью настоящих исследований было построить по данным георадарной съемки модель древнего карьера и по этой модели по оригинальной методике оценить количество добытой руды и количество возможной выплавки черновой меди.

Краткое описание древнего рудника Новониколаевский

Новониколаевский рудник расположен в 2 км к востоку от одноименной деревни (Карталинский район, Челябинской обл.) на левом берегу р. Караталы-Аят (рис. 1). В геологическом отношении данная территория входит в состав Михеевского рудного района Новониколаевско-Тарутинской рудной зоны. Древний рудник находится на юго-западном фланге Михеевского мед-

но-порфирового месторождения, которое было обнаружено в середине пятидесятых годов прошлого века. Его разведка активно велась в последнее время, и сейчас Михеевское медно-молибденовое месторождение разрабатывается открытым способом. Новониколаевский рудник, по данным геологоразведочных работ, находится в контактовой зоне гранодиоритовых пород михеевского комплекса с метасоматически измененными карбонатно-вулканогенно-осадочными породами.

К археологическим объектам Новониколаевский рудник был отнесен в 2012 г. На его отвалах были найдены несколько каменных орудий древнего горного промысла. В непосредственной близости от карьера выявлено несколько крупных обломков керамических сосудов. По морфологическим особенностям и орнаментации данная керамика относится к алакульской культуре эпохи поздней бронзы и может быть датирована по устной оценке В.В. Ткачева серединой II тыс. до н. э. Древний карьер врезан в склон небольшого лога, выходящего в русло реки Караталы-Аят.

Выработка перекрыта аллювиально-делювиальными наносами и в значительной степени задернована. Она хорошо сохранилась потому, что была практически не затронута современными поисково-разведочными работами за исключением скважины, пробуренной в северо-западном борту. Современные контуры карьера: длина – около 35 м, ширина – 15–20 м. Максимальная глубина – 2 м. Дно ровное, с небольшим наклоном на юго-восток. Южный борт невысокий (0,5–0,75 м), но относительно крутой (он был срыт под площадку для бурового станка). Северный и восточный борта перекрыты наносами. Здесь углы склона не превышают 5–10°. Западный борт наиболее пологий, вероятно, там в древности мог находиться вход в карьер. На сегодняшний день ложе карьера почти полностью заполнено стратифицированными аллювиально-делювиальными отложениями (суглинки, песок, дресва) и гумусированным глинисто-щебнистым материалом, перемещенными в результате оползания части отвала. Вскрытая мощность – 2 м.

Методика георадарной съемки

При георадарных исследованиях основным признаком для расчленения толщи искусственных или естественных слоев пород является их контраст по диэлектрической проницаемости. По значениям диэлектрической проницаемости комплекс осадочных пород слабо контрастен. Значения относительной диэлектрической проницаемости в метровом диапазоне волн для осадочного комплекса колеблются от 12 до 30 при естественной влажности. Для коренных пород значения диэлектрической проницаемости составляют 3–6, что создает значительный контраст этого параметра по сравнению с осадочным комплексом, как минимум в два раза. Это обстоятельство создало хорошие предпосылки для проведения георадарной съемки и выделения отражающих границ от коренных пород, которые и определяют поверхность карьера во время его разработки.

Георадарная съемка дна карьера проводилась по 16 профилям длиной до 20 м, с расстоянием между профилями 2 м и шагом между стоянками по профилю 0,1 м. Для корректной интерпретации радарограмм и с учетом поправок за рельеф проводилась тахеометрическая съемка относительных превышений карьера с межпрофильным расстоянием 2 м и расстоянием между точками по профилю 1 м (рис. 2).

После георадарной съемки было пройдено две канавы Т-2 и Т-3. Для исследований использовался георадар SIR-3000 (GSSI) с антенной 400 МГц. Обработка проводилась с помощью программного обеспечения RADAN 6.6 (GSSI). Перед съемкой были выбраны следующие параметры для сбора данных по точкам: временное окно – 90 нс, число выборок на сканирование – 1024, формат сбора данных – 16 разрядов, число сканирований на метр – 10, диэлектрическая постоянная – 12, число сканирований в секунду на каждой точке – 64.

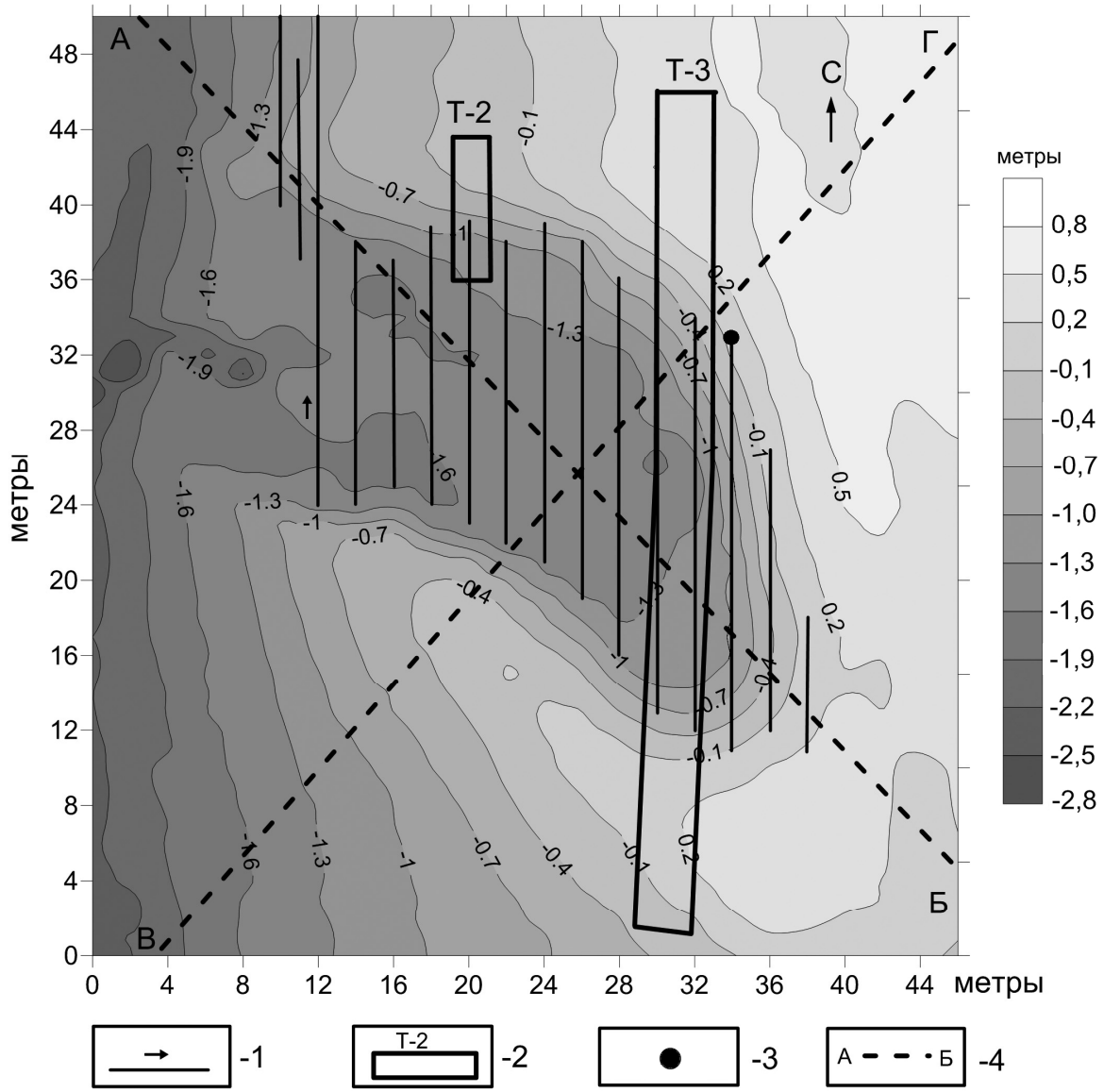

Рис. 2. Результаты тахеометрической съемки современного рельефа рудника:
1 – положение и направление георадарных профилей;
2 – положение канав;
3 – точка, относительно которой рассчитывались значения рельефа;
4 – положения разрезов

Обработка и результаты георадарных исследований

Все профили обрабатывались по одинаковой схеме. Редактирование записанных профилей заключалось в присвоении соответствующим маркерам в базе данных относительных превышений рельефа. Далее проводилась коррекция позиции нуля глубины и времени, фильтрация данных вертикальным фильтром в диапазоне 100–800 МГц, горизонтальная фильтрация для удаления фона с максимальной длиной фильтра, равной числу сканирований. Затем вводились поправки за рельеф.

На рис. За в качестве примера показаны результаты исследований по профилю 011 вдоль западного борта канавы Т-3 после обработки данных георадарной съемки. Интерпретация заключалась в выделении на профиле отражающих границ (рис. 3б). Разрез по этим данным хорошо согласуются с геологическим разрезом

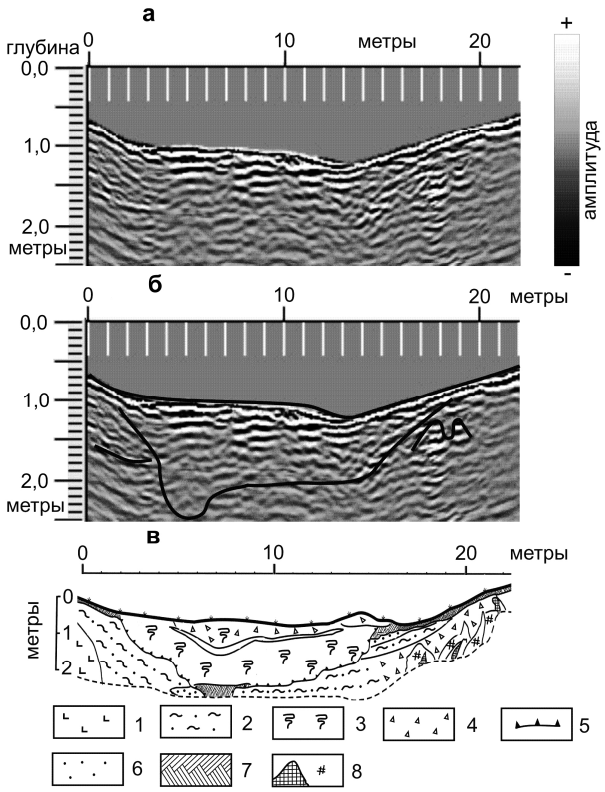

Рис. 3. Результаты обработки георадарного профиля вдоль западного борта канавы Т-3:
а – профиль 011 после обработки;
б – результаты интерпретации профиля 011;
в – результаты геологической съемки вдоль западного борта канавы Т-3.
Условные обозначения:
1 – базальты;
2 – глинистая кора выветривания;
3 – гумусированная погребенная почва;
4 – щебень вмещающих пород;
5 – контур дна древнего карьера;
6 – суглинки;
7 – погребенная почва;
8 – скопления бурого железняка с медной минерализацией

(рис. 3в) по пройденной позднее канаве Т-3. В результате выделено два комплекса: нижний, отбивающий кровлю коренных пород, и верхний, связанный с техногенными или переработанными грунтами и глинистой корой выветривания. На профилях в зоне верхнего комплекса отмечаются слабые отражающие границы, вызванные следами отвалов, погребенных канав и шурфов.

После интерполяции границ между верхними и нижними георадарными комплексами и нормализации глубин этих границ была построена объемная модель рельефа рудника в период его разработки (рис. 4), а также по профилям АБ и ВГ построены разрезы (рис. 5).

Из разреза по линии А–Б видно, что более глубокая часть карьера была расположена в юго-восточной зоне древнего карьера, где находился его забой. Всего из древней выработки было добыто около 230 м^3 материала, что в пересчете на вес

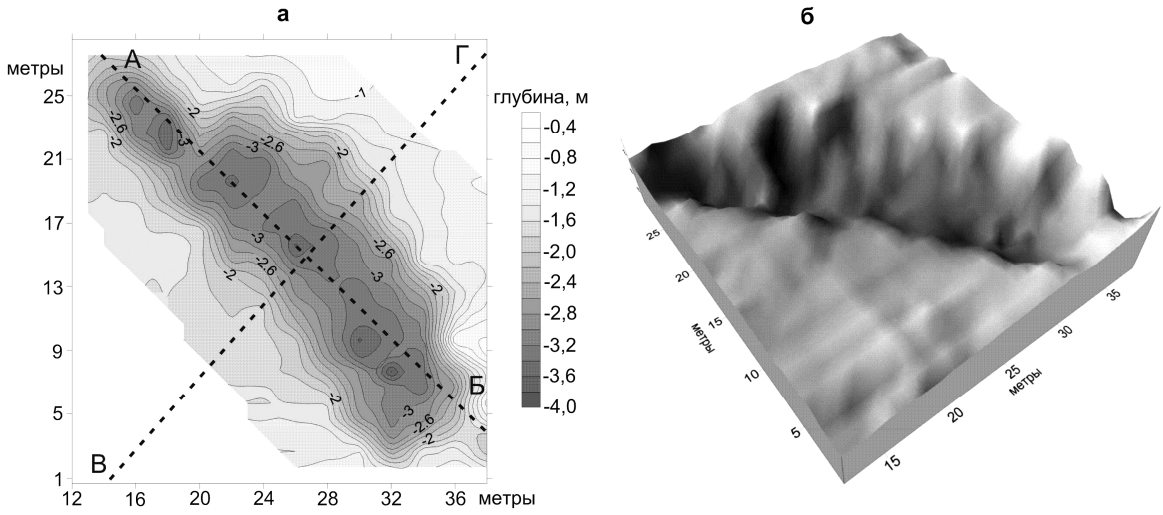

Рис. 4. Рельеф древнего рудника в период его эксплуатации:
а) на плане в виде изолиний и б) в 3-D формате

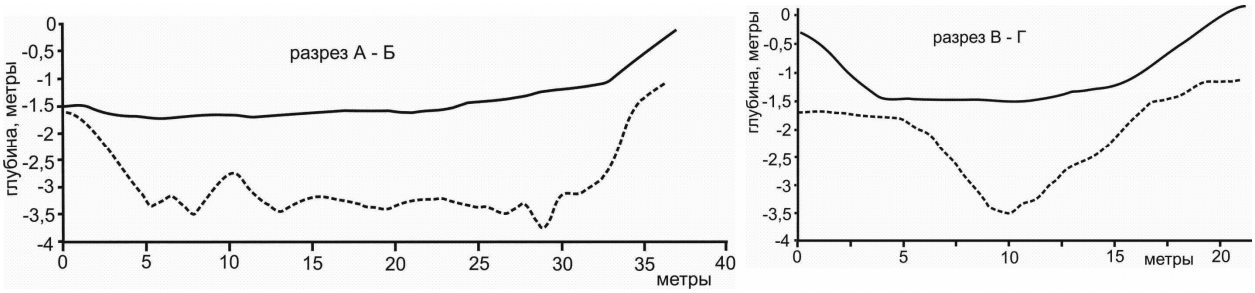

Рис. 5. Разрезы по линиям А-Б и В-Г. Сплошная линия – современный рельеф, пунктирная – древний рельеф по данным георадарной съемки

составляет около 670 т. В древности карьер разрабатывался небольшими уступами высотой 0,75–1,25 м. Угол наклона уступов варьировал в пределах 45–60°. Дно выработки ровное, с небольшим наклоном на юго-восток.

Заключение

Георадарная съемка позволила построить модель древнего карьера. Разработка карьера велась до уровня грунтовых вод (из-за близости реки он не превышал 2–2,5 м от поверхности). Разрабатывались гнезда окисленных руд, сложенные малахитом и азуритом. Оруденение приурочено к зоне контакта вулканогенно-осадочных пород основного состава с хлорит-серицит-кварцевыми метасоматитами. Рудная зона имеет субмеридиональное простирание и сложена серией кулисообразных крутопадающих линзовидных тел бурых железняков, несущих медную минерализацию в виде вкрапленности халькопирита. Добытые руды предварительно обогащались (ручная отборка, обкол, сортировка и отбраковка сырья). Обогащение происходило в специально отведенных местах на промплощадках, которые фиксируются по наличию скоплений мелких (менее 0,5–1 см) обломков почти чистого малахита, полученного в результате дробления добытой «черновой» руды и последующего удаления из нее пустой породы. На руднике обнаружены две промплощадки. Одна из них находится на поверхности одного из отвалов. Вторая – в небольшой промоине, что дает предположение о возможном применении на Новониколаевском руднике технологии «мокрого» обогащения. При таком способе содержание меди в обогащенных рудах увеличивалось в два-три раза и могло достигать 11–16 %. Согласно предварительным расчетам, выполненным А.М. Юминовым с соавторами (Юминов и др., 2013), на Новониколаевском руднике было добыто порядка 130 т медной руды, в которой содержалось около 6,5 т меди. Из такого количества, с учетом неизбежных потерь при металлургическом переделе, можно было выплавить 2,5 т черновой меди.

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 гос. ун-та. Серия «Геоархеология. Этнография. Антропология». Иркутск: ИГУ, 2013. № 1(2). С. 174–195.

Ткачев В.В., Байтлеу Д.А., Носкевич В.В., Юминов А.М., Бебнев А.С., Вдовин А.Г., Анкушев М.Н., Жалмаганбетов Ж.М. Междисциплинарные исследования древнего рудника Шаншар на севере Мугалжарского горно-металлургического центра эпохи поздней бронзы // Тр. филиала Института археологии им. А.Х. Маргулана в г. Астана. Астана, 2013. Т. II. С. 248–263.

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. С. 46–53.

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.