

Григорьев С.А. *Металлургическое производство в Северной Евразии в эпоху бронзы*. Челябинск: Цицера, 2013. 660 с.

Медведева П.С., Алаева И.П., Плеханова Л.Н., Анкушев М.Н. *Междисциплинарные методы исследования в решении проблемы датировки древних горных выработок (на примере рудника Новотемирский в Южном Зауралье) // Археология и естественные науки в изучении культурного слоя объектов археологического наследия: Мат. междисциплинар. науч. конф. / Ред. Коробов Д.С. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. С. 111–117.*

Тевелев Ал. В., Кошелева И. А., Бурштейн Е. Ф., Тевелев Арк. В., Кузнецов И.Е., Попов В.С. *Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-41-XIX (Варна). Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2018. 236 с.*

Ткачев В.В., Байтлеу Д.А., Юминов А.М., Анкушев М.Н., Жалмагамбетов Ж.М., Калиева Ж.С. *Новые исследования памятников горной археологии в Южных Мугалжарах // Труды филиала Института археологии им. А. Х. Маргулана в г. Астана. Астана: Изд. гр. ФИА им. А.Х. Маргулана в г. Астана, 2013. Т. II. С. 264–288.*

Шильников Д. А. *Очерк медных месторождений на Южном Урале в бывшем Троицком округе Уральской области*. 1932.

***И.В. Чечушков<sup>1</sup>, П.С. Анкушева<sup>2,3</sup>, М.Н. Анкушев<sup>2</sup>, Е.А. Баженов<sup>2</sup>, И.П. Алаева<sup>3</sup>***

*<sup>1</sup> – Институт истории и археологии УрО РАН, г. Екатеринбург, [chivpost@gmail.com](mailto:chivpost@gmail.com);*

*<sup>2</sup> – Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, г. Миасс*

*<sup>3</sup> – Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск*

### **Оценка объемов отработанной породы и трудозатрат на древнем руднике Новотемирский**

Рудник Новотемирский представляет собой геoarхеологический объект, состоящий из карьера размером 30 × 40 м и глубиной до 2.5 м от условного нуля на современной поверхности, окруженного отвалами, и примыкающих к нему вертикальных выработок, засыпанных отработанной породой. В ходе обследования через отвалы были заложены четыре разведочные секущие траншеи, отражающие форму отвала и уровень древней дневной поверхности. К юго-востоку от карьера была обнаружена вертикальная горная выработка (шахта-объект 1). В ходе геодезических работ получен топографический план объекта и облако точек рельефа поверхности [Медведева и др., 2018].

Раскопом 2019А была полностью обследована шахта (объект 1), имевшая прямоугольную форму с размерами 2.9 × 2.3 м на отметке –500 см. Ее дно зафиксировано на отметке – 900 см от условного нуля на современной поверхности. На дне обнаружены кости животных и фрагменты керамики алакульской культуры. В 4 м к северу от шахты выявлен металлургический очаг, в своем заполнении содержащий шлаки, уголь, кости животных и технологическую керамику.

На юго-западном участке памятника с целью исследования структуры напластований отвала, основного карьера и поиска датирующего материала, был заложен раскоп 2019Б, общей площадью 160 м<sup>2</sup>. Мощность отвала, расположенного в южной части раскопа, достигает 160 см и представлена слоями щебня серпентинитов, бурого железняка, родингитов, магнетитовых и медных руд, в разной степени насыщенными гумусом. Также раскопом был захвачен заболоченный участок центрального карьера, были получены дан-

ные о его глубине, общей форме и характере заполнения. Раскопом было вскрыто около 12 % площади карьера в пределах отвала. Раскоп доведен до отметки –760 см от условного нуля, после чего остановлен, не достигнув дна. На этом уровне зафиксировано сужение карьера, обозначенного как объект 10. На основе данных георадара можно предполагать, что объект 10 представляет собой шахту, схожую с объектом 1 [Медведева и др., 2019]. В раскопе 2019Б найдены фрагменты костей животных, каменные орудия, в верхнем заполнении основного карьера – современный датирующий материал.

Полученная информация может быть экстраполирована на неизученные раскопами зоны карьера для определения его общего объема. Измерение объема вынудой породы позволяет рассчитать затраты труда на карьере, а в последующем – оценить объемы добытой руды.

Основным аналитическим методом выступает трехмерное пространственное моделирование при помощи средства автоматического проектирования (САПР). Метод позволяет изучить сложный по структуре объемный объект и реконструировать его основные параметры, не прибегая к полным его раскопкам. Натурные обследования памятника дали набор исходных данных для моделирования. К ним относятся: 1) разрезы отвала вокруг карьера; 2) модель высот карьера и отвала, полученная по облаку точек фотограмметрической съемки; 3) разрез карьера на глубину до 7 м от условного нуля. Совмещение этих данных позволяет смоделировать объект средствами автоматического проектирования и вычислить его общий объем. Гипотетическим допущением является то, что объем безвозвратно унесенной породы не вносит существенной погрешности в расчеты.

Приведем пошаговое описание процесса моделирования:

1. По модели высот получено 13 профилей верхней границы отвала, совмещенные затем с разрезами траншей в едином объемном пространстве. По разрезам четырех траншей смоделирована глубина залегания погребенной почвы, маркирующая нижнюю границу отвала.

2. По данным о верхней и нижней границах отвала, полученных по профилям в траншеях и облаку точек, построена его объемная пространственная модель в абсолютных высотах (система высот WGS84, репер – юго-западный угол раскопа 2019А с абсолютной высотой ~401.1 м, по данным модели с разрешением 0.02 м).

3. По профилям раскопа 2019Б (линии 5Л-7Л) экстраполированы верхняя граница заполнения карьера со сброшенным в него отвалом, граница выбранного в древности рудного тела и очертания шахты. Профили в раскопе экстраполированы в четырех направлениях до границы карьера по погребенной почве, а затем в среде САПР построена пространственная модель карьера и придонной части (объект 10). Таким образом, форма карьера отчасти является допущением, хотя в пределы раскопа попало примерно 12 % площади карьера, что принимается как достаточный объем для реконструкции.

4. Построена модель верхнего заполнения карьера, с нижней границей по верхнему профилю сброшенного в карьер отвала и упрощенной плоской поверхностью.

5. Получены данные об объеме каждого из смоделированных тел и произведен расчет общего объема выработки.

Полученные данные:

1. Общий вскрытый объем с плоской верхней поверхностью: 812 м<sup>3</sup>;
2. Объем отвала вокруг карьера: 1030 м<sup>3</sup>;
3. Объем отвала в карьере: 145 м<sup>3</sup>;
4. Объем заполнения от верхней границы отвала до верхней границы реконструированной поверхности: 667 м<sup>3</sup>;
5. Реконструированная площадь шахты на нижней границе раскопа: 45 м<sup>2</sup>.

Неизвестной переменной остается глубина карьера, т. к. его полные раскопки не были произведены. Для ее оценки могут быть использованы полученные выше данные.

Объем оставшегося отвала:

1. Из общего объема отвала вычитаем реконструированный объем грунта снятой поверхности;

2. Из оставшегося объема отвала вычитаем известный объем заполнения карьера;

3. Предполагая, что придонная часть карьера (объект 10) имела форму, близкую цилиндрической, рассчитываем глубину по формуле расчёта объема цилиндра:

$$V = Sh \quad (1),$$

$$h = \frac{V}{S} \quad (2),$$

где  $V$  – объем цилиндра, равный  $220 \text{ м}^3$  (оставшаяся в отвале порода),  $S$  – площадь основания цилиндра ( $45 \text{ м}^2$ , реконструированная нижняя граница карьера в раскопе 2019Б),  $h$  – искомая глубина карьера.

Подставив в формулу (2) данные, получаем  $h$  от верхней границы карьера по раскопанному уровню. Учитывая, что данная граница залегала на глубине 3.6 м от поверхности, и, предполагая, что вымещенный материал замещен осыпавшимся и сформировавшимся грунтом, расчетная глубина карьера составляет около 8–9 м от уровня древней поверхности.

Рассчитанная конфигурация карьера может быть использована для оценки трудозатрат. Исходными данными являются экспериментальные и этнографические наблюдения [Erasmus, 1965; Abrams, 1994], в соответствии с которыми при копке грунта деревянным инструментом трудозатраты составляют  $1.6 \text{ м}^3/\text{человеко-день}$ , а при разработке гранита –  $0.4 \text{ м}^3/\text{человеко-день}$  (из расчета:  $7200 \text{ кг}/\text{человеко-день}$  при плотности  $2900 \text{ кг}/\text{м}^3$ ). Произведем расчет трудозатрат:

1. Общий объем вскрышных работ составлял

2. Трудозатраты при  $1.6 \text{ м}^3/\text{человеко-день}$ : 645 человеко-дней, или 1.7 года.

3. Трудозатраты при  $0.4 \text{ м}^3/\text{человеко-день}$ : 2580 человеко-дней, или 7 лет.

Таким образом, один человек мог потратить от 2 до 7 лет на отработку центрального карьера Новотемирского рудника, без учета операций с рудой и при условии полной занятости. Приведенные расчеты не учитывают прилегающих к основному карьере выработок, чья площадь значительно меньше. Дальнейшее сопоставление полученной информации с данными о количестве руды во вмещающей породе позволит оценить общий объем добытого сырья и, возможно, выплавленного из него металла.

## Литература

Медведева П.С., Алаева И.П., Плеханова Л.Н., Анкушев М.Н. Междисциплинарные методы исследования в решении проблемы датировки древних горных выработок (на примере рудника Новотемирский в Южном Зауралье) // Археология и естественные науки в изучении культурного слоя объектов археологического наследия: Мат. междисциплинар. науч. конф. / Под ред. Д.С. Коробова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. С. 111–117.

Медведева П.С., Алаева И.П., Анкушев М.Н., Носкевич В.В. Геоморфология бортов карьера древнего рудника Новотемирский // V Северный археологический конгресс. 2019. С. 330–333.

Abrams E. M. How the Maya Built Their World: Energetics and Ancient Architecture. Austin: University of Texas Press, 1994.

Erasmus C. J. Monument Building: Some Field Experiments // Southwestern Journal of Anthropology. 1965, № 4. P. 277–301.