



**УСТОЙЧИВОСТЬ ОТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД
ПРИ ОСВОЕНИИ НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

К. Ч. Кожогулов, О. В. Никольская, Б. Т. Джакупбеков

*Институт геомеханики и освоения недр НАН Кыргызской Республики,
E-mail: nikol-48@mail.ru, ул. Медерова 98, Бишкек 720056, Кыргызстан*

Приведены результаты расчета устойчивости склона, на котором планируется разместить отвал. Определено безопасное направление отвалообразования на склоне, обеспечивающее устойчивость отвала при освоении нагорных месторождений Кыргызстана.

Отвал, основание под отвал, несущая способность, устойчивость отвала

STABILITY OF OVERBURDEN DUMPS WHEN MINING MOUNTAINTOP DEPOSITS

K. Ch. Kozhogulov, O. V. Nikolskaya, and B. T. Dzhakupbekov

*Institute of Geomechanics and Exploration, Earth National Academy of Sciences, Kyrgyz Republic,
E-mail: nikol-48@mail.ru, ul. Mederova 98, Bishkek 720056, Kyrgyzstan*

The results of calculating the stability of a slope on which the dump is planned to be placed are presented. Safe direction of dumping on the slope is determined, which ensures the slope stability during mining mountaintop deposits of Kyrgyzstan.

Dump, dumping ground, load-bearing capacity, dump stability

Безопасное складирование вскрышных пород на горных склонах при освоении золоторудных нагорных месторождений является одной из сложных задач, которые необходимо решать во время работы рудника [1]. Отвалы при освоении высокогорных месторождений размещают на склонах в непосредственной близости от карьера в близлежащих саях на склонах, крутизна которых изменяется в пределах от 10 до 20° на высоте от 3 500 до 4 000 м над уровнем моря. На устойчивость таких отвалов кроме параметров самого отвала (высота и ширины) влияют количество атмосферных осадков, сезонные и суточные колебания температуры воздуха.

В целях определения параметров отвала, при которых обеспечивается безопасное отвалообразование необходимо оценить устойчивость основания проектируемого отвала. Рассмотрим основание под отвал на месторождении Чаарат, где преобладают породы — песчаники, перекрытые наносами мощностью 6.5 м, и массив горных пород, разбитый многочисленными трещинами. Расстояние между субгоризонтальными трещинами составляет от 10 до 20 см, субвертикальными — 10–30 см, средний размер структурного блока не превышает 20 см, что соответствует среднетрещиноватому массиву. При пересчете свойств пород в образце на свойства пород в массиве получено, что предел прочности при сжатии в массиве не превышает значений $\sigma_{сж} = 19.18$ МПа, сцепление пород в массиве $C = 0.40$ МПа, угол внутреннего трения $\varphi = 25^\circ$. При расчете устойчивости основания под отвал использована программа SketchUp, Google Earth program.

Общий вид расчетного склона, на котором планируется разместить отвал, и схема построения 3D объектов отвала представлены на рис. 1 [2, 3].

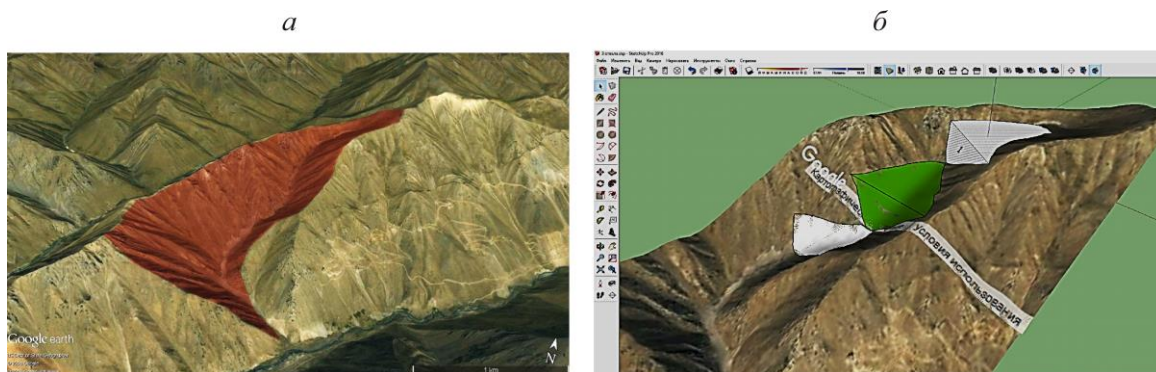


Рис. 1. Местоположение складирования вскрышных пород (а) и построение 3D объектов отвала (б)

Из расчетов и оценки устойчивости основания под отвал определено, что наиболее устойчивый участок основания находится в пределах высоты склона 3058.77–2387.12 м. Согласно проекту, в этом диапазоне планируется разместить отвал.

Отвалы вмещающих пород на наклонном основании находятся в устойчивом состоянии до тех пор, пока в образующей их среде существует достаточная для этого внутренняя связь и сопротивление сдвигу превышает сдвигающие усилия. Устойчивость отвалов зависит главным образом от механических характеристик отвальных масс и пород основания отвалов, технологии формирования отвала, гидрогеологических условий основания, климатических условий района и рельефа местности. Для отсыпаемых отвалов характерны деформации оседания, связанные с уплотнением разрыхленных горных пород. Процесс уплотнения отвалов протекает более интенсивно в первый период после отсыпки отвалов и затухает с течением времени. Наиболее опасными являются развивающиеся во времени сдвиговые деформации типа оползней.

В качестве примере рассмотрено размещение отвала на высокогорном месторождении Кумтор в Кыргызстане. Отвал расположен на склоне переменной крутизны — верхняя часть на склоне крутизной 20°, средняя и нижняя — 10°. Высота отвала составляет 188 м, генеральный угол 16°. Параметры отвала показаны на рис. 2.

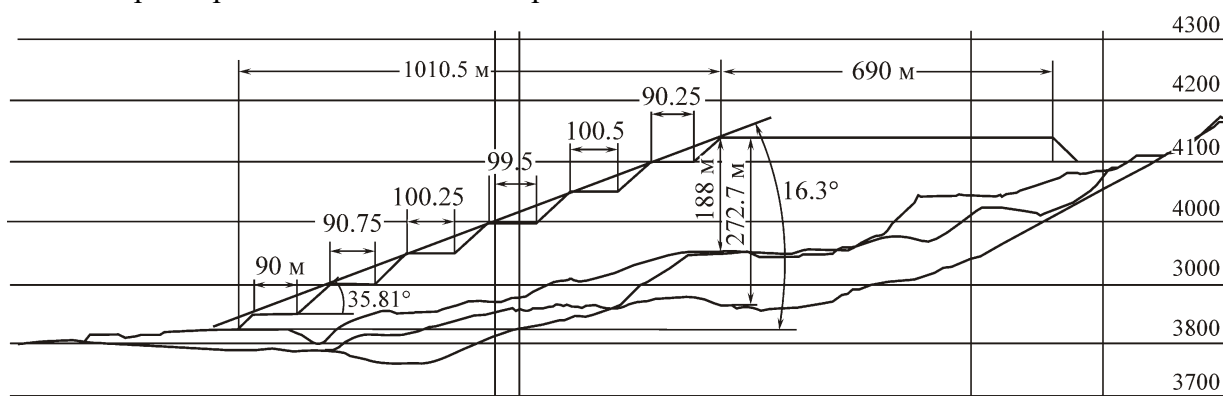


Рис. 2. Поперечный разрез отвала на склоне

Породы отвала будут находиться в равновесии, если силы сопротивления на границе раздела тело отвала – коренные породы выше сдвигающих усилий [4, 5]:

$$\tau_n = \tau_0 + P_n \operatorname{tg} \varphi, \quad (1)$$

где τ_0 — эффективная сила сцепления; φ — угол внутреннего рения, P_n — эффективное нормальное давление.

Коэффициент устойчивости рассчитывают по соотношению удерживающих и сдвигающих сил, т. е. $K_y = \sum F_{\text{удер.}} / \sum T_{\text{сдвиг.}}$.

Поскольку в отвал поступают породы различной крупности, отгрузка вскрышных пород будет проводиться круглогодично, температура и влажность отгружаемых пород будет различной. С учетом этих особенностей расчетный коэффициент устойчивости отвала должен быть не меньше 1.3 [6].

С помощью программы Geostudio slope w [1] осуществлялись расчеты устойчивости основания под отвал и устойчивости непосредственно отвала на склоне. В качестве исходных данных приняты свойства пород основания, которые определяли в лабораторных условиях и пересчитывали на массив: угол внутреннего трения $\varphi = 24^\circ$, сцепление $C = 0.014$ МПа, плотность $\rho = 2650$ кг/м³. Результаты расчета коэффициента устойчивости основания приведены на рис. 3а. При расчете устойчивости отвала на склоне свойства пород приняты: $\varphi = 26^\circ$, сцепление пород в отвале $C = 0.01$ МПа, насыпной вес $\gamma = 1515$ кг/м³. Результаты расчета коэффициента устойчивости отсыпаемого отвала приведены на рис. 3.

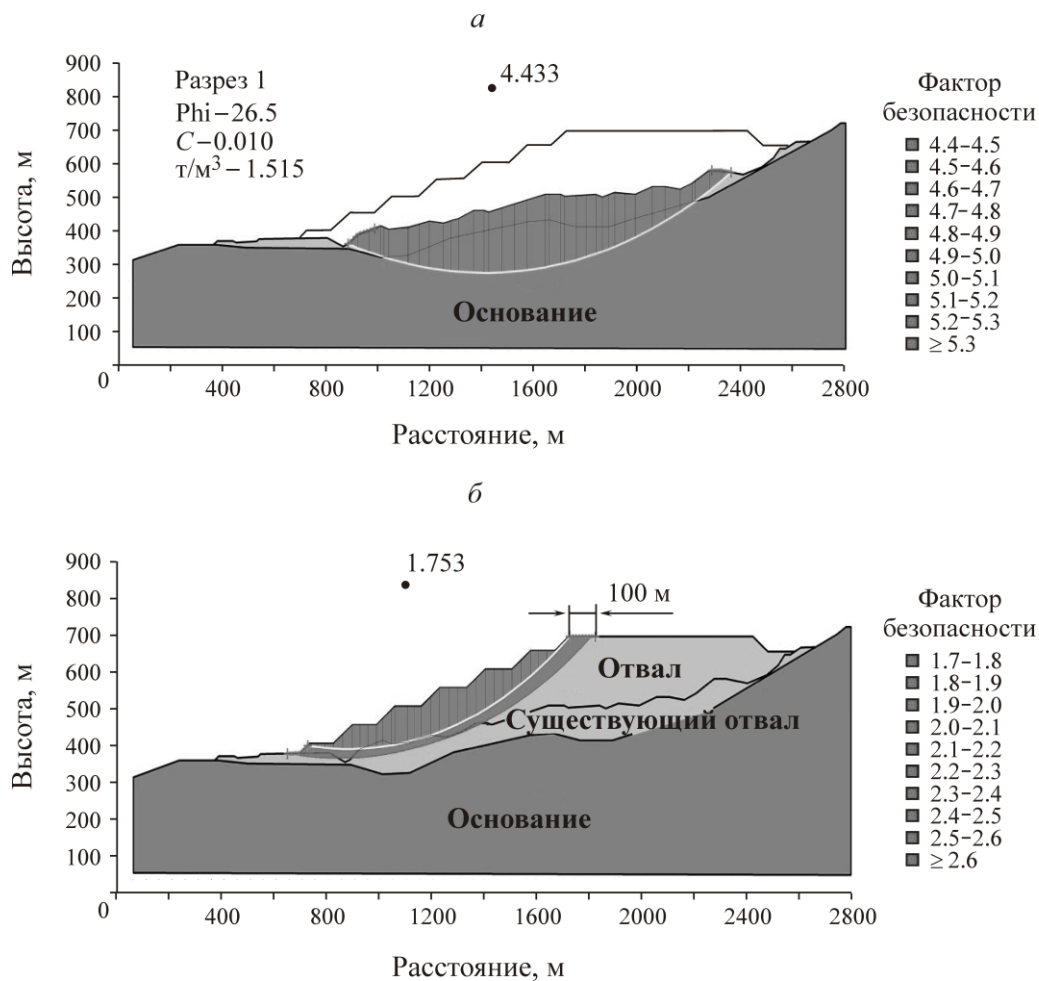


Рис. 3. Результаты расчета коэффициентов устойчивости: а — основания; б — отсыпаемого отвала

ВЫВОДЫ

По результатам расчетов установлено, что значение коэффициента устойчивости основания под отвал составляет $K_y = 2.6$ и непосредственно отвала на этом основании $K_y = 1.56$. Следовательно основание и отвал на этом основании устойчивые. В целях предотвращения внезапной потери устойчивости отвала необходимо отвалообразование начинать с нижней точки сая и вести ярусами высотой, не превышающий 100 м. Для предупреждения смещений пород отвалов верхних ярусов в процессе отвалообразования следует уплотнять отсыпаемые породы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **All-Union norms** of technological design of enterprises of non-metallic building materials: ONTP 18-85. Approved by the USSR Ministry of Construction Materials Industry 20.12.85, Leningrad, Stroyizdat, 1988, 78 pp. [**Общесоюзные нормы** технологического проектирования предприятий нерудных строительных материалов: ОНТП 18-85: Утв. Министерством промышленности строительных материалов СССР 20.12.85]. — Л.: Стройиздат. — 1988. — 78 с.]
2. **Kozhogulov K. Ch., Nikolskaya O. V., and Dzhakupbekov B. T.** Problems of safe dumping in the development of high-altitude deposits, *Modern problems of mechanics*, 2020, vol. 41, no. 3, 110 pp. [**Кожогулов К. Ч., Никольская О. В., Джакупбеков Б. Т.** Проблемы безопасного отвалообразования при освоении высокогорных месторождений // *Современные проблемы механики*. — 2020. — Т. 41. — № 3. — 110 с.]
3. **Eremin G. M.** Physico-technical and geomechanical processes in bulk rocks on slopes, Moscow, Mountain book, 2007, 343 pp. [**Еремин Г. М.** Физико-технические и геомеханические процессы в насыпных породах на склонах. — М.: Горная книга, 2007. — 343 с.]
4. **Kirichenko Yu. V.** Engineering and geological features of the formation of dump massifs, *Mining Industry*, 2002, no. 3. [**Кириченко Ю. В.** Инженерно-геологические особенности формирования отвальных массивов // *Горная промышленность*. — 2002. — № 3.]
5. **Instructions** for monitoring deformations of sides, slopes of ledges and dumps at quarries and developing measures to ensure their stability, Approved by Gosgortekhnadzor of the USSR on July 21, 1970. [**Инструкция** по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. Утв. Госгортехнадзором СССР 21 июля 1970.]