

¹Былин И.П., доц.,²Храмцов Б.А., канд. техн. наук, доц.,²Бакарас М.В., аспирант,²Кравченко А.С., аспирант,²Корнейчук М.А., аспирант¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОТВАЛОВ РЫХЛОЙ ВСКРЫШИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗОЙ СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕГИОНЕ КМА

Данная статья посвящена проблемам формирования отвалов рыхлой вскрыши железорудных карьеров, которые являются сырьевой базой строительства в регионе КМА. В статье рассмотрена актуальность проблемы размещения и оптимизации параметров отвалов, связанная с увеличением объемов добычи железной руды открытым способом, приведены горнотехнические характеристики отвалов железорудных карьеров КМА. Дана характеристика нарушения устойчивости откосов при разработке карьеров, а также параметры крупных оползней, произошедших на отвалах в России за последние 25 лет. На основе горнотехнических характеристик отвалов карьеров разработан комплекс программ для расчета различных геомеханических схем, используемых для определения безопасных параметров откосов отвалов на месторождениях, разрабатываемых открытым способом. Приведены сведения об апробации комплекса программ для решения вопросов рационального использования земель промышленной безопасности и охраны окружающей среды при разработке железорудных карьеров и карьеров строительной индустрии региона КМА.

Ключевые слова: сырьевая база строительства, отвал рыхлой вскрыши, осадочные породы, скальные породы, параметры откосов, характеристики отвалов, оползневые процессы, откос, уступ.

В настоящее время в Российской Федерации в регионе КМА добывается около 60 % железной руды. За последние 15 лет мощность железорудных карьеров АО «Стойленский ГОК», АО «Лебединский ГОК», и АО «Михайловский ГОК» увеличилась практически в два раза, в связи с этим увеличился объем пород вскрыши, которые используются в качестве сырьевой базы строительной индустрии в регионе КМА.

При наблюдаемой тенденции увеличения объемов добычи железной руды открытым способом, все большую актуальность приобретает эффективность отвалообразования, которая предусматривает транспортировку и размещение в пределах земельного отвода пород вскрыши и некондиционных попутно добываемых полезных ископаемых.

На железорудных карьерах КМА объем разрабатываемых вскрышных пород превышает 150 млн. м³ в год. Проблемы размещения и оптимизации безопасных параметров отвалов и их устойчивости в настоящий период времени является важной и актуальной проблемой, от успешного решения которой зависят не только технико-экономические показатели работы ГОКов, но и охрана недр и окружающей среды, а также рациональное использование земель.

В настоящее время методы управления отвалами, обеспечивающими безопасность ведения

горных работ, развиваются по нескольким направлениям, среди которых можно выделить два: технологическое и геомеханическое. Технологическое направление устанавливает параметры отвалов (высота, ширина, длина, угол наклона откосов ярусов, генеральный угол наклона отвала) в зависимости от размеров применяемого оборудования в технологии отвалообразования, схемы отсыпки и возведения отвалов. При этом в расчетах, как правило, используется только одна характеристика отсыпаемых горных пород и грунтов – коэффициент остаточного разрыхления. Поэтому выбор параметров отвалов бескомплексной оценки их устойчивости зачастую приводит к ошибочным или малоэффективным техническим решениям при формировании отвалов.

Исходя из горнотехнических характеристик отвалов железорудных карьеров КМА (табл. 1) следует, что диапазон предельных высот отвалов довольно широкий (от 45 до 172 м при высоте ярусов от 15 до 49 м). Углы откосов ярусов и отвалов изменяются от 5° до 38°. Для железорудных месторождений КМА, разрабатываемых открытым способом, характерно наличие пород разной прочности, изменяющейся в широком диапазоне. Осадочные породы составляют около 55 % и имеют широкое распространение, прочность ко-

торых изменяется от 0,1 МПа до 5,0 МПа. Скальные породы составляют 45 % и имеют предел прочности при одноосном сжатии от 10 МПа до 180 МПа.

Наличие равномерного распределения осадочных и скальных пород, как по площади, так и по глубине железорудных месторождений КМА позволяет формировать техногенные массивы отвалов практически однородной по прочности массой для отвалов рыхлой вскрыши и отвалов скальной вскрыши. Поэтому для каждого тапа породы наблюдается незначительный разброс величин параметров откосов (см. табл.1). Для рыхлых пород высота ярусов отвалов составляет 15–20 м, а угол наклона откоса 33°. Для скальных пород высота ярусов изменяется от 15 до 30 м, а угол наклона откоса составляет 38°.

На железорудных карьерах КМА наибольшее распространение получило экскаваторное отвалообразование с использованием экскаваторов типа механических лопат и драглайнов.

Шагающие драглайны используются для отвалообразования и при железнодорожном и автомобильном транспорте на карьерах со сложным рельефом местности, когда под отвалы отводятся старые гидроотвалы, заболоченные озера, старые русла рек.

Опыт показывает, что схемы отвалообразования драглайнами при использовании автомобильного транспорта очень эффективны при выделении под отвалы площадей со слабыми и наклонными основаниями.

Таблица 1

Горнотехническая характеристика отвалов железорудных карьеров КМА

№ п/п	Название отвала, предприятия	Способ отвалообразования, вид и тип транспортных средств	Параметры отвалов			
			Высота, м		Угол откоса, град	
			Отвала	Яруса	Отвала	Яруса
1	АО «Стойленский ГОК» Северный отвал (смешанные породы)	Экскаваторный (ЭКГ-8УС) с ж.д. транспортом ОПЭ-1 (НП-1) и 2ВС-105	60	23	20	33
2	АО «Стойленский ГОК» Южный отвал (смешанные породы)	Экскаваторный (ЭКГ-8УС) с ж.д. транспортом ОПЭ-1 (НП-1) и 2ВС-105	130	23	33	33
3	АО «Стойленский ГОК» Отвал «Стрелица» (рыхлые породы)	Бульдозерный с автотранспортом БелАЗ-7555	72	20	19	30
4	АО «Стойленский ГОК» Спецотвал мела №3	Отвалообразователем ЗР-5500 с конвейерным транспортом	52	49	24	30
5	АО «Стойленский ГОК» Отвал окисленных кварцитов	Экскаваторный (ЭКГ-8УС) с ж.д. транспортом ОПЭ-1 (НП-1) и 2ВС-105	45	20	35	38
6	АО «Лебединский ГОК» Отвал №1 (скальные породы)	Экскаваторный (ЭКГ-6,3УС) с ж.д. транспортом ОПЭ-1 и 2ВС-105	75÷100	15÷30	15÷26	38
7	АО «Лебединский ГОК» Отвал №2 (рыхлые породы)	Экскаваторный (ЭКГ-6,3УС) с ж.д. транспортом ОПЭ-1 и 2ВС-105	105÷172	15÷20	10÷18	33
8	АО «Михайловский ГОК» Отвал вскрыши №7	Экскаваторный, с ж.д. транспортом	60-75	15-20	5-7	33

Начиная с 60-х годов XX столетия успешно, развивается второе (геомеханическое) направление в решении проблемы управления устойчивостью откосов на карьерах и отвалах. Существенный вклад в решение этой проблемы внесли отечественные ученые – Г.Л. Фисенко [1], П.Н. Панюков, А.И. Ильин, А.М. Гальперин, В.И. Стрельцов [2], И.И. Попов, Р.П. Окатов [3], М.Е. Певзнер [4], М.А. Ревазов, А.М. Демин [5], В.Г. Зотеев, В.Т. Сапожников [6], В.Н. Попов, П.С. Шпаков [7], Ю.И. Кутепов, Б.Д. Половов [8],

Ю.И. Туринцев, В.А. Гордеев [9], Т.К. Пустовойтова, А.М. Мочалов, О.Ю. Крячко [10], Ю.С. Козлов [11], В.П. Будков [12], Ф.К. Незамединов, А.В. Киянец, Ю.Д. Рыбалкин и другие.

В подавляющем большинстве авторами рассматривались вопросы геомеханического обоснования параметров отвалов в различных горно-геологических условиях их формирования в тесной увязке с технологиями отвалообразования и

охраной окружающей среды, а также были разработаны методы эквивалентного моделирования при исследовании устойчивости склона [13].

В настоящее время разработано более 100 методов расчета устойчивости откосов, которые успешно применяются при разработке проектных решений при разработке полезных ископаемых открытым способом в России и за рубежом.

Однако, как показывает практика, в России и странах СНГ ежегодно на железорудных карьерах происходит более 100 нарушений устойчивости откосов. По данным А.И. Ильина среди случаев нарушения устойчивости откосов на железорудных карьерах оползни составляют 42,7 %, обрушения – 20,6 %, осыпи – 14,7 %, оплывины и просадки – по 10 %. При этом 75 % деформаций откосов происходит в слабых песчано-глинистых породах, 25 % – в скальных и полускальных выветрелых и трещиноватых породах. На устойчивость откосов наибольшее влияние оказывают подземные и поверхностные

воды – 49,8 %, недостаточная геологическая изученность и, как следствие, неверно выбранные параметры откосов – 15,4 %, отсутствие заоткоски уступов – 10 %, отклонение от проектных параметров – 8 %, процессы выветривания и климатические условия – 7,7 %, прочие причины – 3,8 %.

Нарушения устойчивости откосов отвалов приводят к мощным оползневым процессам (табл. 2). Причинами этого служит несоответствие основных технологических параметров отвалов, таких как: высота ярусов, углы наклона откосов отвалов, длина рабочего фронта и его скорости продвижения, порядка отсыпки в пространстве и во времени, а также несоответствие способа отвалообразования, конкретным инженерно-геологическим условиям, обуславливающим прочность породных масс отвалов и их оснований.

Таблица 2

Нарушения устойчивости откосов отвалов

№ п/п	Местоположение оползня	Объем, млн. м ³	Год
1	Внешний отвал Норильского ГМК, Россия	60,0	1992
2	Внешний отвал №7 АО «Михайловский ГОК», Россия	20,0	1997
3	Внутренний отвал разреза «Павловский-2», Россия	1,7	2003
4	Внутренний отвал разреза «Северная депрессия», Россия	3,0	2005
5	Внешний отвал №7 АО «Михайловский ГОК», Россия	20,0	2015

В НИУ «БелГУ» разработан комплекс программ для выбора безопасных параметров откосов (Otkos1. Расчет безопасных параметров откосов Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008615512; Otkos.log1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009616344; Slope Stability Calculator Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ), которые позволили построить графики зависимостей условной высоты откоса H' от угла откоса наклона α и условной ширины призмы возможного обрушения призмы V' от условной высоты откоса H' и определить области использования методов расчета для различных геомеханических схем [14]. Графические зависимости построены для коэффициентов запаса устойчивости n_3 от 1,0; 1,5; 1,2; 1,3; 1,5; 2,0. Разработан графо-аналитический метод определения физико-механических свойств пород слагающих откосы отвалов, который основан на результатах обработки оползней, произошедших на отвалах рыхлой вскрыши железорудных карьеров КМА, и аналитический метод определения безопасных параметров откосов отвалов на слабом наклонном основании [15].

Все вышеперечисленные методы выбора безопасных параметров откосов были апробированы при составлении проектов по формированию отвалов рыхлой вскрыши АО «Стойленский ГОК», АО «Лебединский ГОК», АО «Михайловский ГОК», а также при разработке экспертных заключений по промышленной безопасности железорудных карьеров и карьеров строительной индустрии в регионе КМА.

Разработанные методы позволяют управлять устойчивостью откосов уступов при строительстве, эксплуатации, реконструкции и рекультивации отвалов рыхлой вскрыши при разработке месторождений полезных ископаемых, осуществлять мероприятия направленные на повышение безопасности при производстве горных работ, охрану окружающей среды и рациональное использование земельных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965. 377 с.
2. Ильин А.И., Гальперин А.М., Стрельцов В.И. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах. М.: Недра, 1985. 248 с.

3. Попов И.И., Акатов Р.П. Борьба с оползнями на карьерах. М.: Недра, 1980. 240 с.
4. Певзнер М.Е. Борьба с деформациями горных пород на карьерах. М.: Недра, 1978. 265 с.
5. Демин А.Н. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов. М.: Недра, 1973. 232 с.
6. Сапожников В.Т. Решение задачи об откосе выпуклого профиля // Труды ВНИМИ. 1960. № 38. С. 41–53.
7. Попов В.Н., Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л. Управление устойчивостью карьерных откосов: Учебник для вузов. М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2008. 683 с.
8. Половов Б.Д. Решение задач устойчивости откосов в условиях риска // Известия вузов. Горный журнал. 1981. № 4. С. 30–33.
9. Туринцев Ю.И., Половов Б.Д., Гордеев В.А. Геомеханические процессы на открытых горных работах. Свддрловск, 1984. 56 с.
10. Крячко О.Ю. Управление отвалами открытых горных работ. М.: Недра, 1989. 255 с.
11. Козлов Ю.С. Определение параметров призмы возможного обрушения в откосах уступов, бортов карьеров и отвалах // ФТПРПИ. 1972. № 4. С. 73–76.
12. Будков В.П. О построении борта карьера выпуклого профиля // Труды ЦНИИ. 1965. № 5. С. 114–124.
13. Reik G., Teutsch Chr / The Use of Equivalent Models in Slope Stability Investigation // Int. J. Rock. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 1976. Vol. 13. Pp. 321–330.
14. Храмов Б.А., Абдул Батен Абдул Захир, Ростовцева А.А. Разработка и совершенствование методов расчета устойчивости откосов (статья) Proceedings of the XII-th national conference with international participation of the open and underwater mining of minerals, 26-30 June 2013, Varna, Bulgaria Материалы XII-ой национальной конференции с международным участием по открытой и подводной добыче полезных ископаемых, 26-30 июня, Варна, Болгария, 2013, с. 297–301.
15. Храмов Б.А., Лубенская О.А. Анализ методов расчета устойчивости откосов на слабом наклонном основании. Материалы Тринадцатого международного симпозиума "Вопросы осушения, геологии и геоинформатики, геомеханики, специальных горных работ и горных технологий", Белгород. 2015. С. 338–344.

Информация об авторах

Былин Илья Порфирьевич, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

E-mail: bilin1948@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Храмов Борис Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной геологии и горного дела.

E-mail: khramlsov@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Бакарас Мария Вячеславовна, аспирант кафедры прикладной геологии и горного дела.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Кравченко Александра Сергеевна, аспирант кафедры прикладной геологии и горного дела.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Корнейчук Мария Александровна, аспирант кафедры прикладной геологии и горного дела.

E-mail: korneychuk@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Поступила в мае 2018 г

© Былин И.П., Храмов Б.А., Бакарас М.В., Кравченко А.С., Корнейчук М.А., 2018

Bylin I.P., Khramtsov B.A., Bakaras M.V., Kravchenko A.S., Korneychuk M.A.
**STABILITY CONTROL OF THE UNCONSOLIDATED OVERBURDEN IRON ORE DUMPS
 PITS IN KMA**

This article is devoted to the problems of dump formation of the loose overburden iron-ore pits, which are a raw material base of construction in the KMA region. The article considers the relevance of the problem of placement and optimization of the parameters of dumps. It is connected with volume increase in iron ore open way production. There are dumps of iron-ore pits of KMA mining characteristics. There is a loss of stability of slopes during quarrying characteristic and parameters of large landslides, which were in Russia during the last 25 years. On the basis of mining characteristics of quarry dumps a set of programs for calculation of various geomechanical schemes used for determination of safe parameters of dumps slopes on the fields developed by open method is developed. The information about approbation of a complex programs for the solution of questions of rational use of lands, industrial safety and environmental protection at development of iron-ore pits and pits of the construction industry of the KMA region are given.

Keywords: raw material base of construction, dump of the loose overburden, sedimentary rocks, rock, slope parameters, characteristics of dumps, landslide processes, slope, ledge.

REFERENCES

1. Fisenko G.L. The stability of pit walls and dumps. M.: Nedra, 1965, 377 p.
2. Ilyin A.I., Halperin A.M., Streltsov V.I. The management of long stability of slopes on pits. M.: Nedra, 1985, 248 p.
3. Popov I.I., Akatov R.P. The fight against landslides in the quarries. M.: Nedra, 1980, 240 p.
4. Pevzner M.E. The deformation control of rocks in open mines. M.: Nedra, 1978, 265 p.
5. Demin A.N. The stability of open mines and dumps. M.: Nedra, 1973, 232 p.
6. Sapozhnikov V.T. The solution of the problem of convex profile slope. Collection of learned works VNIMI, 1960, no. 38, pp. 41–53.
7. Popov V.N., Shpakov P.S., Yunakov U.L. The management of pit slopes stability: college textbook. M.: The publishing house of Moscow State Mining University, The publishing house «Mining book», 2008, 683 p.
8. Polovov B.D. The solution of the problems of slope stability in conditions of risk. News of Higher Educational Institutions. Journal of mining, 1981, no. 4, pp. 30–33.
9. Juventus Y.I., Polovov B.D., Gordeev V.A. Geomechanical processes in open-pit mining. Sverdlovsk, 1984, 56 p.
10. Kryachko O.U. The management of dumps of open pit mining. M.: Nedra, 1989, 255 p.
11. Kozlov U.S. The determination of the parameters of the prism possible slide in the slopes, of open pit sides and dumps. Journal of Mining Science, 1972, no. 4, pp. 73–76.
12. Budkov V.P. About construction of the open pit side convex profile slope. Collection of learned works Central research Institute, 1965, no. 5, pp. 114–124.
13. Reik G., Teutsch Chr. The Use of Equivalent Models in Slope Stability Investigation. Int. J. Rock. Min. Sci. & Geomech. Abstr, 1976, vol. 13, pp. 321–330.
14. Khramtsov B.A. Abdul Baten Abdul Zahir, Rostovtsev A.A. Proceedings of the XII-th national conference with international participation of the open and underwater mining of minerals, 26–30 June 2013, Varna, Bulgaria, pp. 297–301.
15. Khramtsov B.A. Lubenskaya O.A. Analysis of methods of calculation of stability of slopes in weak sloping bottom. Materials of the XIII-th international symposium "Drainage, Geology and Geoinformatics, geomechanics, special mining operations and mining technologies", Belgorod, 2015, pp. 338–344.

Information about the author

Ilya P. Bilin, Senior lecturer.

E-mail: bilin1948@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Boris A. Khramtsov, PhD, Assistant professor.

E-mail: khramtsov@bsu.edu.ru.

Belgorod National Research University.

Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Mariya V. Bakaras, Research assistant.

Belgorod National Research University.

Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Alexandra S. Kravchenko, Research assistant.
Belgorod National Research University.
Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Mariya A. Korneychuk, Research assistant.
E-mail: korneychuk@bsu.edu.ru.
Belgorod National Research University.
Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Received in May 2018

Для цитирования:

Былин И.П., Храмцов Б.А., Бакарас М.В., Кравченко А.С., Корнейчук М.А. Проблемы формирования отвалов рыхлой вскрыши железорудных карьеров, являющихся сырьевой базой строительства в регионе КМА // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 49–54. DOI: 10.12737/article_5bab4a1b479f78.37504566

For citation:

Bylin I.P., Khrantsov B.A., Bakaras M.V., Kravchenko A.S., Korneychuk M.A. Stability control of the unconsolidated overburden iron ore dumps pits in KMA. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 49–54. DOI: 10.12737/article_5bab4a1b479f78.37504566