

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКИХ КОНВЕЙЕРНЫХ ОТВАЛОВ НА НЕОДНОРОДНОМ ОСНОВАНИИ

Р.Ш. Наимова¹, Б.Р. Раимжанов²

¹ Ташкентский государственный технический университет имени И.А. Каримова,
Ташкент, Узбекистан, e-mail: nrano-67@rambler.ru

² Узбекский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт
геотехнологии и цветной металлургии «УзГЕОРАНГМЕТЛИТИ», Ташкент, Узбекистан

Аннотация: Открытые горные работы развиваются по пути увеличения объемов перемещаемой горной массы с образованием на земной поверхности отвалов вскрышных пород. Для уменьшения занимаемой площади предложено увеличить высоту конвейерных отвалов, отсыпаемых на неоднородном по несущей способности основании консолидными отвалообразователями, отказавшись от сохранения устойчивости системы «отвал – основание», перейдя к управляемому сдвигению пород в отвале при сохранении устойчивости системы «машина – отвал» и обеспечив тем самым безопасность работы отвального оборудования. Такое решение реализуется при отсыпке отвальных заходок узкими полосами при параллельном развитии отвального фронта или переходом на его веерное развитие. В результате была выбрана рациональная схема формирования конвейерных отвалов в карьере Мурунтау. При формировании 2-х ярусного отвала комплекса ЦПТ общей высотой 175–180 м высота нижнего яруса была увеличена с 60 м до 90 м.

Ключевые слова: карьер, конвейерный отвал, отвалообразование, устойчивость, ярус, высота отвала, безопасность работ, ширина заходки, деформация, свойства горных пород, угол естественного откоса.

Для цитирования: Наимова Р.Ш., Раимжанов Б.Р. Разработка технологической схемы формирования высоких конвейерных отвалов на неоднородном основании // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 9. – С. 125–136. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-9-0-125-136.

Process flow chart for high dumping by stacking conveyors on nonuniform base

R.Sh. Naimova¹, B.R. Raimjanov²

¹ Islam Karimov Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan,
e-mail: nrano-67@rambler.ru

² Uzbek Research and Design and Exploration Institute of Geotechnology
and Non-ferrous Metallurgy «O`zGEORANGMETLITI», Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Open pit mining operations expand with increasing volume of overburden removal and dumping on land surface. Aimed to reduce land areas of dumping sites, it is proposed to make higher dumps on the bases of nonuniform load-bearing capacity using stacker conveyors

and cantilever spreaders, without preserving stability of the dump–base system and with transitions to the controllable movement of gangue in the dumps, with retention of the stability in the machine–dump system and maintenance of safe operation of dumping equipment. This design solution is implemented by narrow strip dumping, with parallel advance of the dumping front with its gradual transition to a fan-pattern advance. An efficient process flow chart is selected for high dumping by stacker conveyors at Muruntau open pit mine. In cyclic-and-continuous formation of 2-level dump with overall height of 175–180 m, the height of the lower level is increased from 60 to 90 m.

Key words: open pit mine, stacker conveyor pile, dumping, stability, level, dump height, operation safety, dumping strip width, rock properties, repose angle.

For citation: Naimova R. Sh., Raimjanov B. R. Process flow chart for high dumping by stacking conveyors on nonuniform base. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(9):125-136. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-9-0-125-136.

С развитием открытых горных работ увеличиваются размеры карьеров и объемов перемещаемой горной массы. При этом на земной поверхности из вскрышных пород формируют многоярусные отвалы, в которых высота каждого яруса определяется безопасностью работы отвального оборудования. С этой точки зрения конвейерные отвалы карьера Мурунтау с крупногабаритным отвальным оборудованием (отвалообразователи ОШС 4500/125 и конвейеры с шириной ленты 2 м) можно рассматривать как сложное сооружение, эксплуатируемое в условиях неопределенности, связанной с особенностями инженерно-геологических условий их формирования.

Конвейерные отвалы карьера Мурунтау занимают площадь более 4 км² при длине отвального фронта 2,2 км. Угол падения земной поверхности в направлении подвигания отвального фронта работ составляет 1°.

Изучение инженерно-геологических условий показало, что на глубину до 30 м основание отвалов представлено разнообразными породами с различными инженерно-геологическими характеристиками (выветрелые сланцы различного состава, суглинки, пестро-цветные и коричнево-красные глины, пески глинистые). При этом участки с высокой и

низкой несущей способностью чередуются.

По характеру контакта породы основания разделены на:

- устойчивый (коричнево-красные глины, твердые — сцепление $C = 0,124$ МПа, угол внутреннего трения $\varphi = 21^\circ$);
- ослабленный (суглинок дресвяный, загипсованный — $C = 0,047$ МПа, $\varphi = 26^\circ$);
- слабый (зеленые глины, суглинок просадочный — $C = 0,021$ МПа, $\varphi = 27^\circ$).

Ширина участков со слабым контактом — от 100—150 м до 400 м. Следует отметить, что положение таких участков может быть неизвестно, поэтому в ряде случаев формирование отвалов большой (>0,8÷1,0 км) протяженности происходит в условиях неопределенности. В таких условиях главный фактор повышения безопасности отвалообразования — соответствие высоты нижнего яруса переменной несущей способности основания.

Опыт отсыпки внешних отвалов и анализ научных разработок в этой области свидетельствует о том, что существуют целый ряд технологических схем отвалообразования, направленных на повышение устойчивости и емкости отвалов [1—10]. Среди них: разработка

конструктивных параметров с учетом прочностных свойств отвального массива, улучшение прочностных свойств отвального массива при слоевой укладке разнопрочных пород в один отвал, применение рациональной формы отвала в плане, сезонная отсыпка пород и др. Тем не менее, в этой области существуют еще нереализованные резервы повышения эффективности и безопасности отвалообразования, в частности, при конвейерном транспорте, интерес к которому с предусматриваемым внедрением циклично-поточной технологии (ЦПТ) на крупных рудных месторождениях в последнее время повысился.

В идеале параметры отвалов, отсыпаемых на основание из чередующихся участков со слабыми и прочными контактами пород, в каждый момент времени должны соответствовать несущей способности таких участков. Положение осложняется тем, что часто наличие ослабленных участков выявляется уже в процессе формирования отвала. Общепринятый выход из подобной ситуации — определение проектных параметров отвалов в расчете «на худший» вариант, что уменьшает приемную емкость отвала и ухудшает технико-экономические показатели разработки месторождения.

В первом техническом проекте разработки месторождения Мурунтау с использованием ЦПТ безопасность работы отвального оборудования обеспечивалась отсыпкой конвейерного отвала на предварительно сформированный автомобильный отвал (расстояние перевозки 5 км, объем 4,5÷5,0 млн м³/год). Однако этот вариант реализован не был, а для обоснования высоты яруса были рассмотрены три характерных варианта его возможной деформации [11 — 14]:

- сдвиг по сильному контакту (прочное основание);
- сдвиг по ослабленному контакту (наличие слабого слоя на глубине 4 м);

- сдвиг по слабому контакту (наличие слабого слоя на глубине 12 м);

Анализ полученных результатов показывает, что предельная высота отвала при угле его откоса 36° составляет на устойчивом основании 170 м, на ослабленном — 122 м и на слабом — 69 м [12].

В техническом проекте к реализации принят вариант с высотой нижнего яруса 60 м, гарантирующий безопасность отвальных работ на любом основании, а возможность увеличения высоты яруса было решено проверить на основе изучения закономерностей развития деформационных процессов на конвейерном отвале, высота которого превышает критическое значение для основания со слабыми контактами.

Предпосылками для проведения эксперимента послужил опыт формирования конвейерных отвалов в режиме управляемого сдвижения песчано-глинистых пород при открытой разработке пластового месторождения Учкудук [12]. Высота внешних и внутренних отвалов в этом случае в 2÷4 раза превышала предельно допустимые значения.

Для опытных работ в условиях карьера Мурунтау был выбран участок с ослабленными контактами пород на глубине 4 и 20 м и определена высота отвала (90 м), при превышении которой прогнозировался его переход в режим управляемого сдвижения пород [13]. Процесс деформации отвала и пород основания отслеживался с помощью наблюдательной станции, включающей две профильные линии из 16 маркшейдерских реперов и три тросовых репера на верхней площадке отвала, а также два профиля из 10 инклинометрических скважин в его основании. Отвал отсыпался в два этапа: сначала на высоту 90 м с увеличением до 110 м через 3 месяца.

Анализ результатов наблюдений показал, что деформации отвала связаны

в основном с уплотнением отсыпанных пород под действием сил гравитации. Скорость усадки спланированного отвала составляет 2–4 мм/сут. При этом начало отсыпки пород на откос предыдущей заходки сопровождалось интенсивной (0,5 м/сут) усадкой приоткосной зоны (15 м), затухающей в течение $2 \div 3$ сут.

Что касается напряженно-деформированного состояния основания, то происходившие в период отсыпки высокого конуса незначительные по скорости ($1 \div 2$ мм/сут) пластические деформации через 60 сут после достижения конусом отсыпаемых пород высоты 110 м практически прекратились. При этом поверхность сдвижения потенциального оползня, установленная по инклинометрическим скважинам, проявилась на глубине $18 \div 20$ м.

На основе полученных результатов были сделаны следующие выводы:

- подтвердилась возможность формирования из скальных пород конвейерных отвалов высотой 100 м при наличии слабого контакта в основании отвала;
- вероятность образования оползневого тела сохраняется;
- исследование по определению параметров потенциального оползневого тела и безопасных условий работы отвального оборудования следует продолжить.

За время существования карьера Мурунтау накоплен большой объем фактического материала по физико-механическим и деформационным характеристикам пород в отвалах и их основаниях, особенностям развития процессов деформирования отвалов разной конфигурации на прочном и слабом основаниях. Накопленный опыт позволил в качестве главного направления повышения эффективности отвальных работ принять увеличение вместимости отвалов за

счет формирования высоких ярусов, что потребовало разработки научно-технических основ такого отвалообразования, базирующихся на концепции обеспечения безопасности выполняемых работ. Главным элементом концепции является иерархически построенная структура, в которой устойчивость отвала в целом определяется устойчивостью системы «отвал — основание», а безопасность работы отвального оборудования — устойчивостью системы «машина — отвал» [12]. Указанный подход к обеспечению безопасности отвалообразования способствует правильному пониманию значения устойчивости отвала на разных иерархических уровнях организации работ, позволяет в ряде случаев отказаться от сохранения устойчивости первой системы, перейдя к управляемому сдвигению пород в отвале, но сохранив устойчивость второй системы, обеспечив тем самым безопасность работы оборудования.

Конвейерные отвалы, отсыпаемые консольными отвалообразователями, наилучшим образом соответствуют такой концепции, поскольку оборудование может размещаться на значительном расстоянии от верхней бровки отвала (рис. 1) с возможностью его изменения во время работы. Для обоснования этого расстояния и его поддержания в заданных пределах были проведены исследования, включающие [12]:

- изучение динамики деформационных процессов поверхности отвалов во времени и пространстве с оценкой их влияния на безопасность отвального оборудования;
- обоснование технологических параметров работы отвального оборудования при отсыпке консольным отвалообразователем отвала с высотой яруса 100 м.

Исследования были проведены на конвейерном отвале со средней проектной

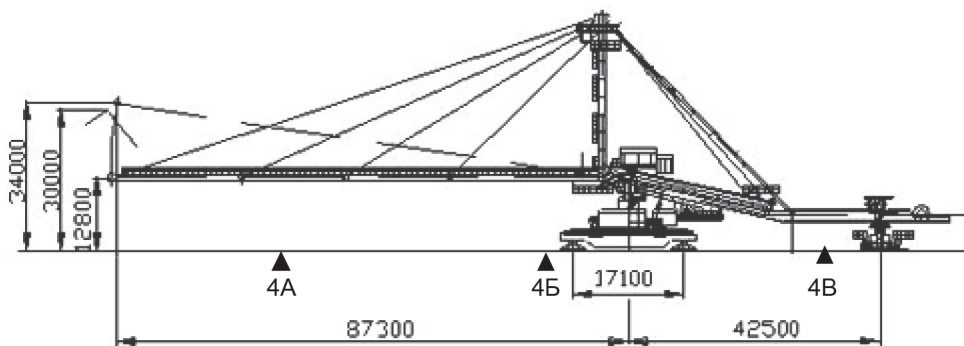


Рис. 1. Технологические размеры отвалообразователя ОШС 4500/125 и схема расположения реперов наблюдательной станции: 4А, 4Б и 4В на расстоянии от оси отвального конвейера $80 \div 100$ м (3 репера), $40 \div 60$ м (3 репера) и $10 \div 12$ м (1 репер) соответственно

Fig. 1. Dimensions of spreader OSHS 4500/125 and check point arrangement of observation stations 4A, 4B and 4C spaced from the stacker conveyor axis at $80-100$ m (3 check points), $40-60$ m (3 check points) and $10-12$ m (1 check point), respectively

высотой 52 м, отсыпаемым консольным отвалообразователем ОШС 4500/125 на основе с переменной несущей способностью пород. Динамика деформационных процессов изучалась на двух наблюдательных станциях (расстояние между станциями 500 м), включающих по 7 рабочих реперов, заложенных поперек отвальной заходки (см. рис. 1). Наблюдения велись в течение четырех месяцев.

Анализ полученных результатов показал, что за время наблюдений осадка отвала у отвального конвейера не превысила 0,20 м, на расстоянии 40 м от оси конвейера по трассе перемещения отвалообразователя — 0,30 м, а на расстоянии 60 м от верхней бровки спланированного отвала составила от 0,70 до 1,20 м.

Характерной особенностью усадки отвалов является процесс трещинообразования со смещением по вертикали смежных участков относительно друг друга. Выполненные исследования показали, что процесс трещинообразования начинается на спланированной заходке через $80 \div 90$ сут после ее отсыпки. При этом в зоне трещинообразования отмечается резкий рост как скорости, так и общей величины смещения пород. Раскрытие трещин достигает $0,25 \div 0,30$ м, а смещение по вертикали изменяется в пределах $0,30 \div 1,80$ м при допустимом для отвалообразователя значении 0,6 м, которое соответствует предельному углу его наклона (3°). В этом случае наибольший интерес представляет не столько время образования, и даже не параметры трещин, а расстояния от

Усадка отвала на разном расстоянии от оси отвального конвейера (через 90 дней после планировки отвала)

Dump shrinkage at different distances from stacker conveyor axis (90 days after dump grading)

Показатели	Значение						
	4В	4Б			4А		
Расстояние от оси конвейера, м	10,5	38,5	48,0	57,5	76,0	84,5	94,0
Усадка, м	0,12	0,18	0,40	0,67	1,30	1,75	2,35

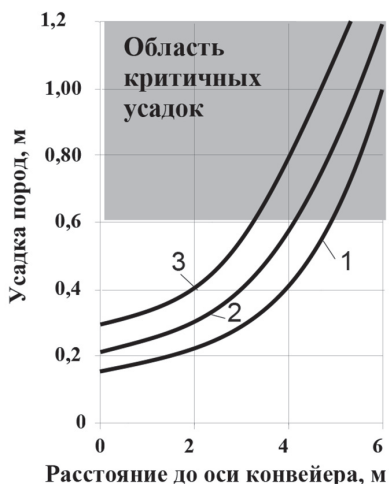


Рис. 2. Зависимость критической усадки пород в отвале от расстояния до оси конвейера при высоте яруса 60 м (1), 90 м (2) и 120 м (3)

Fig. 2. Critical shrinkage of rocks in dump as function of distance from conveyor axis at level height of 60 m (1), 90 m (2) and 120 m (3)

оси отвального конвейера, на котором они проявляются визуально.

Причина неравномерной усадки поверхности отвала и образования усадочных трещин обусловлена особенностями его формирования из конусов осыпавшихся пород, ядро которых уплотнено падающим потоком горной массы, а периферийные части находятся в разрыхленном состоянии. Результаты измерений усадки отвала на разном расстоянии от оси отвального конвейера (через 90 дней после отсыпки) приведены в таблице. Увеличение усадки отвала по мере приближения к его верхней бровке может быть объяснено влиянием свободной поверхности (откоса отвала).

На рис. 2 представлены прогнозные графики зависимости усадки отвала разной высоты от расстояния до оси отвального конвейера с выделением области критических усадок, связанных с трещинообразованием.

Анализ полученных данных показывает, что с увеличением высоты яруса

отвала с 60 м до 90 м и 120 м опасные для отвалообразователя трещины образуются на расстояниях, соответственно, 49, 42 и 32 м от отвального конвейера. Поскольку отвалообразователь всегда должен находиться за пределами опасной зоны, то с увеличением высоты отвала зона его безопасной работы уменьшается, приближаясь к отвальному конвейеру.

Отсыпка отвальной заходки на всю ширину, равную шагу передвижки отвального конвейера (80÷90 м), характеризуется тем, что до тех пор, пока откос отвала не пригужен отсыпавшимися породами, интенсивность его усадки не превышает 1÷5 мм/сут (минимальное значение у конвейерной линии, максимальное — у верхней бровки отвала). В период отсыпки пород на откос предыдущей заходки скорость усадки резко возрастает и достигает 200÷250 мм/сут с образованием ступенчатых трещин. При достижении конусом отсыпавшихся пород высоты, на 8÷10 м превышающей высоту яруса, скорость усадки начинает уменьшаться и постепенно, примерно через 20 сут, стабилизируется на уровне 2÷3 мм/сут.

После передвижки отвального конвейера на отвале высотой 90÷100 м отвалообразователь может находиться от отвального конвейера на расстоянии не более 25÷30 м, располагаясь к нему под углом (рис. 3), и отсыпать породы полосой такой же ширины. И только после отсыпки этой полосы он может быть отодвинут от конвейера, поскольку в результате ее отсыпки из первого положения формируется новая граница отвального яруса, расположенная на 25÷30 м дальше от отвального конвейера. Следовательно, на такое же расстояние отодвигается и зона опасного трещинообразования.

Отвальная заходка шириной 90÷100 м может отсыпаться в 2÷3 приема при раз-

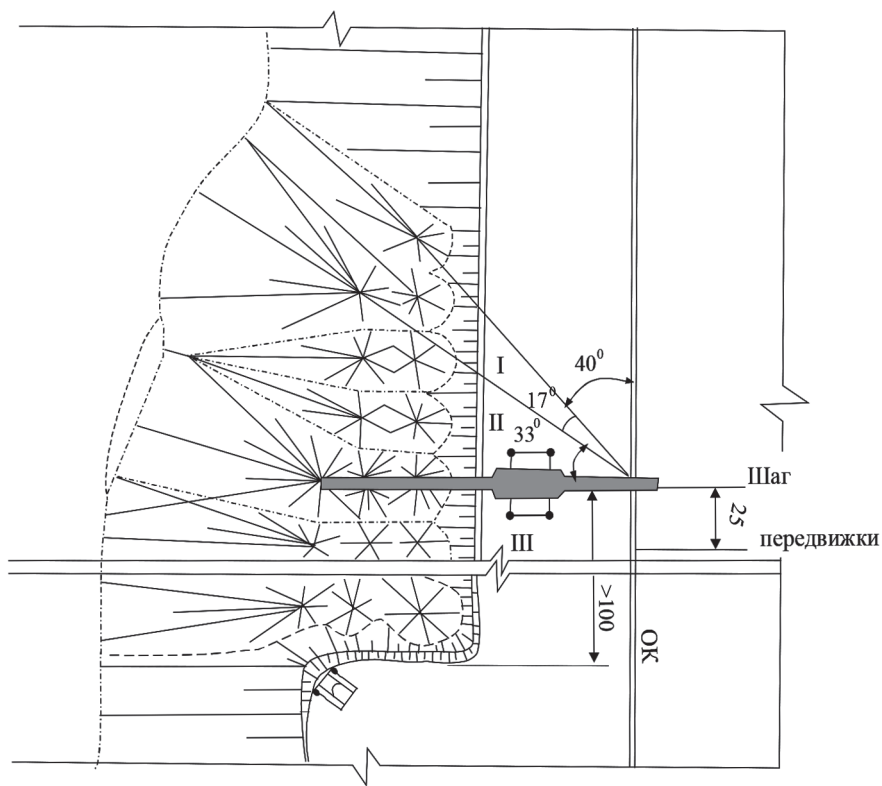


Рис. 3. Схема перемещения отвалообразователя при отсыпке нижнего яруса отвала узкими полосами
 Fig. 3. Movement diagram of spreader in narrow strip dumping of lower level

мещении отвалообразователя к отвальному конвейеру сначала под углом 40° , затем $57 \div 60^\circ$ или сразу 90° .

До начала отсыпки новой заходки скорость вертикального смещения реперов у верхней бровки отвала составила $1,5 \div 2,5$ мм/сут, в середине заходки и у отвального конвейера — $1,0 \div 1,5$ мм/сут. Такая незначительная скорость усадки отвала объясняется тем, что в рассматриваемый период времени откос отвального яруса находился в свободном состоянии.

Отсыпка первой узкой полосой заходки на откос отвала высотой 60 м сопровождалась резким ростом интенсивности деформационных процессов, которая за 20 сут составила по реперам: 4А — 80 мм/сут (1,43 м), 4Б — 14 мм/сут (0,26 м) и 4В — $2 \div 3$ мм/сут (0,05 м).

При этом граница зоны развития ступенчатых трещин с высотой ступени до 0,25 м проходила в $20 \div 30$ м от отвального конвейера. Такие трещины с раскрытием до 0,08 м, не представляющие опасности для отвалообразователя, ликвидировались до его перемещения на новое место работы.

Увеличение глубины карьера Мурунтау с 480 до 600 м сопровождается ростом на 400 млн m^3 объема вскрышных пород, требующих размещения во внешних отвалах [11, 14–16], что обуславливает потребность в дополнительном земельном отводе при увеличении расстояния транспортирования пород. В связи с этим результаты проведенных исследований были использованы при подготовке технологических решений по формированию отвалов без таких

отрицательных последствий, что имеет существенное значение для ЦПТ, эффективно используемой в карьере. При этом возникает вопрос формирования не только высоких ярусов, но и высоких многоярусных конвейерных отвалов.

Для конвейерного транспорта характерно применение прямолинейного фронта развития отвальных работ, длина которого в карьере Мурунтау превышает 2 км. В такой ситуации эффективность отвалообразования зависит от технологических схем формирования отвалов, различающихся затратами времени на передвижку отвальных конвейеров, маневры отвалообразователя, обход мертвых зон, работу в тупиках и другие операции. Доля таких непроизводительных, но технологически необходимых затрат времени зависит от ширины заходки и высоты яруса отвала, и при существующих схемах значительно [12, 13].

Наличие ослабленных участков основания обусловило необходимость разработки технологических схем отвалообразования, гарантирующих безопасность крупногабаритного отвального оборудования на высоких отвалах с любым основанием. В основу разработки таких схем была положена идея создания условий для опережающего образования локальных деформаций, что достигается доведением отвала на локальном участке до критической высоты. Для этого на верхнюю часть откоса отвала консольным отвалообразователем из первого положения (см. пояснения к рис. 3) отсыпают дестабилизирующий конус породы, создавая дополнительную нагрузку на основание отвала. Если основание отвала устойчиво, то деформации отвала не происходит, а если ослаблено, то деформация будет иметь место.

В первом случае после отсыпки породы в конус 1-го ряда последовательно

отсыпаются породы в конусы второго и, если необходимо, третьего ряда. Возможность такой отсыпки пород определяется линейными параметрами отвалообразователя.

Во втором случае, когда дестабилизирующий конус породы инициирует локальную деформацию отвала с образованием оползневого тела, отсыпку пород в конус продолжают до стабилизации оползня. При этом расчетная зона захвата оползня на верхней площадке прямолинейного отвала не превышает 30÷35 м, а оползневое тело создает своеобразный контрфорс, обеспечивая устойчивость отвала в целом. После стабилизации оползня на полученную боковую поверхность отвала последовательно отсыпают следующие ряды конусов породы, которые продолжают формировать оползневое тело, выполняя роль опережающих призм упора. Безопасность отвального оборудования в этом случае обеспечивается.

Другим технологическим решением формирования высоких отвалов на слабом основании является переход от параллельного к веерному развитию отвалов с соответствующим изменением схемы передвижек отвального конвейера. При выборе такого варианта кроме высоты ярусов отвала и несущей способности основания следует учитывать также емкость отвальной заходки, продолжительность одной передвижки отвального конвейера, энергетические затраты на транспортирование.

При веерных передвижках отвального конвейера отвалообразователь начинает отсыпку заходки из самого безопасного положения — от концевого барабана конвейера. В этом случае при его перемещении в сторону приводной станции под острым углом к отвальному конвейеру обеспечивается опережающая отсыпка дестабилизирующего конуса пород в верхней части откоса

отвала. В результате образуется либо упорная призма, либо формируется оползневое тело, которое после стабилизации выполняет роль такой призмы. Результат — гарантия безопасных условий работы отвального оборудования.

На основе выполненных исследований задача выбора рациональной схемы формирования конвейерных отвалов в карьере Мурунтау была решена для комплекса ЦПТ, поточная часть которого состояла из двух конвейерных линий с шириной ленты 2,0 м и двух отвалообразователей ОШС 4500/125 общей производительностью 25,6 млн м³ (66,0 млн т) горной массы в год.

Отвал комплекса ЦПТ общей высотой 175÷180 м состоит из двух ярусов, формируемых отвалообразователями при работе с нижней и верхней отсыпкой пород. Высота 1-го яруса отвала составляет 115 м, из которых 90 м приходится на нижнюю и 28 м на верхнюю отсыпку пород, а высота 2-го яруса — 60 м, из которых 35 м с нижней и 28 м — с верхней от-

сыпкой пород. При этом 1-й ярус отвала отсыпается параллельными, а 2-й — верными заходками (рис. 4). Полученные результаты подтвердили правильность решений по формированию конвейерных отвалов на слабом и неоднородном по устойчивости основании.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать выводы о том, что при конвейерном транспорте:

- устойчивость отвалов, отсыпаемых консольными отвалообразователями на неоднородном по несущей способности основании, следует рассматривать на иерархически взаимосвязанных уровнях: верхнем, на котором устойчивость отвала в целом определяется устойчивостью системы «отвал — основание», и нижнем, на котором безопасность работы отвального оборудования обеспечивается устойчивостью системы «машина — отвал»;
- в ряде случаев целесообразно отказаться от сохранения устойчивости системы «отвал — основание», перейдя

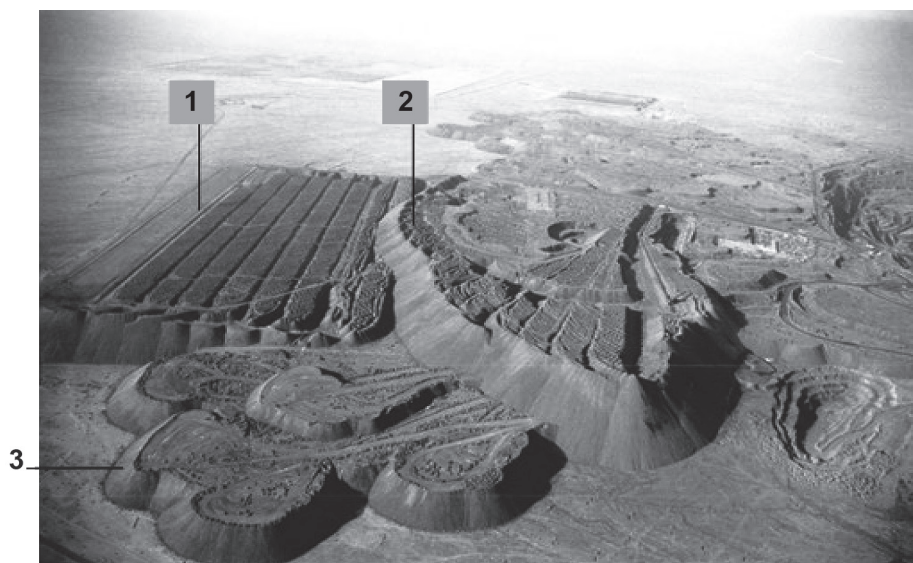


Рис. 4. Схемы развития отвалов карьера Мурунтау: 1, 2 — прямолинейная и веерная при конвейерном транспорте; 3 — криволинейная при автомобильном транспорте

Fig. 4. Schematic expansion of dumps at Muruntau open pit mine: 1, 2 — rectilinear and fan-pattern dumping with stacker conveyor; 3 — nonrectilinear dumping with dump trucks

к управляемому сдвигению пород в отвале, но сохранив устойчивость системы «машина — отвал», обеспечив тем самым безопасность работы оборудования;

- устойчивость системы «отвал — основание» проверяется опережающей породной пригрузкой верхней части откоса отвала, дестабилизирующей его при слабом основании, а устойчивость системы «машина — отвал» — размещением отвального оборудования за пределами зоны опасных деформаций, которая устанавливается предварительными геомеханическими исследованиями;

- технические решения, обеспечивающие опережающую породную пригрузку верхней части откоса при параллельном развитии отвала, предусматривают отсыпку параллельных заходок узкими полосами либо переход на веерное перемещение фронта отвальных работ;

- результаты исследований деформационных процессов конвейерных отвалов карьера Мурунтау, отсыпаемых на неоднородном по несущей способности основании, позволили сделать вывод о том, что деформациями отвалов можно управлять, а предложенные технологические решения обеспечивают безопасность работы отвального оборудования

при увеличении высоты нижнего яруса отвалов по сравнению с проектными значениями в 1,5÷1,8 раза (с 50÷60 м до 90 м).

Заключение

В техническом проекте разработки месторождения Мурунтау высота отвалов на неоднородном основании определялась в расчете на «худший» вариант по минимальной несущей способности, что значительно уменьшало их приемную способность. После проведенных исследований для увеличения высоты отвала было обосновано решение, предусматривающее отказ от сохранения устойчивости системы «отвал — основание», с переходом к управляемому сдвигению пород в отвале при сохранении устойчивости системы «машина — отвал» и обеспечением тем самым безопасности работы отвального оборудования. Такое решение реализуется при отсыпке отвальных заходок узкими полосами при параллельном развитии отвального фронта или переходом на его веерное развитие. В результате при формировании 2-х ярусного отвала комплекса ЦПТ общей высотой 175÷180 м высота нижнего яруса была увеличена с 60 м до 90 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоров Н. А., Иоффе А. М., Галимулин Р. Р. и др. Опыт обеспечения устойчивости уступов, бортов и отвалов карьера Мурунтау // Горный журнал. — 1992. — № 2. — С. 35—38.

2. Левенсон С. Я., Гендлина Л. И., Морозов А. В., Усольцев В. М. Условия эффективного использования вибрационной техники на автомобильных отвалах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — № 5. — С. 230—235.

3. Еремин Г. М. Обоснование выбора эффективной технологии отвалообразования на карьерах без обрушения отвалов с учетом экологических требований // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 5. — С. 44—50.

4. Еремин Г. М. Обоснование принципов и методологии совершенствования технологии отвалообразования на горных склонах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2010. — № 9. — С. 167—171.

5. Suleman H. A., Baffoe P. E. Selecting sites for mine waste dumps using GIS techniques at goldfields, Damang mine // Ghana Mining Journal. 2017. Vol. 17. No. 1. Pp. 9—17.

6. Huang Lei, Zhang Peng, Hu Yigang, Zhao Yang Vegetation succession and soil infiltration characteristics under different aged refuse dumps at the Heidaigou opencast coal mine // *Global Ecology and Conservation*. 2015. No 4. Pp. 255 – 263.

7. Arshi An Reclamation of coalmine overburden dump through an environmental friendly method // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2017. No 24. Pp. 371 – 378.

8. Попов В. Н. и др. Формирование высоких устойчивых отвалов на слабом основании / Открытая добыча полезных ископаемых: Тезисы докладов 6-й Национальной конференции с международным участием. Болгария, Несберг, 2001.

9. Попов С. В. Разработка методов обеспечения устойчивости высоких отвалов на слабом основании. Автореф. дис... канд. техн. наук. — М., 2003. — 22 с.

10. Попов В. Н., Шпаков П. С. Управление устойчивостью карьерных откосов. — М.: Изд-во «Горная книга», 2007. — С. 490 – 500.

11. Кучерский Н. И. Современные технологии при освоении коренных месторождений золота. — М.: Изд. дом «Руда и металлы», 2007. — 696 с.

12. Наимова Р. Ш. Разработка технологии формирования высоких одноярусных отвалов при переменной несущей способности основания: Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. — Навоий, 2005. — 116 с.

13. Клименко А. И. и др. Управляемое сдвижение пород при отсыпке автомобильного отвала // *Горный вестник Узбекистана*. — 2000. — № 1. — С. 24 – 29.

14. Раимжанов Б. Р., Раимов С. С., Наимова Р. Ш. Исследование напряженного состояния прибортового массива при нагружении откоса отвалом // *Горный вестник Узбекистана*. — 2018. — № 1. — С. 22 – 25.

15. Снитка Н. П., Наимова Р. Ш. Направления комплексного использования техногенных ресурсов при открытой разработке месторождения Мурунтау // *Горный журнал*. — 2018. — № 9. — С. 57 – 61.

16. Снитка Н. П., Наимова Р. Ш., Равшанов А. Ф. Совершенствование методов управления техногенными ресурсами при открытой разработке месторождений. — Ташкент: ФАН, 2018. — 252 с. **MIAB**

REFERENCES

1. Fedorov N. A., Ioffe A. M., Galimulin R. R. Pit wall and dump slope stability experience of Muruntau open pit mine. *Gornyi Zhurnal*. 1992, no 2, pp. 35 – 38. [In Russ].

2. Levenson S. Ya., Gendlina L. I., Morozov A. V., Usoltsev V. M. Efficient use conditions of vibration equipment in dumping with dump trucks. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2011, no 5, pp. 230 – 235. [In Russ].

3. Eremin G. M. Justification of efficient dumping technology choice without dump failure and with regard to environment standards. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015, no 5, pp. 44 – 50. [In Russ].

4. Eremin G. M. Justification of ground rules and methodology for technological improvement of dumping on hillside. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2010, no 9, pp. 167 – 171. [In Russ].

5. Suleman H. A., Baffoe P. E. Selecting sites for mine waste dumps using GIS techniques at goldfields, Damang mine. *Ghana Mining Journal*. 2017. Vol. 17. No. 1. Pp. 9 – 17.

6. Huang Lei, Zhang Peng, Hu Yigang, Zhao Yang Vegetation succession and soil infiltration characteristics under different aged refuse dumps at the Heidaigou opencast coal mine. *Global Ecology and Conservation*. 2015. No 4. Pp. 255 – 263.

7. Arshi An Reclamation of coalmine overburden dump through an environmental friendly method. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2017. No 24. Pp. 371 – 378.

8. Popov V. N. Stable high dumping on weak bases. *Otkrytaya dobycha poleznykh iskopaemykh: Tezisy dokladov 6-y Natsional'noy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Open Pit Mining: Proceedings of the 6th National Conference with International Participation. Bulgaria: Nesberg], Bulgaria, Nesberg, 2001.

9. Popov S. V. *Razrabotka metodov obespecheniya ustoychivosti vysokikh otvalov na slabom osnovanii* [Methods of stabilization of high dumps on weak bases], Candidate's thesis, Moscow, 2003, 22 p.

10. Popov V. N., Shpakov P. S. *Upravlenie ustoychivost'yu kar'ernykh otkosov* [Pit wall slope stability control], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2007, pp. 490 – 500.

11. Kucherskiy N. I. *Sovremennye tekhnologii pri osvoenii korennykh mestorozhdeniy zolota* [Modern mining technologies for primary gold deposits], Moscow, Izd. dom «Ruda i metally», 2007, 696 p.

12. Naimova R. Sh. *Razrabotka tekhnologii formirovaniya vysokikh odnoyarusnykh otvalov pri peremennoy nesushchey sposobnosti osnovaniya* [Technology of high single-level dumping at variable load-bearing capacity of base], Candidate's thesis, Navoi, 2005, 116 p.

13. Klimenko A. I. Controllable movement of rock layers in dumping with dump trucks. *Mountain Bulletin of Uzbekistan*. 2000, no 1, pp. 24 – 29. [In Russ].

14. Raimzhanov B. R., Raimov S. S., Naimova R. Sh. Stress-strain analysis of pit wall under loading due to dump. *Mountain Bulletin of Uzbekistan*. 2018, no 1, pp. 22 – 25. [In Russ].

15. Snitka N. P., Naimova R. Sh. Trends of integrated use of waste resources in Muruntau open pit mine. *Gornyi Zhurnal*. 2018, no 9, pp. 57 – 61. [In Russ].

16. Snitka N. P., Naimova R. Sh., Ravshanov A. F. *Sovershenstvovanie metodov upravleniya tekhnogennymi resursami pri otkrytoy razrabotke mestorozhdeniy* [Improvement of open pit mining waste management], Tashkent, FAN, 2018, 252 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Наимова Рано Шукуровна — д-р техн. наук, доцент,
Ташкентский государственный технический университет
имени И.А. Каримова, Ташкент, Узбекистан,
e-mail: nrano-67@rambler.ru,

Раимжанов Бахадиржан Раимжанович — д-р техн. наук, профессор,
Узбекский научно-исследовательский
и проектно-изыскательский институт геотехнологии
и цветной металлургии «УзГЕОРАНГМЕТЛИТИ»,
Ташкент, Узбекистан, e-mail: b.raimjanov@mail.ru.

Для контактов: Наимова Р.Ш., e-mail: nrano-67@rambler.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

R.Sh. Naimova, Dr. Sci. (Eng.), Assistant Professor,
Islam Karimov Tashkent State Technical University,
Tashkent, Uzbekistan, e-mail nrano-67@rambler.ru,

B.R. Raimjanov, Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Uzbek Research and Design and Exploration Institute of Geotechnology
and Non-ferrous Metallurgy «O`zGEORANGMETLITI»,
Tashkent, Uzbekistan, e-mail: b.raimjanov@mail.ru.

Corresponding author: R.Sh. Naimova, e-mail: nrano-67@rambler.ru.

Получена редакцией 29.01.2020; получена после рецензии 29.05.2020; принята к печати 20.08.2020.
Received by the editors 29.01.2020; received after the review 29.05.2020; accepted for printing 20.08.2020.

