

УДК 622.271

РАЗВИТИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО КАРЬЕРА «МУРУНТАУ – МЮТЕНБАЙ»*



А. А. СИЛКИН¹,

начальник научно-исследовательской лаборатории горно-технического моделирования процессов горных работ, канд. техн. наук, Silkin.A.A@vnipt.ru



А. Г. УРЖУМОВ¹,

главный специалист



С. В. РУДНЕВ²,

главный геолог



А. Ф. РАВШАНОВ²,

главный инженер Центрального рудоуправления

¹АО «ВНИПИПромтехнологии», Москва, Россия

²ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат», Навои, Узбекистан

Введение

Карьер «Мурунтау», разработка которого открытым способом осуществляется с 1967 г., на сегодняшний день является одним из крупнейших в мире [1, 2]. По действующему с 2020 г. проекту карьера V очереди он по своим размерам входит в тройку самых крупных карьеров мира, уступая только карьере «Бингем-Каньон», находящемуся в шт. Юта на западе США. При развитии

*В работе принимал участие начальник отдела АО «ВНИПИПромтехнологии» канд. техн. наук А. В. Селезнев.

Выполнен анализ распределения объемов руды по горизонтам с учетом природно-технологических зон, на которые разделен объединенный карьер «Мурунтау–Мютенбай». Рассмотрены варианты развития горных работ в карьере в проектных контурах V очереди до 2030 г.

Ключевые слова: карьер, природно-технологические зоны, календарный план, горная масса, руда, блочная модель.

DOI: 10.17580/gzh.2021.03.01

работ в контурах перспективной VI очереди размеры карьера «Мурунтау–Мютенбай» превысят размеры всех крупнейших карьеров мира.

Развитие горных работ на объединенном карьере

Проект карьера V очереди разработан Государственным унитарным предприятием «Узбекский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт геотехнологии и цветной металлургии («O'zGEORANGMETLITI») в 2018 г. на основе ТЭО кондиций и подсчета запасов, выполненных АО «ВНИПИПромтехнологии» совместно с IntegraGroup LLC и утвержденных ГКЗ РУз в 2016 г. по бортовому содержанию 0,5 г/т [3–5].

Общий вид карьера в конечных контурах показан на **рис. 1**, в границах которого планируется развитие горных работ на десятилетний период (2020–2029 гг.) с учетом достигнутых показателей производительности горнотранспортного оборудования. Проектные параметры карьера приведены ниже.

Промышленные запасы руды, млн т	1622,9
Объем горной массы, млн м ³	2378
Объем вскрыши, млн м ³	1704,1
Средний коэффициент вскрыши, м ³ /т	1,05

СЕРКО ВЛАДИМИР ИОСИФОВИЧ



Родился в 1921 г. в Москве.

В октябре 1940 г. был призван в ряды Красной Армии. Владимир Иосифович воевал в составе Первого прожекторного полка в противовоздушной обороне Москвы, затем старшиной роты запасной стрелковой Муромской дивизии. Демобилизован в 1946 г.

После окончания в 1951 г. Московского автомеханического института начал работать в институте «ВНИПИПромтехнологии» в должностях инженера, старшего инженера-конструктора, начальника СПБ-7, заместителя, а затем и главного инженера проекта Забайкальского горно-обогатительного и Киргизского горно-металлургического комбинатов.

Владимир Иосифович выполнял обязанности главного инженера проекта по технологической части проекта Навоийского горно-металлургического комбината. С его участием запроектированы и введены в эксплуатацию I и II очереди крупнейшего в мире золотодобывающего предприятия Мурунтау. Принимал участие в проектировании и строительстве завода по переработке урановой руды в Венгрии, за что был отмечен благодарственным письмом первого заместителя министра тяжелой промышленности Венгерской Народной Республики.

Владимир Иосифович Серко награжден орденом Отечественной войны II степени, медалями «За оборону Москвы», «За победу над Германией», «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина», орденом Труда I степени ВНР и другими наградами; удостоен почетного звания «Ветеран труда».

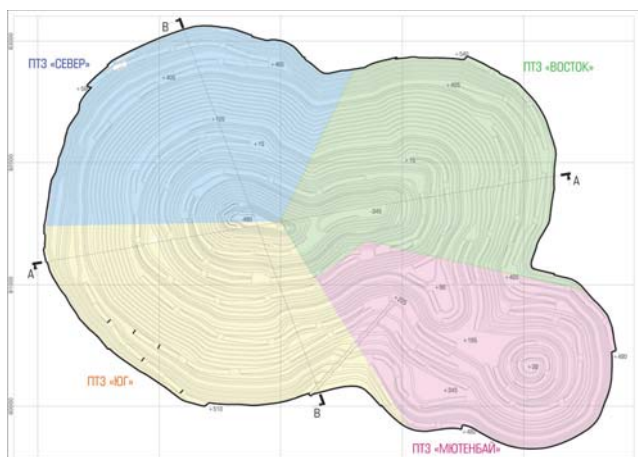


Рис. 1. Объединенный карьер «Мурунтау–Мютенбай» (конечный контур карьера V очереди)

Производительность карьера по горной массе на полное развитие, млн м ³ /год	85
Производительность карьера по руде, млн т/год	47
Длина карьера (в направлении участка Мютенбай), м	4800
Ширина карьера, м	3000
Проектная глубина карьера, м	1010
Срок отработки карьера, лет	40 и более
Годовое понижение горных работ, м	30–60
Плотность горной массы, т/м ³	2,6

Проектные параметры карьера и объемы горных работ определяли по геолого-математической модели (ГММ) месторождения, учитывающей результаты детальной разведки месторождений Мурунтау и Мютенбай, а также данные опробования буровзрывных скважин (эксплуатационное опробование) на этих месторождениях по состоянию на 01.06.2019 г. [6–9].

В планируемых объемах добычи в указанный период запасы руды в контурах карьера IV очереди составляют ~30 %, а металла – около 40 %. Развитие горных работ рассмотрено с учетом понижения в восточном направлении дна карьера ниже границы IV очереди (гор. –75 м) до гор. –150 м и представлено по природно-технологическим зонам (ПТЗ) в следующих объемах:

- зона 6 (Мютенбай) – завершение работ в 2020 г. (гор. +195 м). Объем горной массы 12,8 млн м³, объемы товарной руды с бортовым содержанием 0,5 г/т – 17,02 млн т при среднем содержании 1,15 г/т;
- зона 3 (южный борт, гор. +60 ... –90 м) – завершение работ в 2023 г. на гор. –90 м. Объем горной массы 15,17 млн м³, товарной руды с бортовым содержанием 0,5 г/т – 37,55 млн т при среднем содержании 1,58 г/т;
- зона 4 (юго-восточный борт, гор. +270 ... –75 м) – завершение работ в 2025 г. на гор. –75 м. Объем горной массы 35,5 млн м³, товарной руды с бортовым содержанием 0,5 г/т – 74,6 млн т при среднем содержании 1,26 г/т;

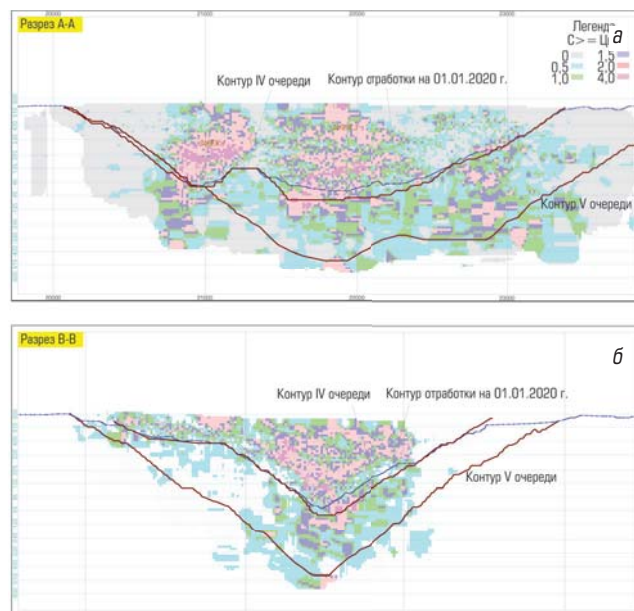


Рис. 2. Разрезы продольный А-А (а) и поперечный В-В (б)

– зона 2 (восточное дно) – понижение от гор. –90 м до гор. –150 м в период с середины 2025 по 2026 г. Объем горной массы 4,55 млн м³, товарной руды с бортовым содержанием 0,5 г/т – 11,58 млн т при среднем содержании 1,94 г/т.

Отрабатываемые запасы в контурах карьера IV очереди ниже гор. +45 м извлекают из рудной залежи № 2, характеризующейся наличием крупного обогащенного столба, тяготеющего к зоне Северо-восточного разлома с субвертикальной ориентировкой при склонении к югу на глубину до гор. –210 м. Эти запасы обеспечивают заданное качество руды в период с 2020 по 2026 г. На разрезах А-А и В-В (рис. 2) показаны контуры руды в соответствии с легендой ГММ (см. рис. 2, а), где видно, что богатая часть месторождения, за исключением оставшихся запасов в контурах карьера IV очереди, практически отработана, а в контурах карьера V очереди отрабатывают фланговые части месторождения. Повышение качества руды наблюдается с глубиной в центральной части месторождения.

Поэтому для оценки направлений развития горных работ по проекту карьера V очереди с учетом горнотехнической обстановки был выполнен анализ распределения руды и металла по горизонтам и ПТЗ, на которые разделен объединенный карьер «Мурунтау–Мютенбай»: «Север», «Восток», «Юг» и «Мютенбай» (см. рис. 1).

ПТЗ «Восток». На восточном борту карьера размещен крутонаклонный конвейер КНК-270, обеспечивающий транспортирование руды с гор. +285 м до поверхности, с ее погрузкой в думпкары или с размещением на усреднительном складе, объемы руды составят свыше 84 млн т за 6 лет.

Объемы товарной руды при заданных нормативах потерь (5 %) и разубоживания (12 %) в диапазоне горизонтов +560 м ... +405 м незначительно превышают 2 млн т (рис. 3, а) на каждом горизонте с весьма низким средним содержанием золота,

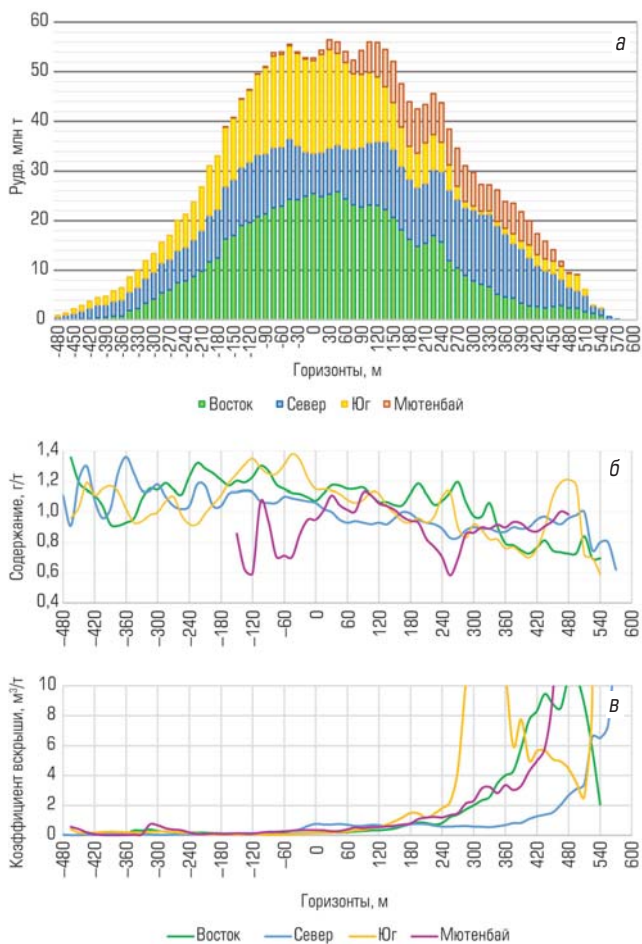


Рис. 3. Распределение товарной руды (а), содержания в ней золота (б) и $K_{вскр}$ (в) по горизонтам и зонам в проектных контурах карьера V очереди

изменяющимся от 0,6 до 0,8 г/т (см. рис. 3, б), при этом коэффициент вскрыши ($K_{вскр}$) превышает 8 м³/т (см. рис. 3, в). С понижением горных работ количество и качество товарной руды медленно возрастает и на гор. +270 м достигает 10 млн т со средним содержанием золота, незначительно превышающим 1 г/т при $K_{вскр} = 1,4$ м³/т. И только при достижении гор. +150 м $K_{вскр} \leq 0,5$ м³/т, а количество товарной руды на горизонте приближается к 20 млн т со средним содержанием золота около 1 г/т. По рассматриваемым диапазонам горизонтов (+560 ... +405 ... +270 ... +150 м) объемы вскрыши составляют соответственно 191, 155,4 и 96,5 млн м³.

Учитывая горно-технологические условия и значительную экономию при транспортировании руды КНК-270, развитие горных работ и демонтаж конвейера и перегрузочного пункта ППК-3 на восточном борту карьера отложены до завершения отработки запасов карьера IV очереди.

ПТЗ «Север». Разнос северного борта по проекту карьера V очереди начат в 2019 г. с понижением на четыре уступа в течение года до гор. +525 м, поэтому на диаграмме распределения руды по обрабатываемым горизонтам (см. рис. 3, а) количество ее минимальное, а $K_{вскр} > 6$ м³/т.

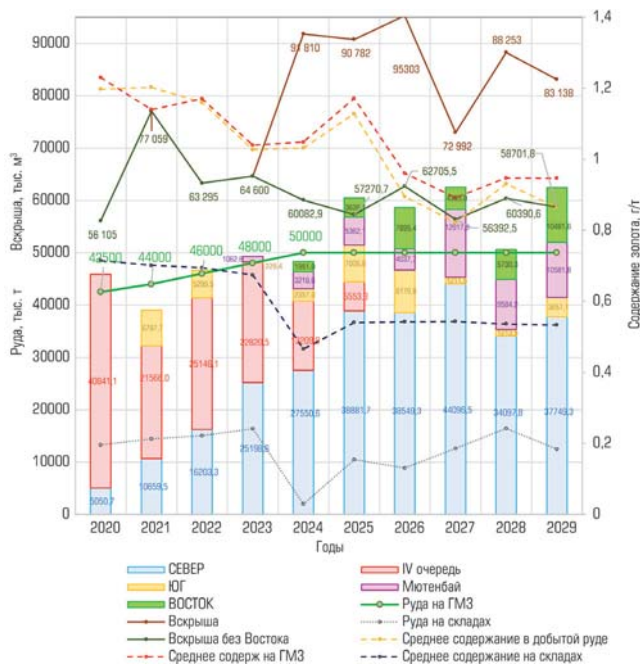


Рис. 4. Календарный график добычи товарной руды по зонам

С понижением горных работ количество и качество товарной руды медленно возрастают и на гор. +390 м ее объемы превышают 11 млн т со средним содержанием золота 0,8 г/т и более при $K_{вскр} = 0,83$ м³/т. Далее при понижении горных работ до гор. +60 м коэффициент вскрыши изменяется в диапазоне $0,54 \leq K_{вскр} \leq 0,81$ м³/т, а количество товарной руды – в диапазоне от 10 до 14,7 млн т со средним содержанием золота около 0,85 г/т. При этом объем вскрыши до 2030 г. составит 210,4 млн м³. Для транспортирования этих объемов на северном выезде из карьера к концу 2020 г. предполагалось закончить строительство конвейерной линии с двумя дробильно-перегрузочными пунктами (ДПП) и с отвалообразователем, который формирует первую очередь отвала в объеме 186 млн м³ с последующим его расширением.

Руду доставляют на перегрузочный пункт ППК-1, расположенный на западном борту карьера, который в проекте карьера V очереди не получает развития. Объем товарной руды, добываемой из зоны за рассматриваемый период, составляет 277,3 млн т, при этом доля руды из ПТЗ «Север» в годовой добыче возрастает с 11 % в 2020 г. до 76 % в 2028 г. с изменением среднего содержания металла в диапазоне от 0,8 до 0,96 г/т. Как следует из календарного графика (рис. 4), работы на северном борту имеют интенсивное развитие, так как запасы руды составляют наибольшее количество из всех зон на верхних горизонтах (см. рис. 3, а), хотя и невысокого качества ($C_{ср} = 0,85$ г/т).

Первоочередное развитие работ в данной зоне обусловлено также тем, что на I этапе развития карьера V очереди проектом предусмотрена проходка первой очереди наклонных конвейерных и вспомогательного стволов с выходом двух горизонтальных выработок на северо-западный борт карьера на гор. +390 м, вскрытие которого планируется в 2024 г. с монтажом в них конвейерных

линий. Для доставки руды к наклонному транспортному стволу на гор. +405 м формируют транспортную берму по всему контуру карьера, от которой отстраивают выездные траншеи: на севере на гор. +580 м; на юге на гор. +510 м; на северо-востоке на гор. +540 м; на участке Мютенбай два выезда на гор. +480 м – с западной и восточной сторон.

Проходка второй очереди наклонных конвейерных и вспомогательного стволов с выходом двух горизонтальных выработок на борт карьера запланирована на гор. +90 м. Гор. +105 м также является опоясывающим по всему контуру карьера.

Связь между горизонтами +390 и +105 м организована по двум скользящим съездам на юге и востоке карьера «Мурунтау».

ПТЗ «Юг». Разнос южного борта по проекту карьера V очереди начат в 2020 г., в течение которого выполняли вскрышные работы в объеме 14 млн м³ в юго-западной его части. На участке работ залегает рудное тело от поверхности до гор. +420 м с объемом товарной руды около 17,9 млн т со средним содержанием золота 1,06 г/т, в котором селективно выделили более 50 % запасов со средним содержанием металла около 1,5 г/т. В данной зоне до гор. +285 м кроме этих запасов практически выняли только вскрышные породы (см. рис. 3, а). С понижением количество запасов постепенно увеличивали с 2,5 млн т (гор. +270 м) до 10 млн т на гор. +135 м со снижением $K_{\text{вскр.}}$ с 4 до 0,7 м³/т (см. рис. 3, в).

В целом за рассматриваемый период отгрузили 214,3 млн м³ вскрышных пород и 25,5 млн т товарной руды, в объеме годовой добычи количество которой составит в 2023 г. чуть более 0,5 %, а в остальные годы – от 2 до 7 % (2024–2029 гг.), до 11,4 % (2022 г.) и 17,4 % (2021 г.).

С 2021 г. по существующей конвейерной трассе МК-2 у выхода траншей для наклонного конвейера на поверхность установят ДПП (12 млн м³/год) для перемещения вскрышных пород в отвал суммарным объемом 278,8 млн м³.

В 2024 г. сформируют транспортную берму по западному борту, постоянно связывающую ПТЗ «Север» и «Юг» с понижением горных работ; на южном борту начнут формирование наклонной траншеи для конвейерной линии от гор. +495 до гор. +225 м.

ПТЗ «Мютенбай». Вскрытие зоны в контурах карьера V очереди начнут с перемещения отвалов в ее юго-западной части в 2021 г. в объеме 24,4 млн м³ и в объеме 17,8 млн м³ в 2022 г. в восточной части.

Залежи месторождения Мютенбай простираются на юго-восток с падением на северо-запад под углом около 40° с достаточно выдержанной мощностью от 150 до 200 м. Параметры залежи, в частности угол падения, определили размеры зоны, которые по поверхности с запада на восток достигают 2 км и с юга на север 1,5 км. Количество горной массы в зоне составляет 469,6 млн м³, этот объем включает 22,7 % руды со средним содержанием золота около 1 г/т. На графике (см. рис. 3, а) видно, что с понижением между горизонтами +480 ÷ +270 м объем товарной руды постепенно возрастает до 10 млн т, удерживаясь на этом уровне до гор. +225 м с последующим постепенным уменьшением.

В объеме добычи за рассматриваемый период доля запасов данной зоны незначительная, она изменится от 1 до 5,3 млн т с 2023 по 2026 г., а с 2027 г. составит более 10 млн т при вскрытии горизонтов ниже отм. +390 м.

Для перемещения значительных объемов вскрышных пород на юге зоны с 2022 г. введут в действие ЦПТ-порода «Юг» с установкой двух ДПП суммарной производительностью 24 млн м³/год, с магистральным конвейером и отвалообразователем. Это позволит перемещать в отвалы совместно с конвейерной линией МК-2 породы в объеме 36 млн м³/год, что составит 77–94 % суммарного объема вскрышных пород ПТЗ «Юг» и «Мютенбай».

Анализ распределения горной массы и руды по зонам позволил разработать в соответствии с плановыми показателями календарный график до 2030 г. (см. рис. 4), на котором показано количество товарной руды и руды на складах (на конец года) из текущей добычи с соответствующим им содержанием золота, а также объемы руды, подаваемой на гидрометаллургический завод (ГМЗ), и вскрышных пород. В отдельные годы (2021, 2024 и 2028 гг.) объем товарной руды, добываемой из карьера, недостаточен для формирования плана и будет восполнен со складов. В целом, начиная с 2022 г. объем вынимаемой из карьера горной массы возрастет до 85 млн м³.

В 2029 г. доля зоны «Север» в годовом объеме переработки составит 73,3 %, а доля ПТЗ «Мютенбай» – 20,8 %. Предварительные оценки в части формирования плана на 2030 г. со средним содержанием металла в товарной руде $C_{\text{тов}} \geq 1$ г/т показали, что необходимо увеличение объемов горной массы на 30 %. При этом доля зоны «Север» в годовом объеме добычи снижается до ~46,3 %, и для повышения качества руды на 27 % добычу направят на склад, что позволит увеличить содержание золота в подаваемой на ГМЗ руде на 15 %. Из зоны «Юг» для повышения качества руды на 20 % ее добычи направляются на склад, что позволяет повысить содержание полезного компонента в подаваемой на ГМЗ руде на 12 %. Дальнейшее развитие горных работ в действующих зонах не позволит сформировать план с заданными показателями, что объясняется незначительным количеством руды в зонах «Юг» и «Мютенбай» на горизонтах в диапазоне +390 ... +150 м (см. рис. 3, а) и уменьшением объемов руды в зоне «Север» с $C_{\text{тов}} \geq 1$ г/т (см. рис. 3, б) в диапазоне горизонтов от +90 до –120 м.

Для оценки эффективности развития горных работ в зоне «Восток» выполнены проработки по формированию объемов товарной руды с 2024 по 2029 г. с выемкой горной массы в количестве 30–35 млн м³ в год. На рис. 5 показано положение фронта горных работ на 01.01.2030 г., где можно видеть, что вскрывают гор. +330 м. Так как руда концентрируется вдоль контура отработанного карьера IV очереди, вскрытие предусмотрено с формированием временного борта ниже гор. +480 м. За рассмотренный период объем горной массы составит 190,8 млн м³, товарной руды 33,1 млн т со средним содержанием $C_{\text{ср}} \leq 0,8$ г/т, из которой 7,2 млн т направят на склад, что позволит увеличить содержание металла в руде, подаваемой на ГМЗ, до $C_{\text{ср}} > 0,8$ г/т.

В период вовлечения в отработку зоны «Восток» ежегодный суммарный объем горной массы изменяется в диапазоне от 115,6

до 126 млн м³. Дополнительное количество золота в товарной руде составило 1,6 %, что объясняется весьма малым количеством руды на восточном борту до гор. +300 м (см. рис. 3, а).

Заключение

Отметим, что планирование добычи открытым способом (OPMSP) [10–14] – хорошо известная в горном деле комбинаторно-оптимизационная задача, решение которой имеет жизненно важное значение при открытой добыче полезных ископаемых, поскольку экономическая эффективность проекта в значительной степени зависит от тщательного долгосрочного планирования. Сложность выполнения такой задачи заключается в ее масштабах и ограничениях, обусловленных эксплуатационными особенностями, а также с количеством блоков (ПТЗ) на месторождении и продолжительностью планирования работ.

Таким образом, анализ ограничений, обусловленных горнотехническими условиями и направлениями развития горных работ, а также относительно непродолжительный период планирования (10 лет), позволили на основе многовариантной оценки сделать вывод, что для обеспечения требуемого содержания золота в поставляемой на переработку руде необходима интенсификация горных работ до 50–60 млн м³/год на восточном направлении

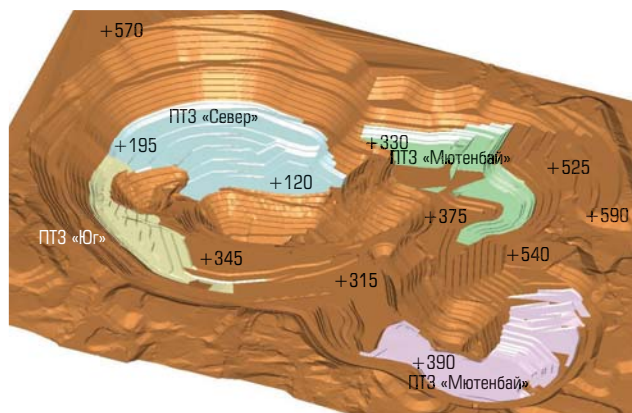


Рис. 5. Положение горных работ на 01.01.2030 г. (цветом выделены контуры добычи 2029 г.)

с сохранением рассмотренных выше объемов добычи по всем зонам. При этом следует добиться формирования устойчивого плана с заданными показателями с учетом «Программы дополнительных мер увеличения производства драгоценных металлов по НГМК на период до 2026 года» и далее до 2040 г.

Библиографический список

1. Санакулов К. С. НГМК – лидер горнодобывающей отрасли Узбекистана // Горный вестник Узбекистана. 2018. № 4(75). С. 8–13.
2. Санакулов К. С., Тагаев И. А. Возможности переработки минерализованной массы рудника «Мурунтау» и хвостов золотоизвлекательной фабрики бактериальным методом // Цветные металлы. 2020. № 2. С. 5–11. DOI: 10.17580/tsm.2020.02.01
3. Йулдошев У. У. Развитие глубокого карьера Мурунтау в новых границах V очереди // Горный вестник Узбекистана. 2016. № 1(64). С. 22–25.
4. Руднев С. В., Равшанов А. Ф., Силкин А. А., Селезнев А. В., Уржумов А. Г. Современные научно-технические и проектные решения по развитию Зарафшанского золотоизвлекательного комплекса // Горный журнал. 2017. № 1. Спецвыпуск. С. 11–15.
5. Равшанов А. Ф., Силкин А. А., Селезнев А. В. Обоснование парка горнотранспортного оборудования в переходный период развития карьера «Мурунтау–Мютенбай» от IV к V очереди // Горный журнал. 2018. № 9. С. 90–96. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.15
6. Йулдошев У. У. Открыто-подземное вскрытие глубоких горизонтов карьера «Мурунтау» // Горный журнал. 2018. № 9. С. 33–37. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.02
7. Чекушина Т. В., Воробьев К. А. Оптимизация контура карьеров с использованием инновационных технологий компьютерной программы «NPV Scheduler и Datamine-Studio 3» // Вестник евразийской науки. 2018. Т. 10. № 1.
8. Мелик-Гайказов И. В., Данилкин А. А. Основные аспекты создания глубокого карьера Ковдорского ГОКа // Горное дело. 2015. № 1(3). С. 15–22.
9. Jélvez E., Morales N., Nancel-Penard P., Peyrouquet J., Reyes P. Aggregation heuristic for the open-pit block scheduling problem // European Journal of Operational Research. 2016. Vol. 249. Iss. 3. P. 1169–1177.
10. Cheban A. Yu., Sekisov G. V., Khrunina N. P., Shemyakin S. A. Upgrading continuous and cyclic excavation and transportation during open-pit mining // Eurasian Mining. 2014. No. 1. P. 22–24.
11. Rybin V. V., Konstantinov K. N., Kalyuzhny A. S. Integrated approach to slope stability estimation in deep open pit mines // Eurasian Mining. 2019. No. 2. P. 23–26. DOI: 10.17580/em.2019.02.05
12. Samavati M., Essam D., Nehring M., Sarker R. A local branching heuristic for the open pit mine production scheduling problem // European Journal of Operational Research. 2017. Vol. 257. Iss. 1. P. 261–271.
13. Lamghari A., Dimitrakopoulos R. Network-flow based algorithms for scheduling production in multi-processor open-pit mines accounting for metal uncertainty // European Journal of Operational Research. 2016. Vol. 250. Iss. 1. P. 273–290.
14. Samavati M., Essam D., Nehring M., Sarker R. A new branching scheme for the open pit mine production scheduling problem // 45th International Conference on Computers and Industrial Engineering. – Metz, 2015. Vol. 1. P. 504–511. [ГЖ](#)

«GORNYI ZHURNAL», 2021, № 3, pp. 66–71
DOI: 10.17580/gzh.2021.03.01

Development of Muruntau–Myutenbai joint open pit mine

Information about authors

A. A. Silkin¹, Head of Science-Researching Laboratory of Mining Technical Modeling of Mining Processes, Candidate of Engineering Sciences, Silkin.A.A@vnipt.ru

A. G. Urzhumov¹, Chief Specialist

S. V. Rudnev², Chief Geologist

A. F. Ravshanov², Chief Engineer at the Central Mine Management

¹VNIPIpromtekhologii, Moscow, Russia

²Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

Muruntau open pit mine has been in operation since 1967 and is one of the largest open pit mines in the world. As per the project of mining phase V effective since 2020, it is among the world's three largest open pit mines.

The distribution of ore reserves per horizons is analyzed with regard to nature-and-process zones delineated in Muruntau–Myutenbai joint open pit mine. The project parameters of the pit and the scope of mining operations were determined from the geological and mathematical modeling including the detailed survey data and borehole assay results.

The open pit mining scenarios within the project limits of mining phase V up to 2030 are considered. The open pit mining scheduling is performed with regard to operational specifics of the deposit, number of nature-and-process zones and duration of the scheduling period.

It is concluded that maintenance of the required gold content of ore to be processed needs stimulation of the annual mining output up to 50–60 Mm³ in the easterly direction of the pit at the preserved production output in all nature-and-process zones. To this effect, it is required to formulate a sustainable action plan, with the assigned performance indicators, with regard to the Extra Activity Program to Improve Production of Precious Metals at Navoi Mining and Metallurgical Combinat over the period to 2026 and further on to 2040.

The authors appreciate participation of Head of a Department at VNIPIpromtekhologii, Candidate of Engineering Sciences A. V. Seleznev in this study.

Keywords: open pit mine, nature-and-process zones, schedule, rock mass, ore, block model.

References

- Sanakulov K. S. Navoi Mining and Metallurgy Combinat—the leader of the mining sector in Uzbekistan. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2018. No. 4(75). pp. 8–13.
- Sanakulov K., Tagaev I. Possibility to use bacteria for processing of mineralized mass of the Muruntau pit and the gold plant tailings. *Tsvetnyye Metally*. 2020. No. 2. pp. 5–11. DOI: 10.17580/tsm.2020.02.01
- Iuldoshev U. U. Expansion of deep open pit mine Muruntau in new limits of phase V. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2016. No. 1(64). pp. 22–25.
- Rudnev S. V., Ravshanov A. F., Silkin A. A., Seleznev A. V., Urzhumov A. G. Advanced scientific-and-engineering solutions and design choices in development of Zarafshan gold mining facilities. *Gornyi Zhurnal*. 2017. No. 1. Special issue. pp. 11–15.
- Ravshanov A. F., Silkin A. A., Seleznev A. V. Evaluation of mining and transport equipment fleet for phase IV–V transition at Muruntau–Myutenbai open pit mine. *Gornyi Zhurnal*. 2018. No. 9. pp. 90–96. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.15
- Iuldoshev U. U. Opencast/underground access to deep levels at Muruntau open pit mine. *Gornyi Zhurnal*. 2018. No. 9. pp. 33–37. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.02
- Chekushina T. V., Vorobev K. A. Optimization of the contour of careers with the use of innovative technologies in the computer program "NPV Scheduler and Datamine-Studio 3". *Vestnik evraziyskoy nauki*. 2018. Vol. 10, No. 1.
- Melik-Gaikazov I. V., Danilkin A. A. Basic aspects of deep open pit mine creation at the Kovdor Mining and Processing Plant. *Gornoe delo*. 2015. No. 1(3). pp. 15–22.
- Jélvez E., Morales N., Nancel-Penard P., Peypouquet J., Reyes P. Aggregation heuristic for the open-pit block scheduling problem. *European Journal of Operational Research*. 2016. Vol. 249, Iss. 3. pp. 1169–1177.
- Cheban A. Yu., Sekisov G. V., Khrunina N. P., Shemyakin S. A. Upgrading continuous and cyclic excavation and transportation during open-pit mining. *Eurasian Mining*. 2014. No. 1. pp. 22–24.
- Rybin V. V., Konstantinov K. N., Kalyuzhny A. S. Integrated approach to slope stability estimation in deep open pit mines. *Eurasian Mining*. 2019. No. 2. pp. 23–26. DOI: 10.17580/em.2019.02.05
- Samavati M., Essam D., Nehring M., Sarker R. A local branching heuristic for the open pit mine production scheduling problem. *European Journal of Operational Research*. 2017. Vol. 257, Iss. 1. pp. 261–271.
- Lamghari A., Dimitrakopoulos R. Network-flow based algorithms for scheduling production in multi-processor open-pit mines accounting for metal uncertainty. *European Journal of Operational Research*. 2016. Vol. 250, Iss. 1. pp. 273–290.
- Samavati M., Essam D., Nehring M., Sarker R. A new branching scheme for the open pit mine production scheduling problem. *45th International Conference on Computers and Industrial Engineering*. Metz, 2015. Vol. 1. pp. 504–511.

УДК 621.039.7:001.89

НОВОЗЕМЕЛЬСКИЙ ПОЛИГОН*



С. Б. КАРАПЕТЯН,
главный инженер проекта, karapetjan.s.b@vniipt.ru
АО «ВНИПИПромтехнологии», Москва, Россия

Введение

В августе 1963 г. СССР, США и Великобритания заключили договор о запрещении ядерных испытаний в трех средах – в атмосфере, под водой и в космосе. Можно было проводить испытания только под землей.

Институт «ВНИПИПромтехнологии» был привлечен к работам на испытательном полигоне после подписания советско-американского соглашения о запрещении испытаний ядерных зарядов в атмосфере, под водой и в космосе и принятия решения о проведении только подземных испытаний. Для проектирования штолен на полигоне нужны были высококвалифицированные инженеры-проектировщики: горняки-подземщики, строители-тоннельщики и другие специалисты, связанные с горной тематикой. Для обоснования безопасности проводимых испытаний в институте была создана рабочая группа, в которую вошли специалисты по физике кинетических (быстропротекающих) процессов, горной физике, расчетчики прочности, горняки, специалисты по определению сейсмического воздействия взрыва. В задачи группы входила оценка расположения зарядов в плане и по глубине для

Приведена краткая информация об испытаниях, проводимых на Новоземельском полигоне. Рассказано о направлении испытаний в различные отрезки времени, о людях, которые обеспечивали реализацию поставленных задач.

Ключевые слова: подземные ядерные испытания, полигон, ядерные центры, головная проектная организация, уникальные технологии, неядерно-взрывные эксперименты, штольня-лаборатория, экологическая безопасность.

исключения их воздействия друг на друга и выхода радиоактивных газов на земную поверхность; механического действия взрыва на массив; расстановки в штольне элементов забивочного комплекса и их прочности; сейсмического воздействия взрыва на сооружения и массив вмещающих пород.

ВНИПИПромтехнологии был в первых рядах в части проектирования и осуществления подземных ядерных испытаний. Это подтверждает высказывание бывшего министра атомной промышленности академика В. Н. Михайлова в предисловии книги «Новоземельский полигон», где он при перечислении организаций, внесших наибольший вклад в создание новых типов ядерного оружия, институт «ВНИПИПромтехнологии» поставил на третье место после ядерных центров ВНИИЭФ и ВНИИТФ.

Еще задолго до заключения вышеупомянутого договора Советский Союз приступил к подготовке проведения подземных ядерных испытаний. На Новоземельском полигоне первые работы по поиску площадки для проведения подземных взрывов были начаты еще в 1959 г. Несколько ранее такие работы были

* При подготовке статьи использованы архивные материалы АО «ВНИПИПромтехнологии».