

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ОБОРУДОВАНИЕ КАРЬЕРА МУРУНТАУ И КРУПНЕЙШИХ МЕДНО- И ЗОЛОТОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ МИРА

Ф.Я. Умаров¹, Г.С. Нутфуллоев¹, У.У. Йулдошев², Я.В. Левченко³,
Д.В. Пастихин³, Ш.Б. Кобилов¹

¹ Филиал НИТУ МИСИС в г. Алмалык, Алмалык, Республика Узбекистан

² АО «НГМК», Навои, Республика Узбекистан

³ НИТУ МИСИС, Москва, Россия, e-mail: levchenko.mggu@mail.ru

Аннотация: Представлено обобщение производственных показателей и показано основное горное оборудование крупнейших медно- и золоторудных карьеров мира. Выполнен анализ структуры парка оборудования, задействованного в работе (буровые станки, экскаваторы и автосамосвалы), в зависимости от процессов и технологии производства открытых горных работ на крупнейших медно- и золоторудных карьерах мира. Для рассматриваемых карьеров обобщены следующие параметры и показатели горного оборудования: средняя емкость ковша экскаваторов, средняя грузоподъемность автосамосвалов, среднее количество автосамосвалов и буровых станков, приходящееся на 1 экскаватор, суммарная емкость ковша экскаваторов и суммарная грузоподъемность автосамосвалов на предприятии, усредненная годовая производительность экскаваторов, приходящаяся на 1 м³ емкости ковша. Приведена зависимость изменения среднегодовой производительности экскаваторов от емкости ковша. Применительно к паркам оборудования горных предприятий, рассмотренных в статье, установлены наиболее используемые автосамосвалы и экскаваторы по моделям и фирмам-производителям. Полученные данные сопоставлены с реализованными показателями производственной деятельности золоторудного карьера Мурунтау. Отражены планы предприятия по наращиванию производственной мощности в целях достижения рекордных показателей по добыче золотосодержащих руд на карьере Мурунтау.

Ключевые слова: карьер, рудник, медь, золото, карьер Мурунтау, производственные показатели, объем добычи руды, объем производства вскрышных работ, горное оборудование, производительность горного оборудования, буровой станок, экскаватор, автосамосвал.

Для цитирования: Умаров Ф. Я., Нутфуллоев Г. С., Йулдошев У. У., Левченко Я. В., Пастихин Д. В., Кобилов Ш. Б. Производственные показатели и оборудование карьера Мурунтау и крупнейших медно- и золоторудных карьеров мира // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2026. – № 7. – С. 32–48. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_7_0_32.

Production indicators and equipment of the Muruntau quarry and the largest copper and gold ore quarries in the world

F.Ya. Umarov¹, G.S. Nutfulloev¹, U.U. Yuldoshev², Ya.V. Levchenko³,
D.V. Pastikhin³, Sh.B. Kobilov¹

¹ Almalyk Branch of NUST MISIS, Almalyk, Republic of Uzbekistan

² NMMC JSC, Navoi, Republic of Uzbekistan

³ NUST MISIS, Moscow, Russia, e-mail: levchenko.mggu@mail.ru

Abstract: This paper presents a review of production indicators and the main mining equipment used at the world's largest copper and gold open-pit mines. An analysis is carried out of the composition of the fleets of primary mining equipment by process (drilling rigs, excavators and haul trucks) and of the open-pit mining technologies employed at the largest copper and gold pits worldwide. For the mines considered, the following equipment parameters and performance indicators are summarized: average excavator bucket capacity, average payload of haul trucks, average number of haul trucks and drilling rigs per excavator, total excavator bucket capacity and total haul truck payload at each operation, and the mean annual excavator capacity per 1 m³ of bucket capacity. The relationship between average annual excavator capacity and bucket capacity variation is presented. With respect to the equipment fleets of the enterprises examined, the most commonly used models of haul trucks and excavators are identified by make and manufacturer. The obtained data are compared with the actual performance figures of the Muruntau gold operation. Plans of the enterprise to increase production capacity in order to achieve record gold-ore production at the Muruntau open-pit are also described.

Key words: open-pit mine, copper, gold, Muruntau mine, production indicators, ore production volume, volume of overburden removal, mining equipment, equipment capacity, drilling rig, excavator, haul truck.

For citation: Umarov F. Ya., Nutfulloev G. S., Yuldoshev U. U., Levchenko Ya. V., Pastikhin D. V., Kobilov Sh. B. Production indicators and equipment of the Muruntau quarry and the largest copper and gold ore quarries in the world. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2026;(7):32-48. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_7_0_32.

Введение

На современном этапе развития открытого способа разработки месторождений крупнейшими по объемам производства горных работ среди рудных карьеров являются предприятия, осуществляющие добычу медных, золотоносных и железных руд. Наибольшие объемы работ по извлечению горной массы (более 250 млн т/год) реализуются на меднорудных карьерах Cerro Verde, Toquepala, Antamina (Перу) [1, 2], Escondida (Чили) [3, 4], Buenavista del Cobre (Мексика) и Morenci (США), а применительно к золотодобывающим пред-

приятиям (более 120 млн т/год) — Мурунтау (Узбекистан) [5, 6], Кумтор (Киргизия) [7, 8], Peñasquito (Мексика) [9], Олимпиадинский ГОК (Россия) [10, 11, 12]. Среди железорудных карьеров одним из крупнейших в мире по объемам производства горных работ (200 млн т/год) является карьер Serra Norte (Бразилия) [James Young, Paul Albers, Luis Tejada. Technical Report Summary of Mineral Reserves and Mineral Resources for Cerro Verde Mine. Freeport-McMoRan. Arequipa, Peru, 2025. 73 p. Technical Report Summary on the Toquepala Operations, Tacna Department, Peru. Wood Group USA,

Inc., Geosyntec Consultants International, Inc., 2025. 265 p.; Lucio Canchis, Fernando Angeles, Hernando Valdivia, Carlos Aguirre. Technical Report on Antamina Mining Operation, Peru. Minera Antamina, Lima, Peru, 2025. 213 p.; Rodrigo Maureira, Francisco Barrera, Andres Salazar. Technical Report Summary – Minera Escondida Limitada SEC S-K 229.1300. Technical Report Summary. BHP Group Limited. Melbourne, Victoria, Australia, 2022. 219 p.; Ronald Turner, Mathew Oommen, Dawn Garcia. Technical Report Summary Southern Copper Corporation: Buenavista del Cobre. Southern Copper Corporation. Tucson, Arizona, USA, 2025. 316 p.; James Young, Paul Albers, Luis Tejada. Technical Report Summary of Mineral Reserves and Mineral Resources for Morenci Mine. Freeport-McMoRan. Arizona, U.S., 2024. 71 p.; Slobodan Jankovic, Boris Kotlyar, Kevin P.C.J. D'Souza. Technical report on the Kumtor mine, Kyrgyz Republic. Centerra Gold Inc. Toronto, Canada, 2021. 118 p.; Donald Doe. Peñasquito Operations Mexico Technical Report Summary. Newmont Corporation, Denver, Colorado, USA, 2022. 152 p.; Craig Fiddes, Jay D. Olcott, Timothy Webber et al. Technical report on the Cortez Complex, Lander and Eureka Counties, State of Nevada, USA, Barrick Gold Corporation, 2022. 304 p.; Dyane Duquette, Andre Leite, Julie Bélanger. Detour Lake Operation Ontario, Canada. NI 43-101 Technical Report. Agnico Eagle Mines Limited, 2024. 545 p.; John Sims. Tasiast Project Mauritania. National Instrument 43-101 Technical Report. Kinross Gold Corporation, 2019. 216 p.; Donald Doe. Boddington Operations Western Australia. Technical Report Summary. Newmont Corporation, Denver, Colorado, USA, 2022. 165 p.]

Особенностью медно- и золотодобывающих карьеров является обработка преимущественно наклонных и крутопадающих рудных залежей, что предо-

пределяет постоянное увеличение текущей глубины карьера и расстояния транспортирования горных пород. При этом практически отсутствуют площади в выработанном пространстве карьера, пригодные для внутреннего отвалобразования [13].

Технология и организация ведения горных работ на рассматриваемых карьерах принципиально не отличаются друг от друга. Горно-геологические условия и параметры рабочей зоны карьера обуславливают использование автомобильного транспорта, а главные параметры карьеров, интенсивность ведения горных работ и постепенное увеличение расстояния транспортирования горных пород определяют необходимость перехода на определенном этапе на циклично-поточную технологию и ввод конвейерного транспорта.

Бурение скважин производится станками шарошечного и пневмоударного бурения. В качестве выемочного оборудования задействуются преимущественно одноковшовые механические лопаты и гидравлические экскаваторы.

Отработка горных пород осуществляется уступами высотой от 10 до 15 м. Предельные и промежуточные контуры карьера формируются из сдвоенных, а иногда и строенных уступов. Средняя плотность пород на рассматриваемых месторождениях варьируется от 2,3 (Кумтор) до 2,76 т/м³ (Олимпиадинский ГОК). Уклон карьерных автодорог изменяется в среднем от 80 до 100%, а ширина транспортных берм — от 30 до 40 м.

Запасы руды на крупнейших месторождениях меди и золота (более 1 млрд т) обеспечивают работу ряда карьеров в течение 20 – 25 лет и более (Cerro Verde, Escondida, Buenavista del Cobre, Мурунтау, Токепала, Morenci и др). С учетом наличия большого объема запасов руды и положительной динамики цен на металлы из добываемых руд (особенно на

золото) предприятия наращивают объемы производства горных работ. Глубина ряда карьеров в конечном положении составит более 1 км (Cerro Verde, Escondida, Мурунтау, Токепала), а размеры в плане более 5,5×3,5 км.

Климатические условия в регионах нахождения рассматриваемых карьеров значительно отличаются. Карьеры расположены как в пустынном сухом климате с малым количеством осадков и нагорным рельефом (Cerro Verde, Escondida, Токепала, Реñasquito), так и в условиях высокогорья (более 4000 м над уровнем моря, Кумтор, Antamina) и резко континентального климата (карьеры Мурунтау и Олимпиадинского ГОКа).

Производственные показатели и парк оборудования карьеров

Выполнено обобщение основных производственных показателей карьеров (см. табл. 1) с их ранжированием по годовому объему производства горных работ.

Среди золоторудных карьеров Мурунтау (Узбекистан) является мировым лидером по ежегодному объему производства горных работ, и по данному показателю он сопоставим с крупнейшими меднорудными карьерами. В 2023 г. на карьере Мурунтау достигнут объем горных работ 287,6 млн т/год. Лишь на карьерах Cerro Verde, Escondida и Viovanista del Cobre реализованные объемы по горной массе выше уровня Мурунтау. Близким по объемам производства горных работ в период 2008–2010 гг. был карьер Grasberg (Индонезия, 250 млн т/год), но в текущий момент времени горные работы на данном предприятии производятся исключительно подземным способом, посредством трех шахт [14, 15].

На карьере Мурунтау в соответствии с планом развития горных работ на 2026 г. предполагается нарастить объ-

ем производства горных работ с 280–290 млн т/год до 390 млн т/год (150 млн м³/год). При этом на карьерах Cerro Verde, Escondida, Токепала в ближайшие временные периоды также планируется увеличить объемы горных работ до 350–410 млн т/год. Успешная реализация запланированных показателей позволит карьере Мурунтау по объемам производства горных работ оказаться в тройке мировых лидеров среди рудных карьеров.

Количество используемого оборудования и показатели его производительности на крупных медно- и золоторудных карьерах приведены в табл. 2. По числу автосамосвалов карьер Мурунтау уступает только карьере Токепала, при этом количество экскаваторов на карьере Мурунтау больше, чем на карьерах-аналогах. Это связано со средней емкостью ковша применяемых экскаваторов.

На середину 2025 г. средняя емкость ковша экскаваторов карьера Мурунтау составляла 18,5 м³ (17,2 м³ в 2023 г.), а средняя грузоподъемность автосамосвалов — 198,5 т (189 т в 2023 г.), что близко соответствует значениям карьеров Кумтор и Олимпиадинского ГОКа. На других крупнейших медно- и золоторудных карьерах средняя емкость ковша экскаваторов изменяется от 30 до 55 м³, а средняя грузоподъемность автосамосвалов варьируется от 267 до 353 т (см. рис. 1).

Основываясь на данных, обобщенных в табл. 2, выполнено построение точечной диаграммы, отражающей среднюю годовую производительность экскаваторов в зависимости от их средней емкости ковша (см. рис. 2). Для анализируемой группы крупнейших золото- и меднорудных карьеров характерно использование более крупных экскаваторов на добыче меди.

По показателям суммарной емкости ковша экскаваторов и грузоподъемности

Производственные показатели крупнейших меднорудных и золоторудных карьеров
Production figures for the largest copper and gold open-pit mines

Предприятия (страна)	Основное полезное ископаемое	Среднегодовые производственные показатели			Текущий коэффициент вскрыши, т/т	Среднее содержание золота, т/год / меди, %	Объем производства золота, т/год / меди, тыс. т/год	Год реализации
		объем горной массы, млн т	объем вскрышных работ, млн т	объем добычи руды, млн т				
Cerro Verde (Перу)	медь	370,0 (план до 410,0 млн т)	212,0	158,0	1,34	— / 0,34	— / 400	среднее значение за 2024 — 2025 гг.
Escondida (без Escondida Norte, Чили)	медь	315,0	75,6	239,4	0,32	— / 0,58	— / 830	среднее значение за 2022 — 2024 гг.
Buenavista del Cobre (Мексика)	медь	300,0	125,0	175,0	0,71	— / 0,36	— / 660	среднее значение за 2024 — 2025 гг.
Мурунтау (Узбекистан)	золото	287,6	246,6	40,95	6,02	1,25 / —	58,1 / —	2023
Toquepala (Перу)	медь	280,0 (план до 350,0 млн т)	225,0	55,0	4,09	— / 0,44	— / 220	среднее значение за 2024 — 2025 гг.
Antamina (Перу)	медь	280,0	230,0	50,0	4,60	— / 0,92	— / 426	среднее значение за 2024 — 2025 гг.
Morenci (США)	медь	260,0	36,5	223,5	0,16	— / 0,22	— / 340	среднее значение за 2024 — 2025 гг.
Grasberg (Индонезия)	золото, медь	250,0	197,0	53,0	3,72	1,3 / 1,07	65,3 / 558	среднее значение за 2009 — 2010 гг.
Кумтор (Киргизия)	золото	191,5	179,7	11,8	15,23	2,08 / —	13,0 / —	среднее значение за 2023 — 2024 гг.
Peñasquito (карьеры Peñasco и Chile Colorado, Мексика)	золото	147,5	116,2	31,3	3,71	0,62 / —	13,2 / —	среднее значение за 2021 — 2024 гг.
Олимпиадинский ГОК (Россия)	золото	135,0	114,3	20,7	5,52	2,79 / —	29,1 / —	2022
Cortez Complex (карьеры Pipeline, Crossroads и Cortez, США)	золото	110,3	88,5	21,8	4,06	1,37 / —	48,9 / —	2023
Detour Lake Mine (Канада)	золото	88,6 (план до 137,6 млн т)	55,2	33,4	1,65	0,85 / —	21,1 / —	2024
Tasiast (Мавритания)	золото	67,0	59,2	7,8	7,59	2,28 / —	18,0 / —	среднее значение за 2023 — 2024 гг.
Boddington (Австралия)	золото	63,8	26,7	37,1	0,72	0,71 / —	22,0 / —	среднее значение за 2021 — 2025 гг.

Таблица 2

Количество задействованного в работе основного оборудования и его производительность
The number of main pieces of equipment in operation and their capacity

Предприятие (страна, год)	Подготовка пород к выемке				Выемочно-погрузочные работы						Транспортирование	
	количество буровых станков, шт.	количество экскаваторов, шт.	емкость ковша (средняя), м ³			количество погрузчиков, шт.	годовая производительность экскаваторов на 1 м ³ ковша, тыс. т/м ³ (тыс. т/год)	количество автосамосвалов, шт.	средняя грузоподъемность по парку автосвалов, т			
			мехлопаты	гидравлические	мехлопаты и гидравлические							
Сerro Verde (Перу, 2024)	16	14	0	45,5	0	45,5	3	581,0 (26 430)	153	274,5		
Escondida (без Escondida Norte, Чили, 2022)	12	11	0	48,7	0	48,7	2	588,0 (28 640)	118	353		
Buenavista del Cobre (Мексика, 2024)	14	16	0	40	0	40,0	9	468,8 (18 750)	115	290		
Мурунтау (Узбекистан, 2023)	28	25	6	16,8	18,6	17,2	7	539,8 (9 280)	172	189		
Toquepala (Перу, 2024)	23	10	0	55,6	0	55,6	3	504,0 (28 000)	218	352,3		
Antamina (Перу, 2024)	12	7	4	56	29	46,2	—	551,0 (25 450)	138	323		
Morenci (США, 2024)	14	11	0	51	0	51,0	6	463,0 (23 640)	141	267		
Grasberg (Индонезия, 2009)	20	—	—	—	—	30,0	—	463,0 (13 890)	163	270		
Кумтор (Киргизия, 2023)	10	0	14	0	21,9	21,9	—	624,0 (13 678)	125	183		
Рефасquito (карьеры Рефасco и Chile Colorado, Мексика, 2021)	13	5	3	42,0	37,7	40,4	2	457,0 (18 437)	86	281		
Олимпиадинский ГОК (Россия, 2022)	14	10	2	19,5	6,5	17,3	1	649,0 (11 250)	114	186		
Cortez Complex (карьеры Pipeline, Crossroads и Cortez, США, 2023)	6	6	2	42,7	29	41,2	7	335,0 (13 787)	58	318		
Detour Lake Mine (Канада, 2024)	15	3	5	50,3	25,7	34,9	6	317,0 (11 075)	55	259		
Tasiast (Мавритания, 2023)	12	0	7	0	26,1	26,1	2	366,0 (9 571)	38	213		
Boddington (Австралия, 2021)	22	2	3	41,3	30	34,5	3	370,0 (12 760)	40	240		

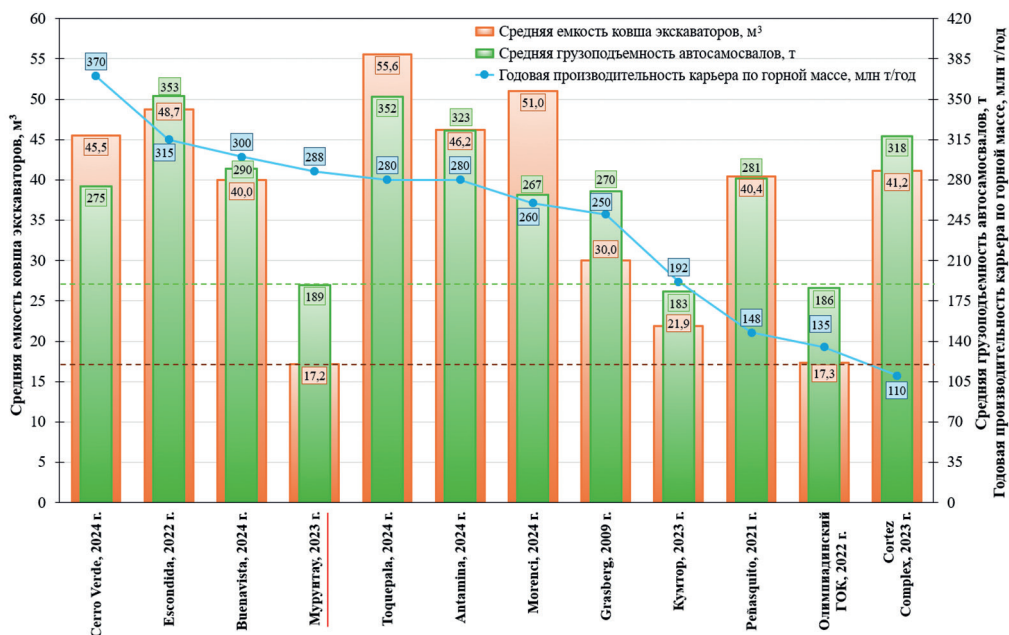


Рис. 1. Средняя емкость ковша экскаваторов и грузоподъемность автосамосвалов
 Fig. 1. Average bucket capacity of excavators and load capacity of dump trucks

автосамосвалов карьер Мурунтау близок к крупнейшим меднорудным карьерам и опережает золоторудные карьеры (рис. 3).

Количество буровых станков, входящих на 1 экскаватор на меднорудных карьерах-аналогах, составляет 0,9–

2,3 шт., а на крупнейших золоторудных карьерах 0,7–1,6 шт. (см. рис. 4). Данный показатель на карьере Мурунтау в 2023 г. составил 0,9 шт.

Количество автосамосвалов, входящих на 1 экскаватор на карьере Мурунтау – 5,5 шт., это меньше, чем на

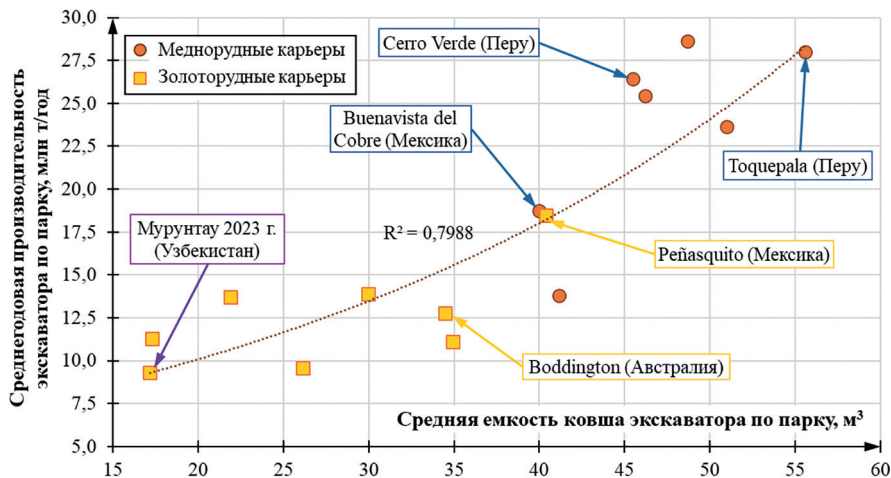


Рис. 2. Значения производительности экскаваторов в зависимости от средней емкости ковша
 Fig. 2. Excavator productivity values based on average bucket capacity

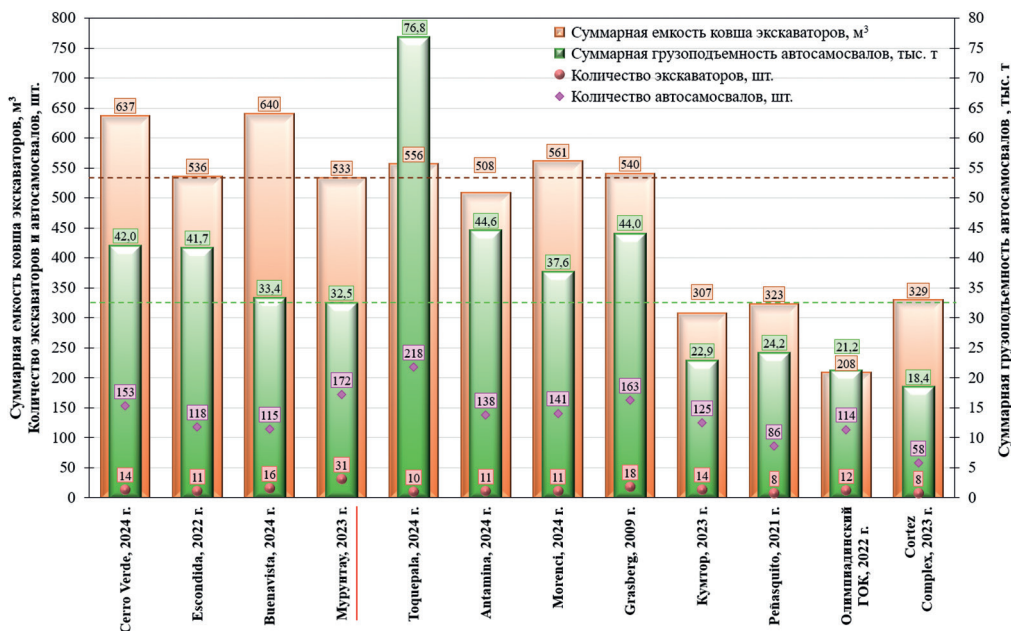


Рис. 3. Суммарная емкость ковша экскаваторов, грузоподъемность автосамосвалов и их количество
 Fig. 3. Total bucket capacity of excavators, load capacity of dump trucks, and their number

меднорудных карьерах-аналогах, где данный показатель варьируется в диапазоне 7,2–21,8 шт. (рис. 4). Аналогичный по-

казатель для анализируемых золоторудных карьеров (помимо карьера Мурунтау) составляет 7,3–10,8 шт.

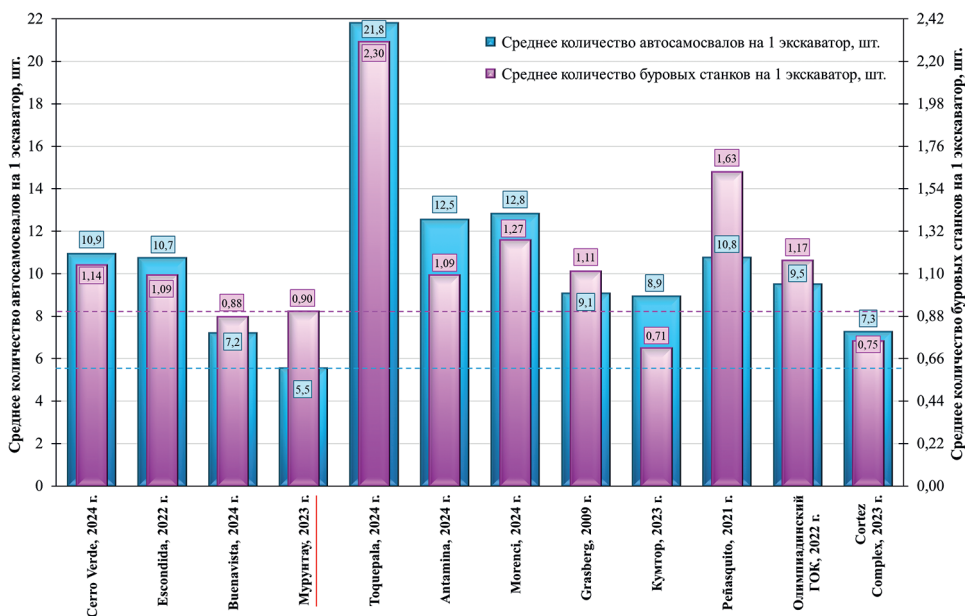


Рис. 4. Среднее количество автосамосвалов и буровых станков, приходящееся на 1 экскаватор
 Fig. 4. Average number of dump trucks and drilling rigs per excavator

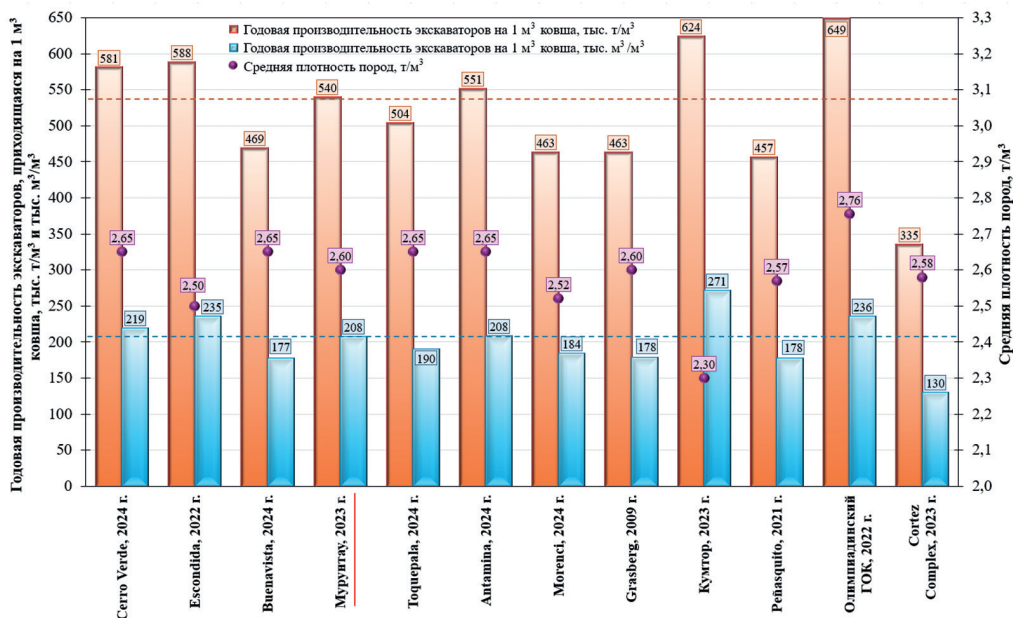


Рис. 5. Годовая производительность экскаваторов, приходящаяся на 1 м³ ковша экскаватора
 Fig. 5. Annual productivity of excavators, per 1 m³ of bucket capacity

Годовая производительность экскаваторов, приходящаяся на 1 м³ ковша, приведена на рис. 5. По данному показателю карьер Мурунтау близок к карьерам-аналогам (в частности Buenavista del Cobre, Toquepala, Morenci, Grasberg, Peñasquito).

Модельный ряд основного оборудования (буровые станки, экскаваторы, автосамосвалы) на крупнейших золото- и меднорудных карьерах

Информация по буровым станкам была структурирована с учетом классификации буровых станков, представленной в работе [16] (табл. 3).

Таблица 3

Классификация буровых станков Classification of Drilling Rigs

Параметры	I класс	II класс	III класс	IV класс	V класс
Базовый диаметр бурения, мм	150	160 – 200	200 – 250	270 – 310	> 350
Усилие подачи, кН	100 – 150	200 – 270	280 – 320	340 – 540	550 – 700
Рабочая масса, т	25 – 35	40 – 60	70 – 90	100 – 150	150 – 200

В табл. 4 приведено обобщение парка бурового оборудования на карьерах-аналогах, рассмотренных ранее (с дополнением по меднорудному карьеру Sentinel, Замбия – 190 млн т/год по горной массе) [17, 18].

На рассмотренных золоторудных карьерах наиболее широко используются буровые станки фирмы Epiroc (Atlas Copco, 64%). Преобладающий класс станков II – III. На рассмотренных меднорудных карьерах чаще используются станки Epiroc (39,7%) и Caterpillar (29,6%) при этом преобладают более тяжелые станки с диаметром бурения скважин 250 – 310 мм (III – V классы). На карьере Мурунтау собственный парк

Таблица 4

Буровое оборудование на крупнейших золото- и меднорудных карьерах
Drilling equipment at the largest gold and copper ore open-pit mines

Предприятие	Количество станков, шт.	Распределение станков по производителям	Класс станков	Диаметр скважин, мм	Размер сетки скважин, м
Золоторудные карьеры					
Мурунтау (Узбекистан), 2023 г.	28	Рудгормаш – 71%; Epiroc – 18%; Zega – 7%; Sandvik – 4%	III (89%), I (11%)	от 150 до 270	рудные блоки от 4,0×4,0 м до 6,0×6,0 м; породные блоки от 6,0×6,0 м до 10,0×10,0 м
Кумтор (Киргизия), 2023 г.	10	Sandvik – 100%	II – III	200	рудные блоки 5,0×5,0 м
Peñasquito (Мексика), 2021 г.	13	Epiroc – 100%	I (31%), III (38%) и V (31%)	от 110 до 400	рудные блоки 5,0×5,5 м; породные блоки 8×9 м
Олимпиадинский ГОК (Россия), 2022 г.	14	Epiroc – 93%; Рудгормаш – 7%	I (22%), II (50%), III (14%) и V (14%)	от 110 до 400	породные блоки 9×8 м (первый ряд 9×4 м)
Cortez Complex (США), 2023 г.	6	Epiroc – 83%; Sandvik – 17%	III (100%)	от 170 до 280	–
Detour Lake Mine (Канада), 2024 г.	15	Epiroc – 100%	I (20%), II (13%), III (67%)	от 110 до 270	–
Tasiast (Мавритания), 2023 г.	12	Caterpillar – 50%; Sandvik – 33%; Epiroc – 17%	I (33,3%), II (66,7%)	от 127 до 171	рудные блоки 3,0–4,2×3,5–4,8 м; породные блоки 3,2–5,5×3,8–6,3 м
Boddington (Австралия), 2021 г.	22	Epiroc – 100%	I (27%) и II (73%)	от 110 до 270	–
Меднорудные карьеры					
Escondida и Escondida Norte (Чили), 2022 г.	19	Epiroc – 74%; Caterpillar – 26%	II (26%) и III – IV (74%)	165, 229, 270 и 305	от 7×7 м до 11×14 м
Buenavista del Cobre (Мексика), 2024 г.	14	Epiroc и Caterpillar	IV и V	311	–
Toquepala (Перу), 2024 г.	23	Komatsu – 61%; Sandvik – 26%; Caterpillar – 13%	I (26%) и V (74%)	127, 270 – 310	–
Antamina (Перу), 2024 г.	12	–	I и III – IV	127, 251, 311	рудные блоки 6,3×6,3 м; породные блоки 9,2×9,2 м
Sentinel (Замбия), 2020 г.	19	Caterpillar – 36,8%; Furukawa – 26,3%; Sandvik – 21,0%; Epiroc – 15,9%	I (47,3%), III (15,9%), V (36,8%)	140 – 165; 229 – 251; 270 – 311	рудные блоки 6,0×6,0 и 7,0×7,0 м; породные блоки 9,0×9,0 и 7,5×7,5 м

Таблица 5

Экскаваторы на крупнейших золото- и меднорудных карьерах
Excavators at the largest gold and copper ore quarries

Предприятие	Количество экскаваторов, шт.	Распределение экскаваторов по моделям		Емкость ковша (в среднем), м ³
		механические лопаты	гидравлические экскаваторы	
		доля от общего числа экскаваторов	доля от общего числа экскаваторов	
Золоторудные карьеры				
Мурунтау (Узбекистан), 2023 г.	31	ЭКГ-15 – 35,5%; ЭКГ-20 – 35,5%; ЭКГ-8УС – 6,4%; WK-20 – 3,2%	Komatsu PC4000 – 6,4%; Hitachi EX3600 – 6,4%; Cat 6040 FS и Hitachi EX1900 по 3,3%	от 8,0 до 22,0 (17,2)
		80,6%	19,4%	
Кумтор (Киргизия), 2023 г.	14	–	Hitachi EX3600-6 – 64%; Liebherr R9350 – 36%	от 20 до 23 (21,9)
		–	100%	
Peñasquito (Мексика), 2021 г.	8	Bucyrus 495HD – 62,5%	Komatsu PC8000 – 25%; Komatsu PC5500 – 12,5%	от 29 до 42 (40,4)
		62,5%	37,5%	
Олимпиадинский ГОК (Россия), 2022 г.	12	ЭКГ-10 – 42,0%; WK-30 – 25,0%; WK-20 – 16,5%	Komatsu PC1250 – 16,5%	от 6,5 до 30 (17,3)
		83,5%	16,5%	
Cortez Complex (США), 2023 г.	8	P&H 2800 XPB – 50%; P&H 4100 XPB/XPC – 25%	Hitachi EX5500 – 25%	от 29 до 52,8 (41,2)
		75%	25%	
Detour Lake Mine (Канада), 2024 г.	8	Cat 7495 – 25%; P&H 4100 XPB – 12,5%	Cat 6060 – 50%; Cat 6030 – 12,5%	от 16,5 до 55,0 (34,9)
		37,5%	62,5%	
Tasiast (Мавритания), 2023 г.	7	–	Cat 6060 – 71,4%; Komatsu PC1250 – 28,6%	от 6,5 до 34,0 (26,1)
		–	100%	
Boddington (Австралия), 2021 г.	5	Bucyrus 495HD – 40%	Bucyrus RH340 – 40%; Hitachi EX3600 – 20%	от 22,0 до 41,3 (34,5)
		40%	60%	
Меднорудные карьеры				
Escondida и Escondida Norte (Чили), 2022 г.	16	P&H 4100 XPB – 50%; Bucyrus 495HD – 50%	–	от 41,3 до 55,8 (48,7)
		100%	–	
Cerro Verde (Перу, 2024)	14	–	–	от 34 до 57 (45,5)
		100%	–	
Buena Vista del Cobre (Мексика), 2024 г.	16	P&H 2800 XPA/XPB; P&H 4100 XPA/XPC; Bucyrus 495HD	–	от 28 до 57 (40)
		100%	–	

Токепала (Перу), 2024 г.	10	P&H 4100 A/XPC – 90%; Vucyrus 495HD – 10%	–	от 43 до 57 (55,6)
		100%	–	
Antamina (Перу), 2024 г.	11	P&H 4100XPC – 63,6%	Hitachi EX5600 – 36,4%	от 29 до 56 (46,2)
		63,6%	36,4%	
Sentinel (Замбия), 2020 г.	10	Cat 7495HR – 30%	Komatsu PC5500 – 30%; Liebherr 9250 – 20%; Liebherr 9100 – 20%	от 7,3 до 45 (26,7)
		30%	70%	

Таблица 6

Автосамосвалы на крупнейших золото- и меднорудных карьерах
Dump trucks at the largest gold and copper ore quarries

Предприятие	Количество автосамосвалов, шт.	Распределение автосамосвалов по моделям		Грузоподъемность (в среднем), т
		Распределение по производителям		
Золоторудные карьеры				
Мурунтау (Узбекистан), 2023 г.	172	БелАЗ-75310 – 26,7%; Cat 793D – 22,1%; БелАЗ-7513 – 16,3%; Komatsu HD785-7 – 7,0% Cat 777 – 6,4%; Komatsu 830E – 6,4%; Komatsu 860E – 5,8%; Cat 789D – 5,8%; БелАЗ-75307 – 3,5%		от 90 до 254 (189)
		БелАЗ – 46,5%; Caterpillar – 34,3%; Komatsu – 19,2%		
Кумтор (Киргизия), 2023 г.	125	Cat 789 – 80%; Cat 785 – 20%		от 142 до 194 (183)
		Caterpillar – 100%		
Peñasquito (Мексика), 2021 г.	86	Komatsu 930 – 95,3%; Cat 777 – 4,7%		от 100 до 290 (281)
		Komatsu – 95,3%; Caterpillar – 4,7%		
Олимпиадинский ГОК (Россия), 2022 г.	114	Cat 793D – 61,4%; Cat 785C и Komatsu HD-1500 – 35,1%; Cat 777F и Komatsu HD-785 – 3,5%		от 90 до 220 (186)
		Caterpillar – 80%; Komatsu – 20%		
Cortez Complex (США), 2023 г.	58	Cat 795F – 51,7%; Liebherr T282B – 32,8%; Cat 793C/D – 15,5%		от 240 до 363 (318)
		Caterpillar – 67,2%; Liebherr – 32,8%		
Detour Lake Mine (Канада), 2024 г.	55	Cat 795 – 65,5%; Cat 777 – 23,6%; Cat 798 – 10,9%;		от 100 до 360 (259)
		Caterpillar – 100,0%		
Tasiast (Мавритания), 2023 г.	38	Cat 793D – 94,7%; Komatsu 785 – 5,3%		от 92 до 220 (213)
		Caterpillar – 94,7%; Komatsu – 5,3%		
Boddington (Австралия), 2021 г.	40	Cat 793 – 100,0%		240
		Caterpillar – 100,0%		
Меднорудные карьеры				
Escondida и Escondida Norte (Чили), 2022 г.	167	Cat 797 – 68,3%; Komatsu 960 – 25,7%; Cat 793 – 4,2%; Komatsu 930 – 1,8%		от 232 до 363 (353)
		Caterpillar – 72,5%; Komatsu – 27,5%		

Cerro Verde (Перу, 2024)	153	Cat 793 и Komatsu HD860 — 59,5%; Cat 794 и Komatsu HD930 — 35,3%; Cat 798 — 5,2%	от 250 до 380 (274,5)
		—	
Buenavista del Cobre (Мексика), 2024 г.	115	Komatsu 830E, Komatsu 930, Komatsu 960E, Komatsu 980E, Cat 797F, Unit Rig MT4400	от 210 до 360 (290)
		Преимущественно Komatsu	
Токепала (Перу), 2024 г.	218	Komatsu 980E — 75,7%; Cat 797F — 14,2%; Cat 793D — 6,0%; Komatsu 930E — 2,3%; Cat 794AC — 1,8%	от 218 до 363 (352,3)
		Komatsu — 78%; Caterpillar — 22%	
Antamina (Перу), 2024 г.	138	Komatsu 930E — 66,7%; Komatsu 980E и Caterpillar 798 — 33,3%	от 300 до 370 (323)
		Преимущественно Komatsu	
Sentinel (Замбия), 2020 г.	50	Komatsu 960E — 34%; Komatsu 860E — 30%; Komatsu HD1500 — 20%; Liebherr T284 — 16%	от 142 до 363 (273,9)
		Komatsu — 84%; Liebherr — 16%	

представлен практически полностью буровыми станками III класса (СБШ-250 МНА-32 — 20 шт. и Epiroc DM 75 — 4 шт.).

Обобщение используемых на рассматриваемых карьерах экскаваторов [19, 20, 21] и автосамосвалов [22, 23] по моделям и фирмам-производителям приведено в табл. 5 и 6 соответственно.

На рассмотренных золоторудных карьерах доля механических лопат составляет 47,4% парка экскаваторов, а гидравлических экскаваторов — 52,6%. Среди гидравлических экскаваторов на медно- и золоторудных карьерах преобладают экскаваторы производителей: Hitachi (29,4% от парка гидравлических экскаваторов), Caterpillar (26,0%), Komatsu (22,6%) и Liebherr (14,4%).

Доля механических лопат в экскаваторных парках меднорудных карьеров преобладает и составляет 82%. Мехлопаты на крупных золото- и меднодобывающих карьерах представлены в основном моделями P&N 4100 и Bucyrus 495HD.

На золоторудных карьерах большая доля парка автосамосвалов представлена производителем Caterpillar (72,6%),

а на меднорудных карьерах автосамосвалами компании Komatsu (66,7%). На рассматриваемых карьерах среди автосамосвалов корпорации Caterpillar наиболее популярна модель Cat 793 грузоподъемностью 220—240 т, а применительно к автосамосвалам корпорации Komatsu — Komatsu 930E грузоподъемностью 270—290 т.

Заключение

Выполненный анализ существующего парка оборудования карьера Мурунтау показал, что типоразмер экскаваторов и автосамосвалов на данном предприятии меньше, чем на крупнейших меднорудных карьерах мира (Cerro Verde, Escondida, Buenavista del Cobre, Токепала, Antamina, Morenci) при сопоставимых объемах производства горных работ, но при этом удельная производительность экскаваторов карьера Мурунтау близка соответствующим значениям анализируемых меднорудных карьеров.

Суммарная емкость ковша экскаваторов карьера Мурунтау и крупнейших меднорудных карьеров сопоставима. Суммарная грузоподъемность автосамосва-

лов в большинстве случаев меньше аналогичного показателя на меднорудных карьерах-аналогах, однако по числу задействованных в эксплуатации автосамосвалов карьер Мурунтау уступает только карьере Токиерала. Необходимо отметить, что суммарная грузоподъемность автосамосвалов во многом определяется расстоянием транспортирования горной массы.

На карьере Мурунтау планируется увеличение проектной производительности по горной массе до 390 млн т/год. Для реализации данных объемов производства горных работ предусматривается привлечение подрядчиков с собственным парком оборудования. Такой

подход продиктован стремлением в сжатые сроки увеличить объемы горных работ на 35% (с 280 – 290 до 390 млн т/год). Изменение структуры собственного парка оборудования за счет приобретения мощных экскаваторов с вместимостью ковша 30 – 35 м³ и автосамосвалов грузоподъемностью 220 – 320 т поэтапно планируется в будущих периодах.

Выполнение намеченных планов позволит предприятию увеличить ранее достигнутые показатели и сохранить мировое лидерство среди золоторудных карьеров по объемам производства золота, а также стать одним из крупнейших в мире по объемам производства горных работ рудным карьером.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sillitoe R. H.* Porphyry copper systems // *Economic Geology*. 2010, vol. 105, no. 1, pp. 3 – 41. DOI: 10.2113/gsecongeo.105.1.3.
2. *Juan Daniel Yacolca Tejada* Geología y tratamiento metalúrgico de unidad minera Cerro Verde: Resumen. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2024. DOI: 10.13140/RG.2.2.24842.24000.
3. *Preece R. K., Carlos Delgado Robles, Salazar A.* Geometallurgical modeling of the escondida deposit // *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2023, vol. 40, pp. 1585 – 1619. DOI: 10.1007/s42461-023-00836-9.
4. *Монтель Л., Димитракопулос Р.* Стохастическое планирование работы рудника на примере месторождения Escondida Norte (Чили) // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. – № 4. – С. 83 – 98.
5. *Силкин А. А., Уржумов А. Г., Руднев С. В., Равшанов А. Ф.* Развитие объединенного карьера «Мурунтау-Мютенбай» // *Горный журнал*. – 2021. – № 3. – С. 66 – 71. DOI: 10.17580/gzh.2021.03.01.
6. *Хамроев И. О.* Состояние золоторудной минерально-сырьевой базы Навоийского ГМК // *Горный журнал*. – 2018. – № 9. – С. 22 – 32. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.01.
7. *Коробовский Н. В., Рахматов С. Н., Пазылов Т. Ш., Курманалиев К. З.* Анализ экономики и признаки ценности горной ренты золоторудного проекта Кумтор // *Экономика и управление инновациями*. – 2024. – № 2 (29). – С. 35 – 46. DOI: 10.26730/2587-5574-2024-2-35-46.
8. *Пазылов Т. Ш., Рахматов С. Н., Коробовский Н. В., Курманалиев К. З.* Параметры разработки рудника Кумтор // *Известия КГТУ*. – 2024. – № 2 (70). – С. 485 – 490. DOI: 10.56634/16948335.2024.2.485 – 490.
9. *Dromundo O., Robles S., Bissig T., Flores C., del Carmen Alfaro M., Cardona L.* Chapter 19: The Peñasquito Gold-(Silver-Lead-Zinc) Deposit, Zacatecas, Mexico / *Geology of the World's Major Gold Deposits and Provinces*. Society of Economic Geologists, 2020. DOI: 10.5382/sp.23.19.
10. *Журавлев А. Г., Черепанов В. А., Карпов В. А., Невежин А. Ю.* Рекомендации по эксплуатации и улучшению качества содержания карьерных автодорог Олимпиадинского и Благодатного горно-обогачительных комбинатов // *Горная промышленность*. – 2023. – № 5. – С. 88 – 95. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-5-88-95.
11. *Кузнецов Д. В., Косолапов А. И.* Обоснование параметров горнотехнической системы карьера для разработки Олимпиадинского золоторудного месторождения // *Известия вузов. Горный журнал*. – 2019. – № 4. – С. 5 – 11. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-4-5-11.

12. Лифарь-Лаптев А. А. Обзор текущего состояния отработки Енисейского кряжа и анализ предложенных решений по стратегическому развитию горных работ // Международный научно-исследовательский журнал. — 2025. — № 1 (151). — С. 1–16. DOI: 10.60797/IRJ.2025.151.25.
13. Супрун В. И., Дребендштедт К., Зеленин Д. П., Радченко С. А., Левченко Я. В., Якутов А. В., Корчагина Т. В. Горная геоморфология. — М.: Изд-во «Горная книга», 2023. — 370 с.
14. Mahayasa M., Widijanto E., Yuniar A. T., Gautama R. The final result of slope Optimization program at Grasberg surface mine in Papua, Indonesia / MassMin 2020: Proceedings of the Eighth International Conference & Exhibition on Mass Mining, University of Chile, Santiago. 2020. pp. 1384–1394. DOI: 10.36487/ACG_repo/2063_104.
15. Srikant Annavarapu Geotechnical characterization and design for the transition from the Grasberg Open Pit to the Grasberg Block Cave mine / Rock Mechanics: Meeting Society's Challenges and Demands. 2007, pp. 1277–1286. DOI: 10.1201/NOE0415444019-c159.
16. Анистратов К. Ю., Донченко Т. В., Опанасенко П. И., Строгий И. Б. Анализ рынка буровых станков для открытых горных работ горнодобывающих предприятий России // Горная промышленность. — 2018. — № 2 (138). — С. 84–89. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-2-138-84-89.
17. Рубцов С. К., Шлыков А. Г., Мальгин О. Н., Зинько Н. А., Филь В. И. Интенсификация процессов буровых работ на карьерах Навоийского ГМК // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2007. — S5. — С. 119–127.
18. Бовин К. А., Гилёв А. В., Шигин А. О., Крицкий Д. Ю. Промышленные исследования эффективности эксплуатации буровой техники в условиях Олимпиадинского ГОК АО «Полюс» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2017. — № 3. — С. 87–93.
19. Анистратов К. Ю. Анализ эффективности применения экскаваторов УЗТМ-КАРТЭКС на карьерах // Горная промышленность. — 2019. — № 5 (147). — С. 20–24.
20. Мислибаев И. Т., Махмудов А. М., Махмудов Ш. А. Теоретическое обобщение режимов функционирования и моделирование эксплуатационных показателей работы экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 1. — С. 102–110. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-102-110.
21. Донченко Т. В., Шибанов Д. А., Емельянов А. А. Карьерные экскаваторы ИЗ-КАРТЭКС для золотодобывающей промышленности // Золото и технологии. — 2017. — № 4 (38). — С. 24–26.
22. Huayanca D., Bujaico G., Delgado A. Application of discrete-event simulation for truck fleet estimation at an open-pit copper mine in Peru // Applied Sciences. 2023, vol. 13, article 4093. DOI: 10.3390/app13074093.
23. Шеметов П. А. Особенности работы горнотранспортных комплексов при открытой разработке месторождения Мурунтау // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2005. — № 2. — С. 215–217. **ПАТБ**

REFERENCES

1. Sillitoe R. H. Porphyry copper systems. *Economic Geology*. 2010, vol. 105, no. 1, pp. 3–41. DOI: 10.2113/gsecongeo.105.1.3.
2. Juan Daniel Yacolca Tejada *Geología y tratamiento metalúrgico de unidad minera Cerro Verde: Resumen*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2024. DOI: 10.13140/RG.2.2.24842.24000.
3. Preece R. K., Carlos Delgado Robles, Salazar A. Geometallurgical modeling of the escondida deposit. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2023, vol. 40, pp. 1585–1619. DOI: 10.1007/s42461-023-00836-9.
4. Montiel L., Dimitrakopoulos R. Stochastic mine production scheduling with multiple processes: application at Escondida Norte, Chile. *Journal of Mining Sciences*. 2013, no. 4, pp. 83–98. [In Russ].
5. Silkin A. A., Urzhumov A. G., Rudnev S. V., Ravshanov A. F. Development of Muruntau-Myutenbai joint open pit mine. *Gornyi Zhurnal*. 2021, no. 3, pp. 66–71. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2021.03.01.
6. Khamroev I. O. Gold reserves of the Navoi mining and metallurgical combinat. *Gornyi Zhurnal*. 2018, no. 9, pp. 22–32. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.01.
7. Korobovsky N. V., Rakhmatov S. N., Pazylov T. Sh., Kurmanaliev K. Z. Analysis of economy and signs of value, mining rent of the Kumtor gold mine project. *Economics and innovation management*. 2024, no. 2 (29), pp. 35–46. [In Russ]. DOI: 10.26730/2587-5574-2024-2-35-46.

8. Pazylov T. Sh., Rakhmatov S. N., Korobovsky N. V., Kurmanaliev K. Z. Kumtor mine development parameters. *The Herald of KSTU*. 2024, no. 2 (70), pp. 485–490. [In Russ]. DOI: 10.56634/16948335.2024.2.485–490.
9. Dromundo O., Robles S., Bissig T., Flores C., del Carmen Alfaro M., Cardona L. Chapter 19: The Peñasquito Gold-(Silver-Lead-Zinc) Deposit, Zacatecas, Mexico. *Geology of the World's Major Gold Deposits and Provinces*. Society of Economic Geologists, 2020. DOI: 10.5382/sp.23.19.
10. Zhuravlev A. G., Cherepanov V. A., Karpov V. A., Nevezhin A. Yu. Recommendations on operation and improvement in the quality of in-pit road maintenance at the Olympiadinsky and Blagodatny mining and processing plants. *Russian Mining Industry Journal*. 2023, no. 5, pp. 88–95. [In Russ]. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-5-88-95.
11. Kuznetsov D. V., Kosolapov A. I. The validation of the pit mine technical system parameters for the Olympiadinskiy gold ore deposit mining. *Minerals and Mining Engineering*. 2019, no. 4, pp. 5–11. [In Russ]. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-4-5-11.
12. Lifar-Laptev A. A. Review of the current state of mining of the Yenisei range and analysis of proposed solutions for the strategic development of mine. *International Research Journal*. 2025, no. 1 (151), pp. 1–16. [In Russ]. DOI: 10.60797/IRJ.2025.151.25.
13. Suprun V. I., Drebenshtedt K., Zelenin D. P., Radchenko S. A., Levchenko Ya. V., Yakutov A. V., Korchagina T. V. *Gornaya geomorfologiya* [Mining geomorphology], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2023, 370 p.
14. Mahayasa M., Widijanto E., Yuniar A. T., Gautama R. The final result of slope Optimization program at Grasberg surface mine in Papua, Indonesia. *MassMin 2020: Proceedings of the Eighth International Conference & Exhibition on Mass Mining*, University of Chile, Santiago. 2020. pp. 1384–1394. DOI: 10.36487/ACG_repo/2063_104.
15. Srikant Annavarapu *Geotechnical characterization and design for the transition from the Grasberg Open Pit to the Grasberg Block Cave mine*. Rock Mechanics: Meeting Society's Challenges and Demands. 2007, pp. 1277–1286. DOI: 10.1201/NOE0415444019-c159.
16. Anistratov K. Yu., Donchenko T. V., Opanasenko P. I., Strogiiy I. B. Analysis of the market of drill rigs for surface mining operations of the Russian mineral producers. *Russian Mining Industry Journal*. 2018, no. 2 (138), pp. 84–89. [In Russ]. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-2-138-84-89.
17. Rubtsov S. K., Shlykov A. G., Malgin O. N., Zin'ko N. A., Fil V. I. Intensification of drilling processes at the quarries of the Navoi Mining and Metallurgical Combine. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2007. S5, pp. 119–127. [In Russ].
18. Bovin K. A., Gilev A. V., Shigin A. O., Kritsky D. Y. Industrial research of drilling equipment operating efficiency at Olimpiadinskiy GOK of AO «Polyus». *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2017, no. 3, pp. 87–93. [In Russ].
19. Anistratov K. Y. Analysis of the efficiency of using UZTM-KARTEX excavators in quarries. *Russian Mining Industry Journal*. 2019, no. 5 (147), pp. 20–24. [In Russ].
20. Mislibayev I. T., Makhmudov A. M., Makhmudov Sh. A. Theoretical generalization of modes and modeling of performance criteria of cutter-loaders. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021, no. 1, pp. 102–110. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-102-110.
21. Donchenko T. V., Shibanov D. A., Yemelyanov A. A. IZ-KARTEX quarry excavators for the gold mining industry. *Zoloto i tekhnologii*. 2017, no. 4 (38), pp. 24–26. [In Russ].
22. Huayanca D., Bujaico G., Delgado A. Application of discrete-event simulation for truck fleet estimation at an open-pit copper mine in Peru. *Applied Sciences*. 2023, vol. 13, article 4093. DOI: 10.3390/app13074093.
23. Shemetov P. A. Features of the operation of mining and transport complexes during open-pit mining at the Muruntau deposit. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2005, no. 2, pp. 215–217. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Умаров Фарходбек Яркулович¹ — д-р техн. наук, профессор, директор, e-mail: farkhodbek.umarov@yandex.ru, ORCID 0000-0002-02910-9806,
Нутфуллоев Гафур Субхонович¹ — д-р техн. наук, доцент, начальник управления делами, e-mail: gafurcom@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-0241-1273,

Йулдошев Уткир Уктамович — начальник отдела стратегического планирования горных работ АО «НГМК», Навои, Республика Узбекистан, e-mail: uu.yuldoshev@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-7323-2186,

*Левченко Ярослав Викторович*² — канд. техн. наук, доцент, e-mail: levchenko.mggu@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2080-6330,

*Пастихин Денис Валерьевич*² — канд. техн. наук, доцент, e-mail: msmu-opm@mail.ru, ORCID ID: 0009-0000-7386-6831,

*Кобилев Шерали Боли угли*¹ — доктор философии (PhD) по техническим наукам, заместитель декана горно-металлургического факультета, e-mail: sheraliqobilov492@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-5912-1735,

¹ Филиал НИТУ МИСИС в г. Алмалык, Алмалык, Республика Узбекистан,

² НИТУ МИСИС, Москва, Россия.

Для контактов: Левченко Я.В., e-mail: levchenko.mggu@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*F.Ya. Umarov*¹, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Director, e-mail: farkhodbek.umarov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-02910-9806,

*G.S. Nutfulloev*¹, Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Head of the Administrative Department, e-mail: gafurcom@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-0241-1273,

U.U. Yuldoshev, Head of the Strategic Mine Planning Department, NMMC JSC, Navoi, 210100, Republic of Uzbekistan, e-mail: uu.yuldoshev@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-7323-2186,

*Ya.V. Levchenko*², Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: levchenko.mggu@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2080-6330,

*D.V. Pastikhin*², Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: msmu-opm@mail.ru, ORCID ID: 0009-0000-7386-6831,

*Sh.B. Kobilov*¹, Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Deputy Dean of the Mining and Metallurgical Faculty, e-mail: sheraliqobilov492@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-5912-1735,

¹ Almalyk Branch of NUST MISIS, 110100, Almalyk, Republic of Uzbekistan,

² NUST MISIS, 119049, Moscow, Russia.

Corresponding author: Ya.V. Levchenko, e-mail: levchenko.mggu@mail.ru.

Получена редакцией 27.03.2026, получена после рецензии 27.04.2026, принята к печати 10.06.2026.

Received by the editors 27.03.2026, received after the review 27.04.2026, accepted for printing 10.06.2026.

