

Б.Р. Ракишев

# НОВЫЕ КРУПНЫЕ МЕДНОРУДНЫЕ КАРЬЕРЫ КАЗАХСТАНА

Указано место Казахстана на мировом рынке металлов, отмечено влияние горно-металлургического комплекса (ГМК) на формирование макроэкономических показателей страны. Показано, что на долю отрасли приходится 13% ВВП, 23% — в общем промышленном производстве, 48% — в производстве продукции обрабатывающей промышленности, 20% — в экспорте страны. Отмечено, что большой вклад в дальнейшее развитие ГМК Казахстана внесло освоение новых уникальных меднорудных месторождений. В 2015—2016 гг. группа компании KAZ Minerals ввела в эксплуатацию два крупнейших в мире горно-обогатительных комплекса по добыче и переработке медных руд — Бозшакольский и Актогайский. На этих карьерах предусмотрены самые высокие технико-экономические показатели работы предприятия. Эти результаты обеспечиваются за счет больших запасов руды, малой величины коэффициента вскрыши, комплексного использования рудного сырья и вовлечения в эксплуатацию забалансовых руд. Бозшакольский и Актогайский горно-обогатительные комплексы являются крупнейшими и уникальными в СНГ. Вместе с тем несомненной является модернизация технологий горных работ с переходом на циклично-поточную технологию с комбинированным транспортом.

Ключевые слова: запасы руд, производительность по руде и вскрыше, параметры карьера, коэффициент вскрыши, горно-технические характеристики Бозшакольского и Актогайского карьеров.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-4-0-5-14

## Введение

В прошлом столетии геологами республики под руководством выдающегося ученого, академика Академии наук СССР К.И. Сатпаева были открыты и поставлены на учет запасы всех ныне эксплуатируемых месторождений полезных ископаемых. В результате Казахстан занимает первое место в мире по запасам цинка, вольфрама и барита, второе место — по запасам серебра, свинца, хромитов, урана, третье место — по запасам меди и флюорита, четвертое место — по запасам молибдена, шестое ме-

сто — по запасам золота. Наша страна является крупнейшим производителем рения (второе — третье места), бериллия (первое — четвертое места), титановой губки (второе место), тантала, ниобия, галлия, технического таллия, мышьяка (третье место), урана (первое место), ванадия (пятое место), висмута (шестое место). Это позволило Казахстану войти в число крупнейших горнодобывающих держав мира [1].

Горно-металлургический комплекс (ГМК) оказывает большое влияние на формирование макроэкономических по-

казателей страны. На долю отрасли приходится 13% ВВП, 23% — в общем промышленном производстве, 48% — в производстве продукции обрабатывающей промышленности, 20% — в экспорте страны [2].

Большой вклад в дальнейшее развитие ГКМ Казахстана внесло освоение новых крупных меднорудных месторождений, разведанных еще в советское время в 50–60-х годах прошлого века. В 2015–2016 гг. группа компании KAZ Minerals ввела в эксплуатацию два крупнейших в мире горно-обогатительных комплекса по добыче и переработке медных руд — Бозшакольский и Актогайский [3].

Суммарная производительность Бозшакольского ГОКа по переработке руды составляет — 30 млн т в год. Из них 5 млн т каолинизированной и 25 млн т сульфидной руды. Ежегодный объем производства меди в концентрате 75 тыс. т в течение 46 лет [4]. Среднегодовой объем добычи руды на Актогайском карьере в течение 54 лет составляет 28 млн т. Ежегодной объем производства меди в концентрате 100 тыс. т [5].

Бозшакольский и Актогайский горно-обогатительные комплексы являются крупнейшими и уникальными в СНГ. По

производственной мощности они сопоставимы с крупными карьерами мира типа Escondido, Chuquicanata Chili [6, 7], Bingham USA [8], SuperPit Australia [9], Grasberg Indonesia [10], Мурунтауский карьер в Узбекистане [11].

### **Основные горно-технические характеристики Бозшакольского и Актогайского карьеров**

Бозшакольское месторождение меди расположено в 80 км от г. Экибастуз Павлодарской области Республики Казахстан. Кроме меди промышленное значение имеют такие попутные компоненты, как молибден, золото и серебро. Месторождение представляет собой вытянутый на 7 км с юго-запада на северо-восток штокверк с разделением на два участка — Центральный и Восточный. Между ними имеется безрудная зона шириной около 0,5 км (рис. 1). Верхняя часть месторождения представлена окисленными и каолинизированными сульфидными рудами, переработка которых в советское время представляла крайнюю трудность из-за отсутствия соответствующих технологий.

В настоящее время этот тип руд перерабатывается на уникальной по своей технологии фабрике по переработке

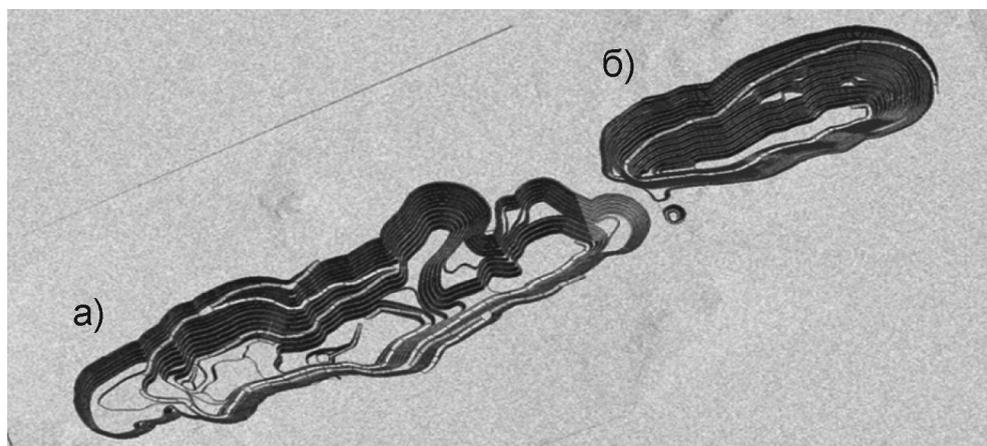


Рис. 1. Трехмерное изображение карьеров Бозшаколь: карьер Центральный (а), карьер Восточный (б)



Рис. 2. Комплекс производственной инфраструктуры Бозшакольского ГОКа

каолинизированных руд со специальными дробилками молоткового и валкового типов. В мощных гидроциклонах производится отмывка и разделение руды на шламовую и песковую фракции. Суммарная производительность Бозшакольского ГОКа по переработке руды составляет — 30 млн т в год. Из них 5 млн т каолинизированной и 25 млн т сульфидной руды. Ежегодный объем производства меди в концентрате 75 тыс. т в течение 46 лет [4].

Фото комплекса производственной инфраструктуры Бозшакольского ГОКа приведено на рис. 2.

Центральный участок месторождения (см. рис. 1) характеризуется более благоприятными условиями залегания рудного тела и качеством руд. Окисленные и каолинизированные сульфидные руды залегают достаточно близко к дневной поверхности, а в некоторых случаях имеют непосредственные выходы на дневную поверхность. Кроме того, запасы в верхней части Центрального участка характеризуются более высоким содержанием полезных компонентов. В противоположность Центральному участку на Восточном участке рудное тело практически не имеет выходов на дневную поверхность. В следствие этого объем вскрышных работ на этом карьере в начальный период его эксплуатации значительно больше, чем на Центральном карьере. Руды Восточного участка харак-

теризуются более низким содержанием полезных компонентов.

Исходя из этих условий, эксплуатацию месторождения предложено начать с Центрального участка, а после полного развития горных работ на нем приступить к разработке Восточного участка. Данная идея была смоделирована в компьютерной программе NPVScheduler, которая позволила определить как конечные контуры карьеров, так и порядок развития горных работ в них (см. рис. 1) [4]. Главные параметры этих и карьера Актогай приведены в табл. 1.

На Центральном карьере принята кольцевая центральная система разработки. При этом каждый нижележащий горизонт после проходки временного съезда подготавливается разрезной траншеей, ориентированной по простиранию внешнего контура рудной залежи.

Двусторонним расширением пионерной разрезной траншеи предусматривается как производство добычных работ внутри создаваемого кольцевого контура, так и расширение горизонта с целью подготовки вскрытия нижележащего горизонта. В соответствии с указанным порядком развития рабочей зоны вскрытие каждого нового горизонта осуществляется в рудной зоне путем создания временного скользящего съезда в месте, удобном для беспрепятственной отработки его запасов и подготовки площадки для вскрытия нового нижележа-

Таблица 1

**Главные параметры карьеров группы KAZ Minerals**

Наименование параметров	Единицы измерения	Бозшаколь		Актогай
		Центральный карьер	Восточный карьер	Карьер Актогай
Длина по верху по дну	м	4378	2500	2545
		2820	1300	745
Ширина по верху по дну	м	1175	950	2250
		115	155	370
Отметка дна	м	-110	-140	+100
Глубина	м	340	360	340
Площадь поверхности дна	тыс. м <sup>2</sup>	3770	2045	3932
		224	151	275
Горная масса	млн т	1 416	892	1875
Вскрыша	млн т	565	290	375
Балансовая руда	млн т	735	373	1500
Забалансовая руда	млн т	116	229	—
Суммарная руда, млн т	млн т	851	602	1500
Коэффициент вскрыши	т/т	0,66	0,5	0,25

щего горизонта. Уклон временных съездов доходит до 80%.

Верхние вскрышные горизонты обрабатываются продольными заходками, расположенными преимущественно параллельно контурам созданного кольца. Во внутреннем пространстве кольца добычные работы осуществляются продольными как кольцевыми, так и прямыми заходками.

Таким образом, генеральное направление развития горных работ предусматривается от центральной части рудного тела к границам карьера. Это позволяет создать в начальный период работы карьера благоприятные условия для ускорения формирования стационарной части выездных траншей. По мере развития рабочей зоны все большая часть бортов становится в предельное положение, создается возможность для формирования стационарной части трассы.

Далее, постепенная установка уступов в предельное положение позволяет сформировать к концу отработки карьера общую стационарную трассу с выходом ее на поверхность. Таким образом, центральный карьер разрабатывается углубочной кольцевой центральной подсистемой, переходящей со временем в продольную двухбортовую подсистему [12].

С использованием компьютерной программы были вычислены объемы руды и вскрышных пород по годам, начиная с 2016 г. по 2061 г. Годовые объемы добычи и вскрыши по Бозшакольскому карьере на весь срок эксплуатации приведены в табл. 2. В целях сокращения объема записи данные сгруппированы по годам 2016–2021, 2022–2029, ..., 2055–2060 гг. В указанные периоды годовые объемы руды и вскрыши колеблются в небольших пределах. Объемы извлеченных металлов (меди, золото, се-

ребра и молибдена) строго соответствуют их содержанию в руде.

Месторождение медных руд штокерного типа Актогай расположено в 25 км к востоку от ж.-д. станции Актогай Восточно-Казахстанской области. Здесь также, как на месторождении Бозшаколь, верхняя часть оруденения представлена окисленными рудами, которые на глубине 30–40 м сменяются сульфидными рудами. Запасы месторождения были утверждены в 1980 г., причем сульфидных руд, примерно, в 15 раз больше чем окисленных и их запасы оцениваются в 1,5 млрд т. Окисленная руда перерабатывается методом кучноно выщелачивания.

Вскрытие Актогайского карьера осуществляется временными спиральными и петлевыми автомобильными съездами в центральной части месторождения. Разработка ведется углубочной системой разработки. Для поддержания относительно высокого содержания меди в сульфидной руде в первые пять лет скорость углубки горных работ составляет в 20–60 м в год. Затем она уменьшается до 4–6 м в год за счет разноски бортов карьера и вскрытия западного и северо-западного участков карьера. Принятая схема разработки и развития горных работ позволяет осуществить опережающую отработку не только окисленных, но и сульфидных руд.

Таблица 2

**Погодовые объемы добычи и вскрыши на Бозшакольских карьерах за весь срок службы**

Показатели	за 2016–2021 гг.	за 2022–2029 гг.	за 2030–2035 гг.	за 2036–2054 гг.	за 2055–2060 гг.	за 2061 г.	Всего
Балансовая руда, тыс. т	31 527–30 788	30 880–35 297	28 117	25 340	8848	6412	1 104 671
в т.ч. окисленная, тыс. т	16 663–10 860	1185–801	299–103	–	–	–	49 353
в т.ч. сульфидная, тыс. т	28 738–19 360	33 015	27 450	25 050	8848	6412	1 055 318
Cu, %	0,65–0,52	0,39–0,29	0,27–0,29	0,32	0,27	0,27	0,35
Au, г/т	0,27–0,22	0,16–0,10	0,11	0,07–0,09	0,14	0,06	0,13
Ag, г/т	1,54–1,31	1,31–3,57	3,04	3,04	1,81	1,41	2,57
Mo, %	0,0052–0,0043	0,0045–0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0067	0,0064
Забалансовая руда, тыс. т	4750–5188	5188	3 162	2 806–16 826	17 650	16 450	344 159
Руды, всего, тыс. т	36 277–35 976	36 068–40 485	31 279	28 146–42 166	26 498	22 862	1 448 830
Вскрыша, тыс. т	7865	18 332–15 760	30 800	18 200	16 258–10 258	14 441	856 583
Горная масса, тыс. т	44 142–43 841	54 400	54 330	54 400	36 756	24 303	2 305 413
$K_B$ , т/т	0,22	0,51–0,39	0,98	0,52	0,51	0,63	0,59

Таблица 3

**Погодовые объемы добычи и вскрыши на Актогайском карьере за весь срок службы**

Показатели	за 2016 г.	за 2017–2022 гг.	за 2023–2035 гг.	за 2036–2044 гг.	за 2045–2056 гг.	за 2057–2068 гг.	за 2069 г.	Всего
Сульфидная руда, млн т	1,9	25	36,4–32,8	21	25	25	11,6	1397
Содержание меди, %	0,54	0,51–0,41	0,38	0,26	0,29	0,33	0,32	0,348
Содержание молибдена, %	0,010	0,015–0,010	0,010	0,006	0,006	0,007	0,009	0,008
Содержание золота, г/т	0,031	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
Содержание серебра, г/т	1,02	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Окисленная руда, млн т	12,4	12,4–15,3	–	–	–	–	–	101,6
Содержание меди, %	0,45	0,36–0,33	–	–	–	–	–	0,366
Руды, всего, млн т	14,3	37,4–40,3	36,4–32,8	21	25	25	11,6	1498,6
Вскрыша, млн т	1,7	4,5–14,0	6,4	14,0	10,0	1,5	1,0	374,1
Горная масса, млн т	16,0	37,4–53,0	39,0	35,0	35,0	26,5	12,6	1872,7
Коэффициент вскрыши, т/т	0,12	0,12–0,35	0,18	0,67	0,4	0,06	0,08	0,25

Оставшиеся за контуром карьера запасы в количестве 475 млн т предусмотрено обработать подземным способом. Общий срок существования рудника открыто-подземных работ составляет 80 лет.

Определенные по компьютерной программе NPV Scheduler годовые объемы добычи и вскрыши на Актогайском карьере на весь срок эксплуатации приведены в табл. 3. За выделенные периоды (2017–2022, 2023–2035, ..., 2057–2068 гг.) годовые объемы руды и вскрыши колеблются в небольших пределах.

Технологические комплексы горных работ на Бозшакольском и Актогайском карьерах.

В связи с идентичными условиями залегания полезных ископаемых и горно-геологических характеристик разра-

батываемых горных пород уклон съездов стационарной трассы на обоих карьерах принят равным – 80%. Ширина двухполосных транспортных берм принята равной 30 м с учетом размещения водоотводной канавы и предохранительного вала. В придонной части карьеров предусматриваются однополосные съезды шириной 19,5 м.

Высота рабочего уступа на обоих карьерах принята равной 10 м, предельного – от 10 м до 30 м. Угол откоса уступов в рабочем положении – 60–70°, в предельном положении 50–68°.

Длина экскаваторного блока принята равной 700 м. Минимальная ширина рабочей площадки составляет 34 м. Ширина рабочей площадки при проходке траншей – 30 м.



Рис. 3. Погрузка руды электрогидравлическим экскаватором на Актогайском карьере

В качестве выемочно-погрузочных машин на рассматриваемых карьерах приняты электрогидравлические экскаваторы с объемом ковша 22 м<sup>3</sup>. Они осуществляют погрузку горной массы в самосвалы грузоподъемностью 140 т (см. рис. 3). Для выполнения вспомогательных производственных операций используются бульдозеры, грейдеры на гусеничном ходу, а также бульдозеры на колесном ходу и фронтальные погрузчики.

В качестве основного бурового оборудования на обоих карьерах приняты буровые станки вращательного бурения Sandvik D55SP. Дополнительно используется станок Sandvik DI550. Буровзрывные работы применяются не только на скальных породах, но на породах зоны выветривания. Однако некоторый объем пород зоны выветривания обрабатывается без применения буровзрывных работ.

Для производства взрывных работ предусмотрено использование взрывчатого вещества типа игданит (АНФО). Помимо выбранного ВВ, возможно применение других ВВ, приведенных в Пе-

речне допущенных к применению в Республике Казахстан промышленных ВМ.

Процессы зарядки и забойки скважин полностью механизированы. Взрывание скважинных зарядов осуществляется неэлектрической системой инициирования Rionel. В качестве промежуточного детонатора используются тротил-гексогеновые шашки Riobooster или ПДП весом 400 г. Инициирование взрывной сети предусматривается неэлектрическим способом с помощью стартового устройства инициирования волновода или электрическим способом от взрывной машинки КПМ-ЗУ. Во всех случаях, конструкция зарядов сплошная, боевики закладываются в заряды после зарядания 0,2–0,5 длины заряда.

Таким образом, на Бозшакольском, Актогайском карьерах применяется цикличная технология вскрышных и добычных работ. Для ее реализации используется наиболее распространенный в мире экскаваторно-автомобильный технологический комплекс открытых горных работ [13]. Общий вид горных работ на



Рис. 4. Общий вид горных работ на Центральном карьере Бозшакольского ГОК

Центральном карьере Бозшакольского ГОК представлен на рис. 4 [5].

Ожидаемые горно-технические результаты при эксплуатации Бозшакольского и Актогайского карьеров являются самыми высокими среди горных предприятий стран СНГ и мира [4–11]. Это подтверждает опыт работы указанных карьеров в 2015–2016 гг. Эти показатели обеспечиваются благоприятными условиями залегания рудных тел, низким коэффициентом вскрыши, вовлечением в эксплуатационного забалансовых руд и комплексным использованием минерального сырья.

Вместе с тем следует отметить, что принятая в проекте высота уступа (10 м) не является рациональной, она сильно занижена. При значительных размерах рабочих зон использование только автомобильного транспорта явно неразумно. В связи с этим возникает вопрос о пересмотре проектов разработки Бозшакольского и Актогайского месторождений с ориентацией на циклично-поточную технологию с использованием комбинированного вида транспорта. На актуальность постановки такой проблемы указывают цели модернизации экономики Республики Казахстан и опыт работы угольного разреза «Восточный», золоторудного карьера «Алтынтау» в Казахстане [13], Мурунтауского карьера в Узбекистане [11], ряда карьеров черной и цветной металлургии в России [14, 15].

### **Выводы**

- Бозшакольское и Актогайское месторождения медных руд штокверкового типа Казахстана являются уникаль-

ными по масштабу и геометрическим характеристикам залегания рудных тел в земной коре.

- При глубине рассматриваемых карьеров 340, 360 и 340 м из карьерных полей соответственно извлекается 1416, 892 и 1875 млн т горной массы, в том числе 851, 602 и 1500 млн т руды и 565, 290 и 375 млн т вскрышных пород. Коэффициенты вскрыши составляют соответственно 0,66, 0,5 и 0,25.

- Среднегодовая производительность Бозшакольского ГОК по окисленной руде составляет 5 млн т, по сульфидной руде 25 млн т. Ежегодный объем производства меди в катодном эквиваленте 75 тыс. т в течение 46 лет.

Производительность Актогайского ГОК по руде 28 млн т с ежегодным объемом производства меди в катодном эквиваленте 100 тыс. т в течение 54 лет.

- Всего из руд Бозшакольского ГОК будет извлечено 3888 тыс. т меди, 70,23 тыс. т молибдена, 140,84 т золота, 2834 т серебра. Из руд Актогайского ГОК будет произведено 5233,3 тыс. т меди, 114,2 тыс. т молибдена, 39,142 т золота, 1370,7 т серебра.

- Эти высокие результаты работы Бозшакольского и Актогайского ГОК будут достигнуты за счет благоприятных условий залегания руд в земной коре, низкого коэффициента вскрыши, вовлечения в эксплуатацию забалансовых руд и комплексного использования минерального сырья.

- Несомненной является модернизация технологий горных работ с переходом на циклично-поточную технологию с комбинированным транспортом.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Rakishev B.* Diversification of the mining and metallurgical complex in Kazakhstan. 24th world mining congress procee, Rio de Janeiro, Brazil, 2016, pp. 126–134.
2. *Rau A. P.* Problems of MMC should be solved comprehensively and systematically. Mining and Metallurgical Industry. Astana, 2015, pp. 5–8.
3. *Полугодовой отчет группы KazMinerals за период, закончившийся 30 июня 2016 года. Consolidated financial statements — KAZ Minerals 30 June 2016.*

4. KAZ Minerals PLC — Наша деятельность — Бозшаколь. Проект 2016 г. <http://www.kazminerals.com/ru/operations/bozshakol>.
5. KAZ Minerals PLC — Наша деятельность — Актогай. Проект 2016 г. <http://www.kazminerals.com/ru/operations/aktogay>.
6. *Castilio J., Miguel J.* The case of La Escondida mining company. World Bank Publications. Washington, 2001, pp. 95–108.
7. *Zablocki A.* Application of pre-splitting at Chuguicamata mine, Chile. Taylor & Francis Group. London, 2004, pp. 337–339.
8. *Strack D.* Bingham and Garfield Railway. Arcadia Publishing Charleston, South Carolina. 2011, pp. 27–38.
9. *Frew E.* Transforming working mines into tourist attraction. Taylor & Francis Group. United States of America. New York, 2010. pp. 72–79.
10. *J. Kumar Singh, A. Kumar, V. Kumar Singh, R. Kumar Singh, M. Kumar.* Steps towards affordable excellence in slope safety management technology for Indian surface mines. Allied Publishers Pvt, Ltd. New Deih, India. 2017, pp. 492–494.
11. *Санакулов К. С., Шеметов П. А.* Развитие циклично-поточной технологии на основе крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах // Горный журнал. — 2011. — № 8. — С. 34–37.
12. *Ракишев Б. Р.* Системы и технологии открытой разработки. — Алматы: «Гылым» 2003. — 328 с.
13. *Ракишев Б. Р.* Новые технологические комплексы на карьерах Казахстана / Проблемы и пути инновационного развития горнодобывающей промышленности. Материалы 6-ой международной научно-практической конференции. — Алматы, 2013. С. 26–33.
14. *Яколев В. Л., Кармаев Г. Д., Берсенев В. А., Сумина И. Г.* Новые решения в развитии циклично-поточной технологии // Горный журнал. — 2016. — № 10. — С. 54–60.
15. *Михайлов О. Ю., Горбатенко В. Д., Григорьев В. И., Серый С. С.* Перспективы использования запасов железистых кварцитов Лебединского и Стойло-Лебединского месторождений // Горный журнал. — 2017. — № 5. — С. 90–95. **ПЛАБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

*Ракишев Баян Ракишевич* — академик НАН РК, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: [b.rakishev@mail.ru](mailto:b.rakishev@mail.ru), Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан.

---

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 4, pp. 5–14.

**B.R. Rakishev**

## NEW LARGE OPEN PIT COPPER MINES IN KAZAKHSTAN

Kazakhstan's position in the world market of metals is specified, the influence of the mining and metallurgical industry (MMI) on the macroeconomic performance of the country is highlighted. It is shown that the MMI sector has 13% in GDP, 23% in the overall commercial production, 48% in the process industry and 20% in the export of the country. It is emphasized that the large contribution to the advancement in MMI of Kazakhstan is made by the development of new unique copper deposits. In 2015–2016 KAZ Minerals put in operation two of the world's largest copper mining and processing plants Bozshakol and Aktogay. The overall annual capacity of Bozshakol MPP in terms of ore processing is 30 Mt, including 5 Mt of kaolinized ore and 25 Mt of sulphide ore. The annual output of copper concentrate makes 75 thousand t for 46 years. The Aktogay open pit mine has been producing annually 28 Mt of ore within 54 years. The annual copper concentrate production is 100 thousand t. These open pit mines demonstrate the highest economic performance. The results are reached owing to huge ore reserves, low stripping ratio, multi-purpose utilization of produced raw material and development of non-commercial ore reserves. Bozshakol and Aktogay MPP are the largest and unique plants in CIS. They have comparable capacity with the world's biggest open pit mines such as Escondido,

Chuquicamata in Chile, Bingham in USA, SuperPit in Australia, Grasberg in Indonesia, and Muruntau in Uzbekistan. A positive benefit is the technological conversion to cyclic-and-continuous method of mining with the relevant combination of transport.

Key words: ore reserves, ore stripping and excavation capacities, open pit mine parameters, stripping ratio, mine-technical characteristics of Bozshakol and Aktogay open pit mines.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-4-0-5-14

## AUTHOR

Rakishev B.R., Academician of National Academy of Sciences of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair, e-mail: b.rakishev@mail.ru, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, 050013, Almaty, Kazakhstan.

## REFERENCES

1. Rakishev B. Diversification of the mining and metallurgical complex in Kazakhstan. *24th world mining congress procee*, Rio de Janeiro, Brazil, 2016, pp. 126–134.
2. Rau A. P. Problems of MMC should be solved comprehensively and systematically. *Mining and Metallurgical Industry*. Astana, 2015, pp. 5–8.
3. *Polugodovoy otchet gruppy KazMinerals za period, zakonchivshiy 30 iyunya 2016 goda* (Report of KazMinerals for 30th of June 2016). Consolidated financial statements – KAZ Minerals 30 June 2016.
4. KAZ Minerals PLC – *Nasha deyatel'nost' – Bozshakol'*. Proekt 2016 g. <http://www.kazminerals.com/ru/operations/bozshakol>.
5. KAZ Minerals PLC – *Nasha deyatel'nost' – Aktogay*. Proekt 2016 g. <http://www.kazminerals.com/ru/operations/aktogay>.
6. Castillo J., Miguel J. *The case of La Escondida mining company*. World Bank Publications. Washington, 2001, pp. 95–108.
7. Zablocki A. *Application of pre-splitting at Chugucamata mine, Chile*. Taylor & Francis Group. London, 2004, pp. 337–339.
8. Strack D. *Bingham and Garfield Railway*. Arcadia Publishing Charleston, South Carolina. 2011, pp. 27–38.
9. Frew E. *Transforming working mines into tourist attraction*. Taylor & Francis Group. United States of America. New York, 2010. pp.72–79.
10. J. Kumar Singh, A. Kumar, V. Kumar Singh, R. Kumar Singh, M. Kumar. *Steps towards affordable excellence in slope safety management technology for Indian surface mines*. Allied Publishers Pvt, Ltd. New Deih, India. 2017, pp. 492–494.
11. Sanakulov K.S., Shemetov P.A. *Gornyy zhurnal*. 2011, no 8, pp. 34–37.
12. Rakishev B.R. *Sistemy i tekhnologii otkrytoy razrabotki* (Systems and technologies of open development), Almaty, «Gylym», 2003, 328 p.
13. Rakishev B.R. *Problemy i puti innovatsionnogo razvitiya gornodobyvayushchey promyshlennosti*. Materialy 6-oy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Problems and ways of innovative development of the mining industry. Proceedings of the 6th international scientific and practical conference), Almaty, 2013, pp. 26–33.
14. Yakolev V.L., Karmaev G.D., Bersenev V.A., Sumina I.G. *Gornyy zhurnal*. 2016, no 10, pp. 54–60.
15. Mikhaylov O.Yu., Gorbatenko V.D., Grigor'ev V.I., Sery S.S. *Gornyy zhurnal*. 2017, no 5, pp. 90–95.

## FIGURES

Fig. 1. 3D image of Bozshakol open pit mines: (a) Central; (b) Eastern.

Fig. 2. Production infrastructures at Bozshakol MPP.

Fig. 3. Loading of ore by electro-hydraulic excavator at Aktogay OPM.

Fig. 4. General view of mining operations at Central OPM of Bozshakol MPP.

## TABLES

Table 1. Key parameters of open pit mines of KAZ Minerals.

Table 2. Stripping and production at Bozhakol MPP open pit mines per years of life.

Table 3. Stripping and production at Aktogay MPP open pit mines per years of life.