



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКИ НА ШАХТЕ

Т. П. Дарбинян¹, Е. Г. Малиновский², А. А. Еременко³

¹Заполярный филиал ПАО “ГМК “Норильский никель”, E-mail: DarbinyanTP@npr.nornik.ru,
пл. Гвардейская 2, г. Норильск 663302, Россия,

²Институт горного дела, геологии и геотехнологий СФУ: E-mail: EMalinovskiy@sfu-kras.ru,
пр. Красноярский рабочий 95, г. Красноярск 660025, Россия,

³Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: eremenko@ngs.ru,
Красный проспект 54, г. Новосибирск 630091, Россия

Определены направления совершенствования технологии очистной выемки с учетом конструктивных параметров геотехнологии и фигуры выпуска руды. Рассмотрены эффективные варианты систем разработки подэтажного обрушения с породной подготовкой и породным целиком над буродоставочным горизонтом, а также рудной подготовкой.

Месторождение, руда, технология, очистная выемка, выработка, система разработки

IMPROVING THE STOPING TECHNOLOGY AT THE MINE

T. P. Darbinyan¹, E. G. Malinovsky², and A. A. Eremenko³

¹Polar Division of “MMC “Norilsk Nickel”, E-mail: DarbinyanTP@npr.nornik.ru,
Gvardeiskaya pl. 2, Norilsk 663302, Russia,

²SFU Institute of Mining, Geology and Geotechnologies: E-mail: EMalinovskiy@sfu-kras.ru,
pr. Krasnoyarskiy rabochiy 95, Krasnoyarsk 660025, Russia,

³Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
E-mail: eremenko@ngs.ru, Krasny pr. 54, Novosibirsk 630091, Russia

The trends of improving the technology of stope mining are determined, taking into account the design parameters of geotechnology and the figure of ore drawing. Efficient options of sublevel caving with rock preparation and rock pillar above the drill haulage horizon, as well as ore pretreatment are considered.

Deposit, ore, technology, stoping, working, mining system

Определены следующие направления совершенствования технологии очистной выемки:

— изменение параметров применяемых на руднике систем этажного (подэтажного) обрушения, с учетом выявленных в процессе физического и математического моделирования выпуска руды под обрушенными породами, сыпучих свойств среды и кинематики формирования потерь и разубоживания;

— обоснование вариантов систем разработки этажного (подэтажного) обрушения, обеспечивающих максимальное расширение выпускного отверстия, что позволит в условиях пологого залегания рудных тел на месторождении снизить величину потерь и разубоживания;

— создание вариантов систем разработки с камерно-столбовым и камерно-целиковым порядком выемки для участков залежи мощностью менее 15.0 м.

При определении возможных направлений совершенствования применяемых на шахте систем этажного (подэтажного) обрушения учитывались следующие принципы и ограничения:

— максимальное вписывание фигур выпуска руды в контуры отбиваемого слоя;

— соблюдение допустимых размеров целиков между подготовительными и нарезными выработками;

— максимально возможное снижение количества сопряжений между подготовительными и нарезными выработками.

Максимальное вписывание фигур выпуска руды в контуры отбиваемого слоя в условиях крутопадающих залежей при неограниченной высоте рудного тела по падению достигается путем подэтажной выемки с шахматным смещением буродоставочных ортов в смежных подэтажах (рис. 1).

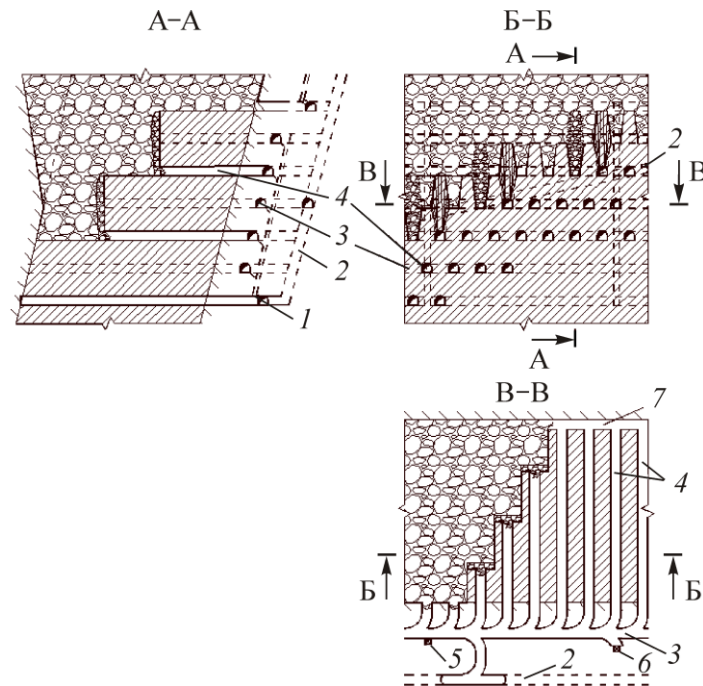


Рис. 1. Система разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском: 1 — откаточный штрек; 2 — наклонный съезд; 3 — подэтажные штреки; 4 — буродоставочные орты; 5 — восстанавливающий; 6 — рудопуск; 7 — отрезной штрек

В условиях пологих залежей такое техническое решение не дает аналогичных результатов, так как мощности рудного тела недостаточно для размещения двух-трех полноценных подэтажей. В результате только один или два подэтажа в зависимости от мощности залежи оптимально вписываются в контур рудного тела, для остальных подэтажей характерны повышенные потери или разубоживание (рис. 2).

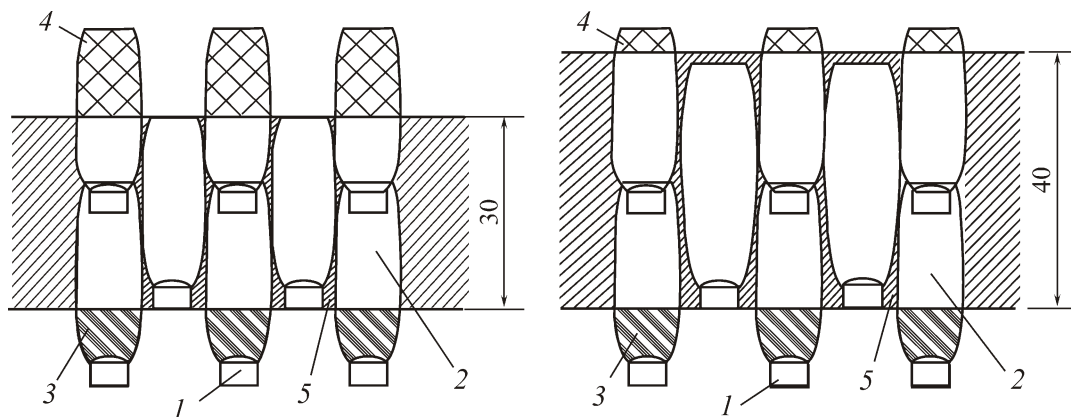


Рис. 2. Формирование потерь и разубоживания при подэтажном обрушении с торцовым выпуском для пологих залежей: 1 — буродоставочные орты; 2 — фигуры выпуска; 3 — селективная выемка (или разубоживание); 4 — разубоживание; 5 — потери

В результате анализа возможных вариантов вписывания фигур выпуска в контуры пологой залежи определено, что при мощности залежи менее 30 м применение подэтажного расположения выпускных выработок в шахматном порядке нерационально. При мощности залежи менее 30 м целесообразно применять этажный порядок выемки с расстоянием между буродоставочными ортами, обеспечивающими взаимное перекрытие фигурами выпуска контура рудного тела. Однако в этом случае целики между буродоставочными ортами будут меньше допустимой минимальной величины.

Увеличение размеров междуортных целиков достигается путем углубления буродоставочных ортов ниже контакта руда–порода. Такое решение приводит к увеличению объемов селективной выемки породного целика, а при ее отсутствии — к росту разубоживания. При этом при мощности рудного тела менее 25 м расположение буродоставочных ортов не обеспечивает достаточного вписывания фигур выпусков в контур рудного тела.

Более эффективно разнесение буродоставочных ортов по высоте (рис. 3). Данный вариант имеет следующие достоинства: более полное вписывание фигур выпуска в контур рудного тела, увеличение размеров междуортных целиков; уменьшение количества ортов с селективной выемкой породного целика, уменьшение количества сопряжений буродоставочных ортов и доставочных штреков.

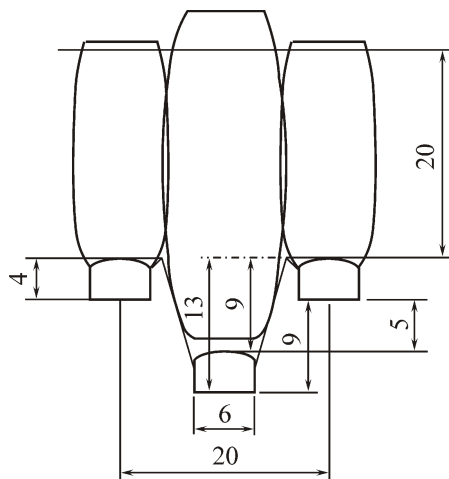


Рис. 3. Параметры рекомендуемой системы этажного обрушения с торцовым выпуском для пологих залежей с породной подготовкой

Для снижения разубоживания обязательным условием является селективная выемка породного предохранительного целика, который при данном варианте системы разработки больше направлен на увеличение ширины выпуска с целью расширения фигуры выпуска. При наличии неустойчивых пород на нижнем контакте залежи породный целик оставляется над буродоставочными ортами обоих горизонтов в качестве предохранительного.

Как показывает отечественный и мировой опыт применения системы разработки с торцевым выпуском руды под обрушенными породами, одним из направлений повышения показателей извлечения и снижения разубоживания считается расширение выпускного отверстия за счет расширения фронта забора руды (рис. 4, 5) [1–6].

В зависимости от устойчивости массива расширение фронта забора руды увеличивалось вплоть до создания забоя (рис. 4а). В условиях пониженной устойчивости пород ниже почвы залежи представляется целесообразным рассмотреть возможность применения варианта системы этажного (подэтажного) обрушения с торцевым выпуском руды с расширением буродоставочного орта и рудной подготовкой.

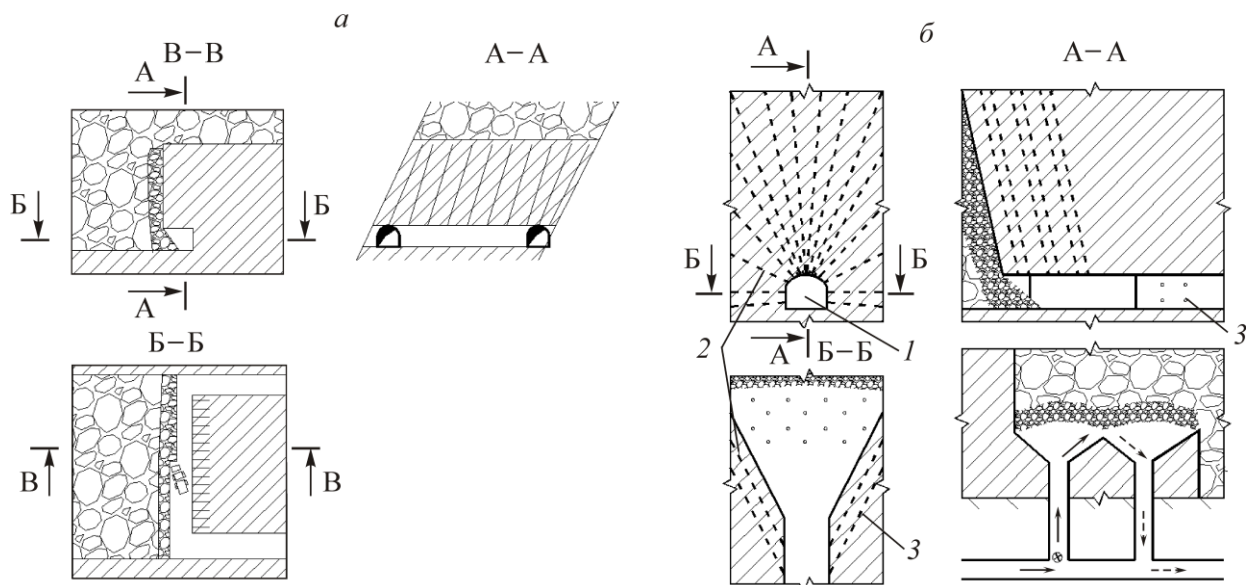


Рис. 4. Система разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском с расширением буродоставочного орта: *а* — рудник Кируна; *б* — рудник Шерегеш; 1 — буродоставочный орт; 2 — скважины основного веера; 3 — скважины формирования расширения

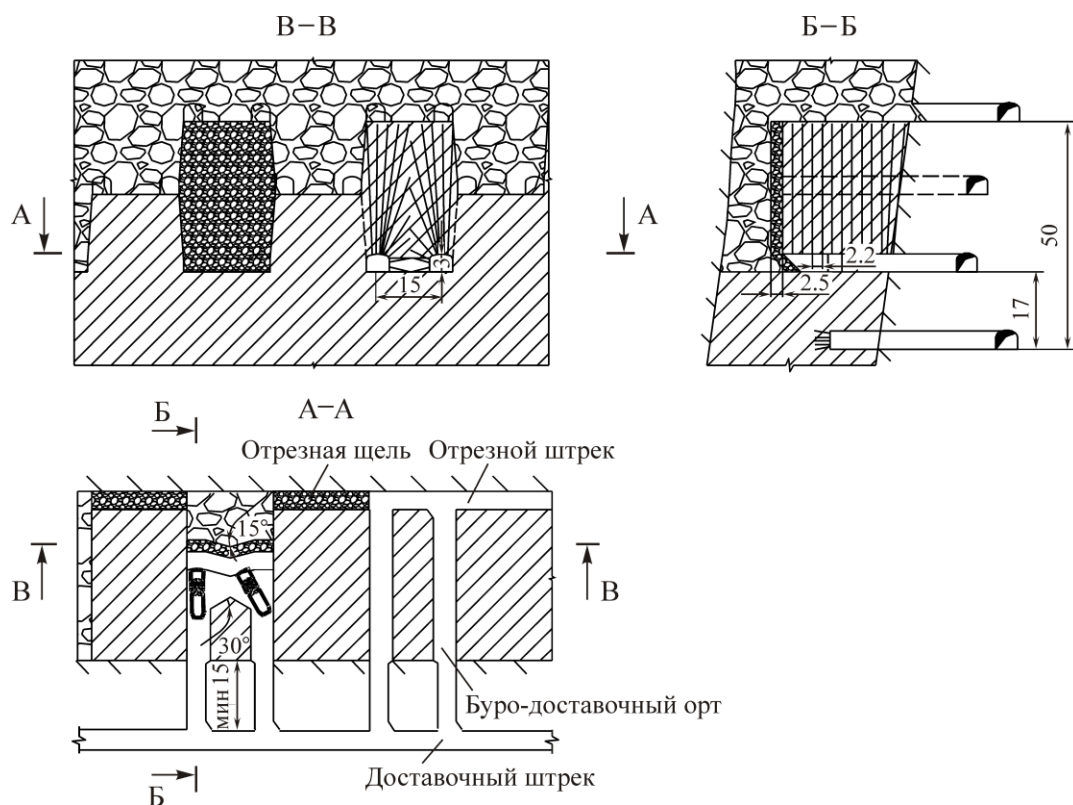


Рис. 5. Система разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском со спаренными буродоставочными ортами

При определении возможного конструктивного исполнения предлагаемой системы разработки учитывались упоминавшиеся принципы и ограничения. Вписывание фигур выпуска в контур рудного тела достигается в достаточно большом диапазоне мощностей залежи. Основным ограничением для применения этой системы разработки является устойчивость рудного массива в период от создания расширения до выпуска отбитого слоя руды.

Достоинства данного варианта — снижение объема подготовительных выработок, проводимых по породе; более полное вписывание фигур выпуска в контур рудного тела; уменьшение количества сопряжений буродоставочных ортов и доставочных штреков.

Сравнение вариантов систем разработки для залежи мощностью 4–15 м при валовой ценности товарной руды 16895 руб./т

Мощность залежи, м	Система разработки	Прибыль, руб./т	Разубоживание, %	Потери, %
4	Камерно-столбовая	2066	55.7	6.88
5	Этажного (подэтажного) обрушения (базовый вариант)	836	81.67	8.33
	Камерно-столбовая	1960	57.73	7.28
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	3110	22.78	3.70
6	Камерно-столбовая	1772	61.63	7.53
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	3096	22.81	6.06
7	Камерно-столбовая	1596	65.36	7.68
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	3272	22.84	3.49
8	Камерно-столбовая	1446	68.57	7.79
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	3283	22.28	5,31
9	Камерно-столбовая	1333	70.97	7.90
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	3640	20.31	0.0
10	Этажного (подэтажного) обрушения (базовый вариант)	1398	61.61	19.75
	Камерно-столбовая	1246	72.96	7.67
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	3518	17.25	8.33
11	Камерно-столбовая	1142	75.21	7.74
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	2692	28.08	6.78
12	Камерно-столбовая	1064	76.87	7.83
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	2666	31.66	3.0
13	Камерно-столбовая	994	78.36	7.89
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	2636	32.07	5.14
14	Камерно-столбовая	972	78.81	7.99
	Этажного (подэтажного) обрушения полевая подготовка	2387	31.14	21.6
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	2827	31.33	2.89
15	Этажного (подэтажного) обрушения (базовый вариант)	2022	48.29	16.73
	Камерно-столбовая	951	79.24	8.08
	Этажного (подэтажного) обрушения полевая подготовка	2536	30.11	19.89
	Этажного (подэтажного) обрушения рудная подготовка	2831	31.30	4.17

Для сравнительной оценки вариантов систем разработки осуществлен расчет оптимальных величин потерь и разубоживания при следующих условиях: мощность залежи 20 м, угол падения залежи 0°, угол наклона веера скважин 85°, валовая ценность товарной руды 16 895 руб./т. При этом базовый вариант системы разработки этажного (подэтажного) обрушения имеет оптимальные параметры: расстояние между осями буродоставочных ортов 12.5 м, ширина буродоставочных ортов 4 м, толщина породой потолочины 2 м, толщина выпускаемого слоя руды 2.5 м.

Вариант системы разработки этажного (подэтажного) обрушения с породной подготовкой и породным целиком над обоими буродоставочными горизонтами имеет оптимальные параметры: расстояние между осями буродоставочных ортов 20 м, ширина буродоставочных ортов 6 м, толщина породой потолочины 2 и 11 м, толщина выпускаемого слоя руды 2.5 м; для варианта системы разработки этажного (подэтажного) обрушения с породной подготовкой и пород-

ным целиком над одним буродоставочным горизонтом расстояние между осями буродоставочных ортов 21 м; ширина буродоставочных ортов 6 м; толщина породой потолочины 0 и 9 м; толщина выпускаемого слоя руды 2.5 м; для варианта системы разработки этажного (подэтажного) обрушения с рудной подготовкой расстояние между осями буродоставочных ортов 15 м; ширина буродоставочных ортов 6 м; толщина породой потолочины 12 м; толщина выпускаемого слоя руды 2.5 м.

В результате расчета устойчивых размеров несущих элементов камерно-столбовой системы разработки найдены балансы руды и рудной массы при различной мощности залежи в диапазоне от 4 до 15 м с шагом 1 м. Для этих же диапазонов мощностей определены показатели извлечения и вариантов для систем этажного (подэтажного) обрушения.

В таблице приведены сравнительные характеристики потерь и разубоживания при различной мощности залежи в диапазоне от 4 до 15 м для систем разработки камерно-столбовой и этажного (подэтажного) обрушения. Видно, что наилучшие показатели обеспечивает система разработки этажного (подэтажного) обрушения с рудной подготовкой.

ВЫВОДЫ

Выявлены перспективные с позиций безопасности и эффективности системы разработки, применимые в условиях месторождения, а именно: варианты системы разработки этажного (подэтажного) обрушения и варианты камерно-столбовых систем разработки. С целью определения условий эксплуатации и безопасных параметров систем разработки и их вариантов проведена оценка горно- и геотехнических рисков для горно-геологических условий месторождения:

- найдены допустимые пролеты обнажений, равные 7 м для камерных выработок, до 14 м — для протяженных;
- рассчитаны устойчивые размеры опорных ленточных и панельных целиков в зависимости от мощности залежи;
- показана нецелесообразность возврата к применению системы этажного обрушения с двухстадийной выемкой.

На основании представленных вариантов систем разработки с учетом рассчитанных безопасных размеров конструктивных элементов систем разработки предложены направления совершенствования очистной выемки на шахте:

- модернизация действующего варианта системы этажного (подэтажного) обрушения с породной подготовкой, направленная на выбор положения выпускных выработок, обеспечивающего максимальное соответствие контура отбиваемого слоя руды формируемой фигуре выпуска;
- разработка варианта системы этажного (подэтажного) обрушения с рудной и максимально возможным расширением выпускного отверстия при торцевом выпуске;
- анализ вариантов камерно-столбовой системы разработки для участков залежи мощностью от 4 до 15 м;
- сравнение рассмотренных систем разработки при различной мощности залежи с целью определения оптимальных условий применения каждого варианта.

Показало, что при рассчитанном соотношении между размерами камер и целиков камерно-столбовая система разработки является более эффективной по сравнению с применяемым в настоящее время вариантом подэтажного (этажного) обрушения при мощности залежи до 10 м, новые варианты системы разработки подэтажного (этажного) обрушения с породной и рудной подготовкой эффективнее по сравнению с камерно-столбовой системой и вариантом подэтажного (этажного) обрушения, а варианты системы разработки подэтажного (этажного) обрушения с рудной подготовкой предпочтительнее по сравнению с вариантом системы разработки подэтажного обрушения с породной подготовкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Eremenko A. A., Shaposhnik Yu. N., Filippov V. N., and Konurin A. I.** Development of scientific foundations of safe and effective geotechnology in the development of rockburst hazardous fields in Western Siberia and the Far North, *Mining Journal*, 2019, no. 10, pp. 33–39. (in Russian) [**Еременко А. А., Шапошник Ю. Н., Филиппов В. Н., Конурин А. И.** Развитие научных основ безопасной и эффективной геотехнологии при освоении удароопасных месторождений Западной Сибири и Крайнего Севера // *Горный журнал*. — 2019. — № 10. — С. 33–39.]
2. **Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В.** Design principles for integrated development of ore deposits with combined technology, *Journal of Mining Science*, 2008, no. 6, pp. 58–66.] [**Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В.** Принципы проектирования комплексного освоения рудных месторождений комбинированной технологией // *ФТПРПИ*. — 2008. — № 6. — С. 58–66.]
3. **Guidelines** for establishing the dimensions of chambers and pillars in chamber systems for the development of non-ferrous metal ores, Leningrad, VNIMI, 1972, 82 pp. [**Методические указания** по установлению размеров камер и целиков при камерных системах разработки руд цветных металлов. — Л.: ВНИМИ, 1972. — 82 с.]
4. **Курленя М. В., Еременко А. А., Цинкер Л. М., Шрепп Б. В.** Technological problems of the development of iron ore deposits in Siberia, Novosibirsk, Nauka, 2002, 240 pp. [**Курленя М. В., Еременко А. А., Цинкер Л. М., Шрепп Б. В.** Технологические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири. — Новосибирск: Наука, 2002. — 240 с.]
5. **Байконуров О. А., Рыков А. Т.** Improvement of block bottoms in mines, Moscow, 1977, 159 pp. [**Байконуров О. А., Рыков А. Т.** Совершенствование днищ блоков на рудниках. — М.: Недра, 1977. — 159 с.]
6. **Дубынин И. Г., Рябченко Е. П.** Breaking of ore with charges of wells of various diameters, Novosibirsk, Nauka, 1972, pp. 11–85. [**Дубынин И. Г., Рябченко Е. П.** Отбойка руды зарядами скважин различного диаметра. — Новосибирск: Наука, 1972. — С. 11–85.]