



ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БВР ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТЫ ВЫЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

По результатам экспериментальных взрывных работ на карьерах с изменением сетки скважин, интервалов замедления и удельного расхода взрывчатых веществ, при помощи портативного прибора «Portal metrics» проведены исследования гранулометрического состава подготовленной к выемке вскрышной породы. Качество подготовленной вскрышной породы позднее оценивалось по результатам работы выемочного оборудования, в том числе экскаватора типа прямая лопата. На основании полученных данных предложены параметры взрывной сети и оптимальная высота уступа, обеспечивающие улучшение фракционного состава взорванной вскрышной породы, снижение аварийности производственных процессов, увеличение срока службы выемочно-погрузочного оборудования, повышение производительности экскаваторов. По результатам экспериментов и анализа работы экскаватора установлена зависимость производительности выемочно-погрузочного оборудования от параметров взрывных работ.

Ключевые слова: буровзрывные работы, сетка скважин, выход негабаритов, удельный расход взрывчатого вещества, производительность экскаватора, высота уступа.

Старков А.Е.
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»
аспирант кафедры разработки
месторождений полезных ископаемых
starkov.itu@rambler.ru

Тальгамер Б.Л.
д-р техн. наук
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»
заведующий кафедрой разработки
месторождений полезных ископаемых

Константинов И.А.
ООО «Компания Востсибуголь»
горный инженер

Еще полвека назад на территории Дальнего Востока разрабатывали преимущественно россыпные месторождения золота. Так, например в 2000 году на территории Амурской области доля добычи россыпного золота занимала свыше 90%; а на конец 2022г. она снизилась до 39% [1]. Такие темпы увеличения доли добычи рудного золота обеспечены стабильно высокой его ценой, низкой себестоимостью переработки и относительно приемлемым содержанием металла в руде. Вместе с тем во вновь вовлекаемых в эксплуатацию запасах отмечается ухудшение горнотехнических и технико-экономических показателей разработ-

Таблица 1.

Проектные показатели взрывов при высоте вскрышного уступа 5 м и сетке скважин 5×5м.

Наименование показателя	При крепости пород $f=10-14$		При крепости пород $f=19$	
	Гранулит РП	Нитронит	Гранулит РП	Нитронит
Удельный расход ВВ	0,746	0,880	0,957-1,010	1,128-1,192
Выход ВГМ с 1 п.м.	16,4-18,2		16,4-18,2	

ки золоторудных месторождений: снижаются содержания полезного компонента в руде и коэффициент извлечения металла. С тотальным переходом на отработку коренных месторождений, сложенных преимущественно из скальных, изредка полускальных пород, подготовка пород к выемке приобрела более значимый статус в структуре золотодобычи. Это является весомой причиной оптимизации затрат на горные работы, как основной статьи расходов на при добыче драгоценного металла. Надежная прогнозная оценка затрат на буровзрывные работы представляет весьма актуальную задачу как для специалистов-проектировщиков, так и для горных предприятий [2-10].

Характеристика исследуемого объекта

Исследуемым объектом является золоторудное месторождение Наседкино, расположенное в Могочинском районе Забайкальского края, разработка которого осуществляется открытым способом. Вскрышные породы (гнейсы, амфиболиты), являются прочными скальными. Прочность при одноосном сжатии изменяется от 105 до 210 МПа при среднем значении 143 МПа, величина сцепления в образце – от 22 до 70 МПа при среднем значении для толщи пород 49 МПа, угол внутреннего трения – от 27 до 39,7° при среднем значении 32,6°. Плотность колеблется от 2,7 до 2,87 т/м³ при среднем значении 2,80 т/м³. Категория пород по трещиноватости (классификация Межведомственной комиссии по взрывному делу): руда – III-V; вскрышная порода – III-V. Руды и породы вскрыши не токсичны, не газоносны, не самовозгораемы.

Проектной документацией приняты следующие параметры горных работ:

- высота рабочего уступа по руде – 5 м;
- по вскрыше – 5-10 м;
- высота уступа при погашении – 20 м;
- ширина рабочей площадки на добычном горизонте – 44,5 м;
- на вскрышном горизонте – 62,1 м;
- угол откоса рабочего уступа для вскрышных пород – 70°.

Бурение взрывных скважин осуществляется собственными силами предприятия, взрывные работы на участке проводятся подрядной организацией. Расчетные показатели БВР приведены в **табл. 1**.

Как показала практика, принятая проектом сетка скважин 5×5м не эффективна, а сгущение сетки до 4×4м, 3×3м не всегда дает необходимый эффект. При этом существенно увеличивается удельный расход ВВ и, как следствие, себестоимость добычи сырья. Так, за два года эксплуатации месторождения Наседкино на экскаваторе Komatsu PC-750-7 была произведена замена двигателя раза (основной причиной тому является работа на повышенных оборотах при выемке плохо подготовленных пород), оборотный ковш всегда готов к замене (за это время замена ковша была произведена больше 20 раз), простой по сварочным работам на навесном оборудовании составил более 1500 часов/год, или 60% всех технических простоев, включая техническое обслуживание и плановый ремонт. При некачественном рыхлении пород возникает ряд технических (непрогнозируемые неисправности горного-транспортного и обогательного оборудования) и технологических осложнений (вскрышные породы зачастую используются как строительный материал при отсыпке дорог и гидротехнических сооружений, а из-за негабаритов эти работы трудноосуществимы) [11-14].

Обоснование высоты вскрышного уступа при разработке массива взорванной горной массы для экскаватора типа прямая лопата

При использовании уступов высотой 10м наблюдается не проработка подошвы (требуется дополнительное рыхление бульдозером), большой выход негабарита ведет к уменьшению производительности экскаваторов. Для снижения удельного расхода ВВ и получения наиболее качественно подготовленной взорванной горной массы необходимо снижение высоты уступа.

Анализ работы экскаваторов PC-1250 №201-202 выполнен с целью определения соответствия горного оборудования принятым параметрам горных работ.

Из полученных данных можно сделать вывод, что работа экскаватора менее эффективна при разработке массива разрушенных пород высотой 10м, чем при высоте уступа 5м. Фактическая часовая производительность экскаватора составила 182 м³/ч при работе на 10м уступе и 211м³/ч при работе на 5м уступе соответственно.

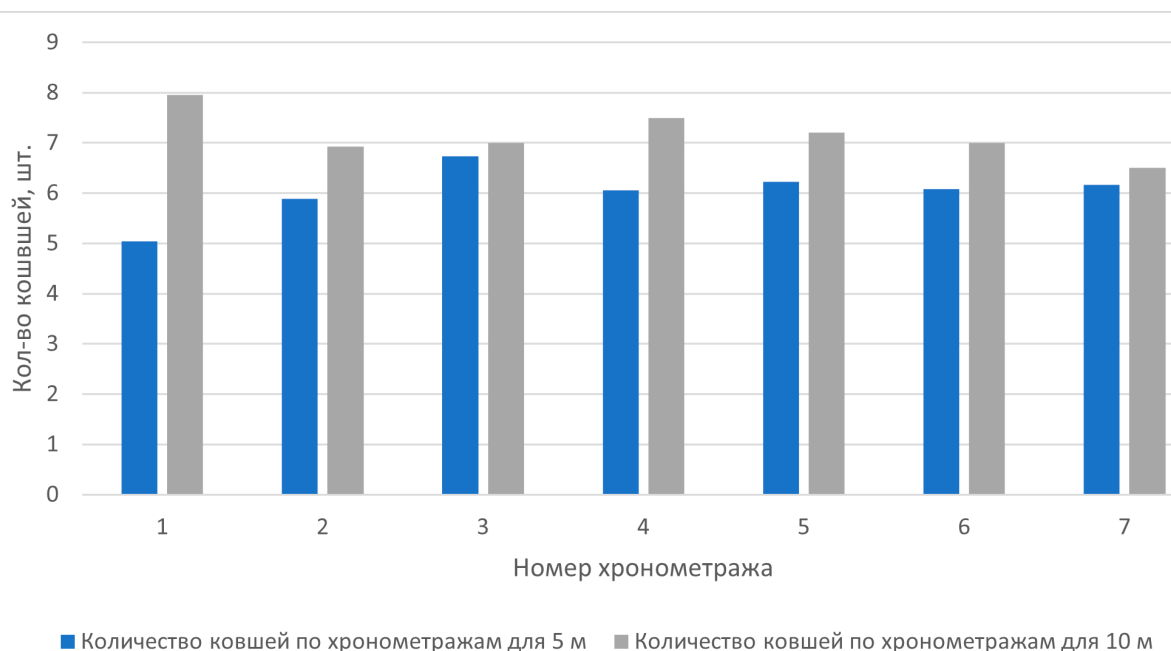


Рис.1. Среднее количество ковшей экскаватора Komatsu PC-1250 при загрузке ГМ в автосамосвалы при на 5 м и 10 м уступах.

Для выявления зависимости между коэффициентом наполнения ковша и производительностью были проанализированы фактические производственные показатели экскаваторов в период с 01.01 по 18.09.2022г. На основании хронометража выемочно-погрузочных работ был рассчитан коэффициент наполнения ковша и спрогнозировано отклонение производительности экскаваторов от плановых показателей (рис.2).

В 2022г. специалистами Участка буровзрывных работ ООО «Дальцветмет» совместно с технической службой ООО «АМС» с целью оптимизации параметров буровзрывных работ были произведены изменения сетки бурения скважин. увеличить выход горной массы с одного погонного метра скважины, снизить удельный расход ВВ посредством применения универсальной скважинной забойки при зарядании обводнённых скважин. Контроль качества взорванной горной массы (ВГМ) осуществлялся портативным прибором PortaMetrics. В результате было достигнуто улучшение качества ВГМ и снижение выхода негабарита.

Анализ был выполнен по фактическим результатам проведенных взрывных работ на карьере «Желанный Северный» с января по август 2022 года. За этот период был произведен подбор оптимальной взрывной сетки скважин и выполнен хронометраж работы экскаватора типа «прямая лопата» на уступах 5 и 10м. Также были произведены испытания с изменениями параметров буровзрывных работ при взрывании

уступов высотой 5 и 10 м. Целью испытаний было получение минимально возможного удельного расхода ВВ, снижение выхода негабарита, а также повышение выхода горной массы с одного пробуренного метра скважины.

Для того чтобы показать разницу между объемами бурения при использовании различной сетки скважин, использовался эталонный объем взорванной горной массы, Удельный расход ВВ и выход горной массы с 1м³ установлены по фактическим данным

По приведенным выше показателям можно сделать вывод: для снижения удельного расхода ВВ и получения качественно взорванной горной массы необходимо уменьшение параметров сетки бурения скважин. Критериями выбора сетки бурения являлось получение минимального объема буровых работ, и как следствие снижение затрат на бурение при оптимальном выходе негабарита и оптимальном удельном расходе ВВ. По результатам испытаний была принята сетка 4,5x4,5м.

Из рис.1 видно, что с февраля 2022г. после изменения параметров буровзрывных работ удалось увеличить производительность экскаваторов за счет улучшенной проработки развала взорванной горной массы с уменьшением выхода негабарита. Коридор значений производительности в разрезе по месяцам сместился в большую сторону. В период с февраля по июль 2022г. производительность экскаватора №201 значительно выше плановой от 7% до 27%.

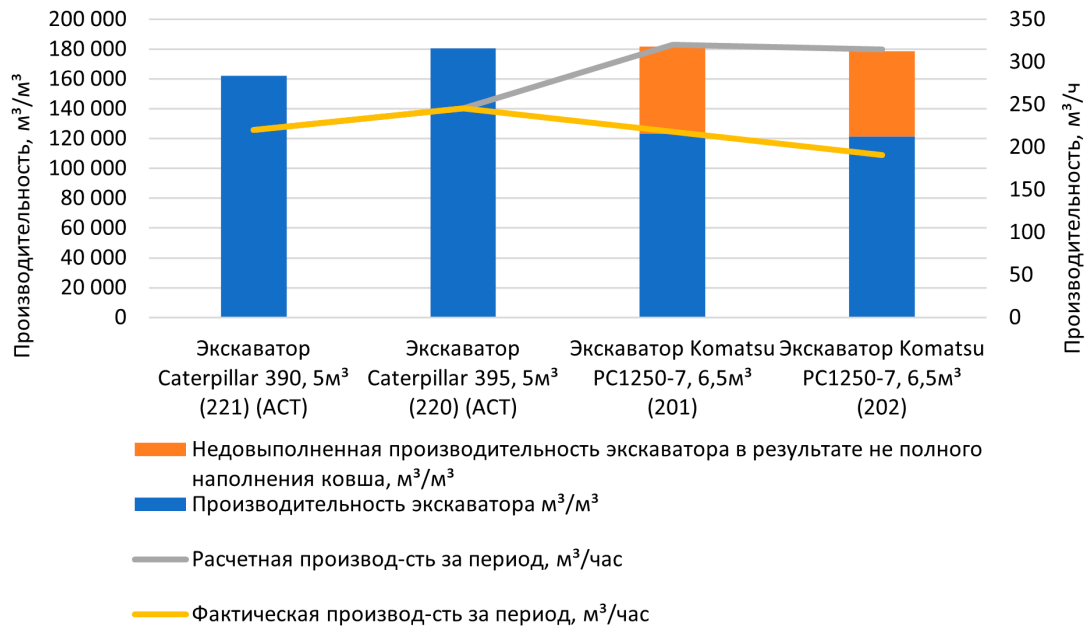


Рис. 2. Q фактическая и расчетная удельная производительность экскаваторов, м³/м³, от за период 01.01-18.09.2022г

Таблица 2. Основные показатели буровзрывных работ при разной сетке скважин.

Показатель	Параметры сетки скважин		
	4,5×4,5	4×4,5	4×4
Удельный расход ВВ, кг/м³	0,84	0,93	0,91
Объем бурения, тыс. м	9,23	9,87	12,14
Выход негабаритов, %	5	4	6
Выход горной массы, м³/м	18	16	14
Объем ВГМ, тыс. м³	10		

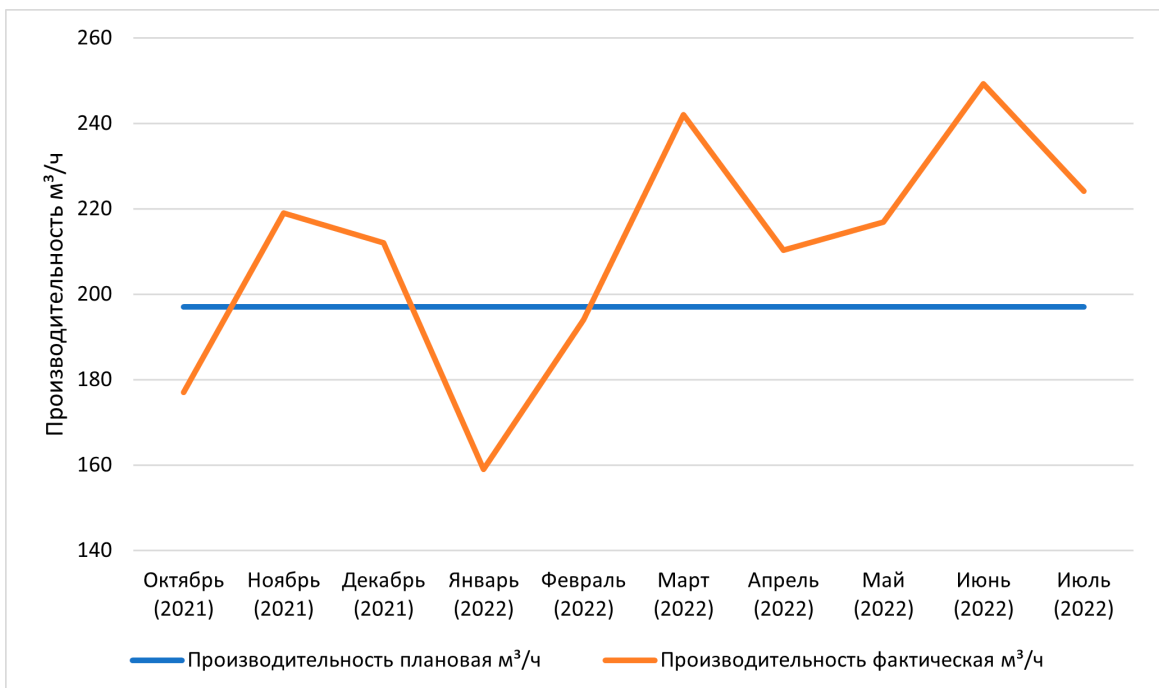


Рис. 3. Производительность экскаватора PC-1250 №201 до (февраль 2022г) и после изменения параметров БВР.

Вывод:

1) По результатам исследований были оптимизированы и обоснованы параметры БВР с сеткой бурения 4,5x4,5 м и обоснована высота рабочего уступа (не более 5 м) и удельный расход ВВ составляет (0,85 кг/м³). Выход негабарита составил 4,0%, что в свою очередь позволит в дальнейшем уменьшить затраты на их разрушение.

2) Установлено, что при взрывании с сеткой 4,5x4,5 м уступами 10 м, повышается выход негабарита (5,1%) при удельном расходе ВВ-0,91 м³/кг. Из этого следует: чтобы улучшить подготовку пород к выемке при взрывании 10 м уступов до характеристик, эквивалентным уступу 5 м, необходимо увеличение удельного расхода ВВ на 25%, что ведет к удорожанию взрывных работ. ❶

Литература

1. Комащенко В.И., Анциферов С.В., Саммаль А.С. Влияние структурных особенностей и физико-механических свойств массивов на качество взрывной подготовки руды и эффективность защиты окружающей среды // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. Вып. 3. С. 190-203.
2. Головин К.А., Ковалев Р.А., Копылов А.Б. Прогнозирование расположения зон разрушения массива в ходе проведения взрывных работ. // Известия ТулГУ. Науки о Земле, 2017 вып 4. С. 293-302
3. Белин В.А., Горбонс М.Г., Мангуш С.К., Эквист Б.В. Новые технологии ведения Взрывных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. С. 87-102.
4. Пыталев И.А., Доможиров Д.В., Швабенланд Е.Е., Прохоров А.А., Пронин В.В. способ повышения качества подготовки пород к выемке при использовании эмульсионных взрывчатых веществ на карьерах с высокими уступами. // Горная промышленность. 2021; С. 62-67 DOI:10.30686/1609-9192-202-6-62-675)
5. Кузнецов В. А. Обобщенная прогнозная оценка себестоимости бурения взрывных скважин и шпуров // ГИАБ. 2007. №12. С. 126-136.
6. Рубцов С. К., Шлыков А. Г., Прохоренко Г. А., Шеметов П. А., Бирик И. П., Вахрушев Ю. П., Филь В. И. Совершенствование технологических процессов буровых работ на карьерах новейшего ГКМ // ГИАБ. 2001. С. 89-90. №11.
7. 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 КузГТУ. 2017. №3 (121). С. 87-94.
8. Лель Ю. И., Захаров А. В. Эффективность эксплуатации новых моделей буровых станков на карьерах Урала // ГИАБ. 2011. №6. С. 199-206.
9. Бовин К. А., Гилев А. В., Шигин А. О., Плотников И. С. Анализ эксплуатации техники бурения взрывных скважин на карьерах Красноярского края и Республики Хакасии // Известия СО РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2017. №3 (60). С. 99-106.
10. Виноградов Ю.И., К вопросу проектирования буровзрывных работ на месторождениях со сложным геологическим строением на примере куранахского рудного поля / С. В. Хохлов, Р. Р. Зигангиров, Р. А. Рахманов // Взрывное дело. 2022. № 137-94. С. 45-65.
11. Estimation of Rock Mass Strength in Open-Pit Mining / A. A. Pavlovich, V. A. Korshunov, A. A. Bazhukov, N. Ya. Melnikov // Journal of Mining Institute. 2019. Vol. 239. P. 502-509. DOI 10.31897/PMI.2019.5.502.
12. Бовин К. А., Гилев А. В., Шигин А. О., Плотников И. С. Анализ эксплуатации техники бурения взрывных скважин на карьерах Красноярского края и Республики Хакасии
13. Зигангиров Р.Р., Алгоритм определения зависимости между параметрами бурения и физико-механическими свойствами горных пород / Ю. И. Виноградов, С. В. Хохлов, Р. А. Рахманов // Взрывное дело. – 2021. № 133-90. С. 122-136.
14. Korshunov, V. A. Strength estimation of fractured rock using compression-a specimen with spherical indenters / V. A. Korshunov, D. A. Solomoychenko, A. A. Bazhukov // Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses : SET OF 2 VOLUMES, Saint Petersburg, 22-26 мая 2018 года. Vol. 1-2. – Saint Petersburg: Taylor & Francis Group, London, UK, 2018. P. C. 299-306.
15. Протосеня, А. Г. Определение масштабного эффекта прочностных свойств трещиноватого горного массива / А. Г. Протосеня, П. Э. Верило // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. № 1. С. 167-176.

UDC: 622.235

A.E. Starkov, postgraduate student of the Department of Mineral Deposit Development, Irkutsk National Research Technical University, starkov.itu@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4589-1682>

B.L. Talgamer, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Mineral Deposit Development, Irkutsk National Research Technical University,

I.A. Konstantinov, mining engineer Vostsibugol Company LLC,

JUSTIFICATION OF DRILLING AND BLASTING PARAMETERS IN THE DEVELOPMENT OF OVERBURDEN ROCKS BASED ON THE RESULTS OF THE WORK OF EXCAVATION AND LOADING EQUIPMENT

Abstract: Based on the results of experimental blasting operations in quarries with changes in the grid and depth of wells, deceleration intervals and specific consumption of explosives, using the portable device «Portal metrics», studies of the granulometric composition of the overburden rock prepared for excavation were carried out. The quality of the prepared overburden was later assessed based on the results of the work of excavation equipment, including a straight shovel type excavator. Based on the data obtained, the parameters of the blasting network and the optimal bench height were proposed to ensure improved quality of the fractional composition of the overburden rock, a reduction in the accident rate of production processes, an increase in the service life of excavation and loading equipment, and an increase in the productivity of excavators. Based on the results of the experiments, an analysis of the performance of the excavator was carried out, and the dependence of the performance of excavation and loading equipment on the parameters of blasting operations was established.

Keywords: drilling and blasting operations, well pattern, oversized output, specific consumption of explosives, excavator productivity, bench height.