© В.М. Лизункин, С.В. Шурыгин, М.В. Лизункин, 2015

УДК 622.272/.275; 622.233::622.235

В.М. Лизункин, С.В. Шурыгин, М.В. Лизункин

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОТБОЙКИ РУДЫ ПАРАЛЛЕЛЬНО-СБЛИЖЕННЫМИ ЗАРЯДАМИ ПРИ ОТРАБОТКЕ УРАНОВЫХ РУД СТРЕЛЬЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ[*]

В настоящее время и перспективе актуальной задачей для ПАО «ППГХО» является поддержание объемов и рентабельности производства урана в условиях тенденции сокращения его в остаточных запасах руды и увеличения доли разработки маломощных рудных тел по мере углубления горных работ. Отрабатывать такие запасы традиционными подземными физико-техническими геотехнологиями, как показывает отечественная и мировая практика, является нерентабельным. В современных рыночных отношениях отработка залежей с «бедными» рудами, составляющими 20% от общих запасов, нетрадиционной физико-химической геотехнологией блочного подземного выщелачивания (БПВ) урана является весьма перспективным направлением, расширяющим сырьевую базу предприятия. Важнейшим показателем, определяющим эффективность подземного выщелачивания, в том числе полноту извлечения полезного компонента, является обеспечение заданной крупности кусков дробленого продукта, что достигается применением обоснованнных рациональных параметров буровзрывных работ (БВР). Представлены результаты экспериментальных исследований технологического процесса буровзрывной подготовки урановых руд к блочному подземному выщелачиванию. Приведены сравнительные показатели параметров БВР по существующей и предлагаемой технологии отбойки руды параллельно-сближенными зарядами. Сделаны выводы о целесообразности отбойки руды параллельно-сближенными зарядами при подготовке ее к подземному выщелачиванию.

Ключевые слова: урановые руды, блочное подземное выщелачивание, отбойка руды, параметры БВР, параллельно-сближенные заряды, гранулометрический состав, средний размер куска.

В настоящее время в ПАО «ППГХО» наблюдается тенденция к ухудшению минерально-сырьевой базы, которая проявляется в снижении содержания полезного компонента в отрабатываемых рудных залежах в связи с истощением месторождений богатых руд. Эксплуатируемые рудники предприятия находятся на стадии доработки своих запасов, что вызывает необходимость изыскивать новые технологии для добычи урана из бедных и забалансовых руд.

В последние десятилетия в нашей стране и за рубежом получили широкое распространение геотехнологические методы добычи полезных, имеющие ряд серьезных преимуществ перед традиционными способами.

Экономическая целесообразность отработки бедных и забалансовых руд может быть обеспечена использованием комплексной технологии разработки месторождений, элементами которой являются блочное подземное выщелачивание (БПВ), рудоподготов-

[*] Работа выполнена в ходе реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Создание комплексной технологии отработки беднобалансовых урановых руд геотехнологическими методами» при финансовой поддержке Правительства РФ (Минобрнауки России).

ка урановых руд для кучного выщелачивания и кучное выщелачивание (КВ), позволяющие рентабельно перерабатывать такие руды [1].

Важнейшим показателем, определяющим эффективность подземного выщелачивания, в том числе полноту извлечения полезного компонента, является обеспечение заданной крупности кусков дробленого продукта, что достигается применением обоснованнных рациональных параметров буровзрывных работ (БВР) (диаметр шпура, удельный расход ВВ, линия наименьшего сопротивления, схема расположения шпуров (скважин) в отбиваемом слое, интервал замедления взрывания).

Экспериментальные исследования технологического процесса буровзрывной подготовки урановых руд к блочному подземному выщелачиванию проводили на руднике № 1 (гор VII (+300 м)) в блоке 4А-805 (4 слой, заходки № 4 и 7).

Рудные тела представлены трахидацитами нижнего покрова II (трещиноватые) и III (среднетрещиноватые) группы трещиноватости (количество трещин от 7…20 до 3…7 трещин на 1 пог. м). Руда и породы от средней устойчивости до неустойчивых в зонах тектонических нарушений. Коэффициент крепости пород по шкале проф. Протодьяконова 10…14. Мощность рудных тел изменяется от 1,0 до 12,0 м. Угол падения 700…800.

В блоке 4А-805 было произведено три взрыва: один – по существующей технологии, два – по предлагаемой технологии отбойки параллельно-сближенными шпуровыми зарядами.

По существующей технологии блок отрабатывается системой разработки горизонтальными слоями с нисходящей выемкой и твердеющей закладкой. Отбойка руды – мелкошпуровая. Бурение шпуров диаметром 42 мм и глубиной 2,0…2,2 м производится буровой установкой УБШ-221. Сечение слоевой выработки 3,5×3,5 м. Количество шпуров на забой – 28 штук, взрывчатого вещества (ВВ) – 28 кг. Линия наименьшего сопротивления (Л.Н.С) в ряду между шпуровыми зарядами составляет 500 мм, а между рядами шпуров – 750 мм. Взрывание забоя осуществляется патронированным ВВ типа Аммонал-200 с применением неэлектрической системы инициирования Искра-Ш с различными степенями замедления от 25 до 8000 мс. Уход забоя за цикл составляет 1,85 м; выход горной массы – 22,6 м^3; удельный расход ВВ – 1,23 кг/м^3, расход шпурометров – 2,5 шп.м/ м^3.

По предлагаемой технологии отбойки параллельно-сближенными шпуровыми зарядами расстояние между шпурами (Л.Н.С.) в ряду по руде составило 0,30…0,45 м, а между рядами зарядов – 1,0…1,2 м (см. Приложение, рис. 1).

Количество шпуров на забой соответственно при первом и втором взрывах составило 22 и 26 штук, расход ВВ 28 и 26 кг. Заряжание и взрывание производили по аналогии с существующей на руднике технологией. Удельный расход на отбойку соответственно при первом и втором взрывах составил 1,23 и 1,15 кг/м^3, а расход шпурометров – 2,0 и 2,3 шп.м/ м^3.

По окончании взрывных работ в очистных забоях производили фотографирование навала руды и породы для определения фракционного состава отбитой горной массы. Обработка фотопланограмм осуществлялась на компьютере по программе «Грансостав–2008», разработанной УРАН ИПКОН РАН [2].

Гранулометрический состав (см. Приложение, рис. 2, 3), полученный в результате обработки фотопланограмм (%), представлен в табл. 1–3.

Средневзвешенный (средний) размер куска вычисляли по формуле [3]:

Таблица 1

Гранулометрический состав отбитой горной массы (%) по существующей технологии в блоке 4А-805 (4 слой, 4 заходка)

№ фотографии	Фракции, мм						
	<100	100–200	200–300	300–400	400–500	500–600	600–700
8000	77	12	4,9	2,5	1,3	0,8	0,5
8001	68,5	13,4	6,5	3,8	2,3	1,5	1
8004	67,3	19,6	7,5	3,2	1,3	0,6	0,3
8006	76,3	12,8	5,1	2,5	1,3	0,8	0,4
Итоговое распределение гран. состава, %	73,0	15,0	6,0	3,0	1,5	0,9	0,6

Таблица 2

Гранулометрический состав отбитой горной массы (%) параллельно-сближенными шпурами в блоке 4А-805 (4 слой, 4 заходка)

№ фотографии	Фракции, мм						
	<100	100–200	200–300	300–400	400–500	500–600	600–700
8042	66,8	15,5	7,2	3,9	2,3	1,4	0,9
8049	86,3	7,9	2,8	1,3	0,7	0,4	0,2
8057	75	16,1	5,3	2,1	0,8	0,4	0,2
Итоговое распределение гран. состава,%	76,3	13,5	5,2	2,5	1,4	0,7	0,4

Таблица 3

Гранулометрический состав отбитой горной массы (%) параллельно сближенными шпурами в блоке 4А-805 (4 слой, 7 заходка)

№ фотографии	Фракции, мм						
	< 100	100–200	200–300	300–400	400–500	500–600	600–700
8102	67,9	18,6	8,5	3,4	0,6	0,8	0,1
8104	72,1	16,1	5,4	3,1	1,9	1,2	0,2
8107	67,3	19,7	8,6	2,7	0,9	0,7	0,1
8109	63,1	17,6	11,8	4,3	2,6	0,6	0
8111	66,6	14,6	7,8	6,9	1,8	2,1	0,1
8113	65,6	18,9	11,8	1,9	0,9	0,7	0,2
Итоговое распределение гран. состава,%	67,1	17,6	9,0	3,7	1,5	1,0	0,1

$d = (k_1 d_1 + k_2 d_2 + \ldots + k_n d_n) / (k_1 + k_2 + \ldots + k_n)$,

где $k_{1...n}$ – содержание кусков различных классов крупности, %; $d_{1...n}$ – средний линейный размер куска внутри классов крупности, мм.

Результаты расчетов средневзвешенного размера куска по экспери-

Таблица 4

Средневзвешенный размер куска в экспериментальных взрывах

Способ отбойки	Средневзвешенный размер куска, мм (фракция 0–1000 мм)
Мелкошпуровая:	
существующая	100
параллельно сближенные заряды (1 взрыв)	93
параллельно сближенные заряды (2 взрыв)	108

ментальным взрывам представлены в табл. 4.

Кроме того, для оценки параметров и показателей БВР, нами были использованы результаты предыдущих исследований при мелкошпуровой отбойке [4, 5].

На Бом-Горхонском руднике ООО «Старательская артель «Кварц» в блоке С1–28/11 были проведены экспериментальные исследования щелевой отбойки руды параллельно-сближенными шпурами. Рудные тела представлены пологими и наклонными кварц-гюбнеритовыми жилами. Средняя мощность равна 1,1 м, угол падения 18…200, крепость руды и пород по шкале профессора М.М. Протодьяконова 10…16.

Параллельно-сближенные шпуры глубиной 1,8...2,0 м бурили перфоратором типа ПП-63 с пневмоколонки ПП-9. Расстояние между шпурами составляло 0,3...0,4 м, а между рядами шпуров – 1,1...1,2 м. Заряжание и взрывание аналогично существующей на руднике технологии с замедлением 1000 мс с помощью СИНВ-Ш.

По окончании взрывных работ производили фотографирование навала руды и породы и обрабатывали фотопланограммы с помощью программы «Грансостав–2008» [2].

Гранулометрический состав, полученный в результате обработки фотопланограмм (%), представлен в табл. 5–6.

В результате проведенных сравнительных экспериментальных взрывов щелевой отбойки жилы установлено следующее.

При отбойке параллельно-сближенными шпурами выход мелкой

Таблица 5

Гранулометрический состав отбитой горной массы (%) по существующей технологии в блоке С1–28/11 (штольня № 3, гор. 1170 м)

№ фотографии	Фракции, мм							
	<50	50–100	100–150	150–200	200–300	300–400	400–500	≥500
dsc04192	67,3	11,9	15,1	5,7	0	0	0	0
dsc04193	67,6	15,4	9,5	5,1	2,3	0	0	0
dsc04195	58,7	11,9	12,0	3,3	8,4	5,8	0	0
Итоговое распределение гран.состава, %	64,3	13,0	12,3	4,6	3,7	2,1	0	0
Средневзвешенный размер куска, мм	66,0							

Таблица 6

Гранулометрический состав отбитой горной массы (%) параллельно сближенными шпурами в блоке С1–28/11 (штольня № 3, гор. 1170 м)

№ фотографии	Фракции, мм							
	<50	50–100	100–150	150–200	200–300	300–400	400–500	≥500
dsc04247	60,4	9,4	15,0	7,6	7,6	0	0	0
dsc04248	47,4	10,4	20,8	9,9	11,6	0	0	0
Итоговое распределение гран. состава, %	53,9	9,9	17,9	8,75	9,6	0	0	0
Средневзвешенный размер куска, мм	83,0							

(-100 мм) фракции составил 63,8%, что меньше, чем при обычной технологии (77,3%), а средневзвешенный размер куска (83 мм) больше в 1,26 раза (66 мм). При этом отрыв руды происходил по контакту жилы с вмещающими породами без прихвата и нарушения последних, т.е. первичное разубоживание при отбойке практически отсутствует. В связи с бóльшим средним размером куска, ровной поверхностью выработанного пространства и меньшими потерями энергии ВВ на дробление руды и в вмещающих породах при взрыве, отброс руды от забоя при параллельно сближенных шпурах происходит дальше и в большем объеме (на 20–30%), чем при обычной отбойке.

Сравнительные показатели предварительных экспериментальных взрывов при шпуровой отбойке приведены в табл. 7.

На руднике № 1 ПАО «ППГХО» при мелкошпуровой отбойке по существующей технологии средневзвешенный размер куска составил 100 мм, а параллельно-сближенными шпурами соответственно при первом и втором взрывах – 93 и 108 мм. В первом случае средний размер куска уменьшился в 1,07 раза, что объясняется передроблением за счет большего количества ВВ, израсходованного при отбойке, а во втором случае – увеличился в 1,08 раза.

Кроме того, при отбойке параллельно-сближенными шпурами в первом взрыве наблюдалось снижение удельного объема буровых работ на 20%, а во втором взрыве уменьшение удельного расхода ВВ и удельного объема буровых работ соответственно на 6,5 и 8,0%.

Относительное отклонение фактического среднего размера куска (93 и 108 мм) от расчетного (150 мм) равно соответственно 38,0 и 28,0%. Такое дробление достигнуто уменьшением ЛНС на 31,2% и увеличением расстояния между шпурами в ряду, фактического удельного расхода ВВ и удельного объема буровых работ соответственно на 44,0…58,0%; 21,1 и 15,6%; 54,5 и 60,4% по сравнению с расчетными.

На Бом-Горхонском руднике при отбойке параллельно-сближенными шпурами средневзвешенный размер куска составил 83 мм, что больше в 1,26 раза, чем при существующей технологии (66 мм). Такие показатели взрыва достигнуты при снижении удельного расхода ВВ с 1,5 кг/м^3 до 1,1 кг/м^3 и уменьшении удельного объема буровых работ с 2,3 шп.м/м^3 до 1,7 шп.м/м^3. Относительные отклонения фактических показателей (ЛНС,

Таблица 7

Сравнительные показатели предварительных экспериментальных взрывов при шпуровой отбойке

Наименование параметров БВР	Ед. изм.	Показатели		Относительное отклонение, %	Примечание
		Расчетные	Фактические		
Рудник № 1 ПАО «ППГХО» (существующая технология)					
Диаметр шпуров (*d*)	м	0,042	0,042	0	Блок 4А-805 (4 слой, заходка № 4), гор. VII (+300 м). Коэффициент крепости руды по шкале проф. Протодьяконова 10…14 ($f_{ср.}$ = 12). Тип руды: трахидациты нижнего покрова II (трещиноватые) и III (среднетрещиноватые) группы трещиноватости, количество трещин соответственно 7…20 и 3…7 на 1 пог. м (среднее значение 9,25). Мощность рудного тела 1…3 м.
ЛНС (*W*)	м	0,75	0,75	0	
Расстояние между шпурами в ряду (*a*)	м	0,5	0,5	0	
Удельный расход ВВ (*q*)	кг/м^3	1,23	1,23	0	
Удельный объем буровых работ	шп.м/м^3	2,5	2,5	0	
Средний размер куска	мм	–	100	–	
Рудник № 1 ПАО «ППГХО» (параллельно-сближенные заряды)					
Диаметр шпуров (*d*)	м	0,042	0,042	0	Блок 4А-805 (4 слой, заходка № 4), гор. VII (+300 м). Коэффициент крепости руды по шкале проф. Протодьяконова 10…14 ($f_{ср.}$ = 12). Тип руды: трахидациты нижнего покрова II (трещиноватые) и III (среднетрещиноватые) группы трещиноватости, количество трещин соответственно 7…20 и 3…7 на 1 пог. м (среднее значение 9,25). Мощность рудного тела 1…3 м.
ЛНС (*W*)	м	1,6	1,0…1,2	31,2	
Расстояние между шпурами в ряду (*a*)	м	0,126…0,252	0,3…0,45	44,0…58,0	
Удельный расход ВВ (*q*)	кг/м^3	0,97	1,23	21,1	
Удельный объем буровых работ	шп.м/м^3	0,91	2,0	54,5	
Средний размер куска	мм	150	93	38,0	
Рудник № 1 ПАО «ППГХО» (параллельно-сближенные заряды)					
Диаметр шпуров (*d*)	м	0,042	0,042	0	Блок 4А-805 (4 слой, заходка № 7), гор. VII (+300 м). Коэффициент крепости руды по шкале проф. Протодьяконова 10…14 ($f_{ср.}$ = 12). Тип руды: трахидациты нижнего покрова II (трещиноватые) и III (среднетрещиноватые) группы трещиноватости, количество трещин соответственно 7…20 и 3…7 на 1 пог. м (среднее значение 9,25). Мощность рудного тела 1…3 м.
ЛНС (*W*)	м	1,6	1,0…1,2	31,2	
Расстояние между шпурами в ряду (*a*)	м	0,126…0,252	0,3…0,45	44,0…58,0	
Удельный расход ВВ (*q*)	кг/м^3	0,97	1,15	15,6	
Удельный объем буровых работ	шп.м/м^3	0,91	2,3	60,4	
Средний размер куска	мм	150	108	28	

Бом-Горхонский рудник ООО «Старательская артель «Кварц» (существующая технология)					
Диаметр шпуров (*d*)	м	0,042	0,042	0	Блок С1–28/11, штольня № 3, гор. 1170 м. Коэффициент крепости руды по шкале проф. Протодьяконова 10…16. Тип руды: пологие и наклонные кварц-гюбнеритовые жилы, количество трещин 2…3 на 1 пог. м. Средняя мощность рудного тела 1,1 м.
ЛНС (*W*)	м	0,6…0,7	0,6…0,7	0	
Расстояние между шпурами в ряду (*a*)	м	0,55	0,55	0	
Удельный расход ВВ (*q*)	кг/м^3	1,5	1,5	0	
Удельный объем буровых работ	шп.м/м^3	2,3	2,3	0	
Средний размер куска	мм	–	66	–	
Бом-Горхонский рудник ООО «Старательская артель «Кварц» (параллельно-сближенные заряды)					
Диаметр шпуров (*d*)	м	0,042	0,042	0	Блок С1–28/11, штольня № 3, гор. 1170 м. Коэффициент крепости руды по шкале проф. Протодьяконова 10…16. Тип руды: пологие и наклонные кварц-гюбнеритовые жилы, количество трещин 2…3 на 1 пог. м. Средняя мощность рудного тела 1,1 м.
ЛНС (*W*)	м	1,1	1,0…1,2	8,7	
Расстояние между шпурами в ряду (*a*)	м	0,126…0,252	0,3…0,4	37…58	
Удельный расход ВВ (*q*)	кг/м^3	0,96	1,1	12,7	
Удельный объем буровых работ	шп.м/м^3	1,5	1,7	11,7	
Средний размер куска	мм	–	83	–	

удельный расход ВВ, удельный объем буровых работ) от расчетных находятся в пределах допустимых (8,7–12,7%).

Таким образом, применение при отбойке параллельно-сближенных зарядов позволит:

1) увеличить средневзвешенный размер куска, т.е. уменьшить выход мелкой фракции, которая вызывает кольматацию выщелачиваемой руды;

2) снизить удельный расход ВВ;

3) уменьшить удельный объем буровых работ.

Работа выполнена в ходе реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Создание комплексной технологии отработки беднобалансовых урановых руд геотехнологическими методами» при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шурыгин С.В., Морозов А.А., Лизункин В.М., Лизункин М.В., Бейдин А.В.* Комплексная технология отработки беднобалансовых урановых руд геотехнологическими методами // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельные статьи (специальный выпуск). Подземные геотехнологии разработки рудных месторождений. – 2014. – № 12. – С. 15–28.

2. *Викторов С.Д., Казаков Н.Н., Шляпин А.В.* Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009610378 «Грансостав–2008»; правообладатель УРАН ИПКОН РАН; заявл. 25.11.2008; зарегист. 16.01.2009.

3. *Лобанов Д.П., Абрамов А.В., Тедеев М.Н., Перевалов А.В.* Интенсификация подготовки месторождений скальных руд к выщелачиванию // Москва. Обзорная информация. Серия: Горное дело. Выпуск 7, 1980. – 52 с.

4. *Лизункин В.М., Галченко Ю.П., Лизункин М.В., Ситников Р.В.* Результаты опытно-промышленных испытаний отбойки руды деконцентрированными зарядами ВВ на Бом-Горхонском вольфрамовом месторождении / Кулагинские чтения: X Всероссийская научно-практическая конференция. Ч. 1. – Чита: ЧитГУ, 2010. – С. 61–64.

5. *Лизункин М.В.* Обоснование геотехнологии подземной разработки маломощных пологих и наклонных жил со сложной морфологией (на примере Бом-Горхонского вольфрамового месторождения): дис. … канд. техн. наук: 25.00.22. – Чита, 2011. – 209 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Лизункин Владимир Михайлович[1] – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: prmpi.zabgu@mail.ru,
Шурыгин Сергей Вячеславович – генеральный директор ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ПАО «ППГХО»), e-mail: ShuriginSV@ppgho.ru,
Лизункин Михаил Владимирович[1] – кандидат технических наук, доцент, e-mail: LMV1972@mail.ru,
[1] Забайкальский государственный университет.

ПРИЛОЖЕНИЕ

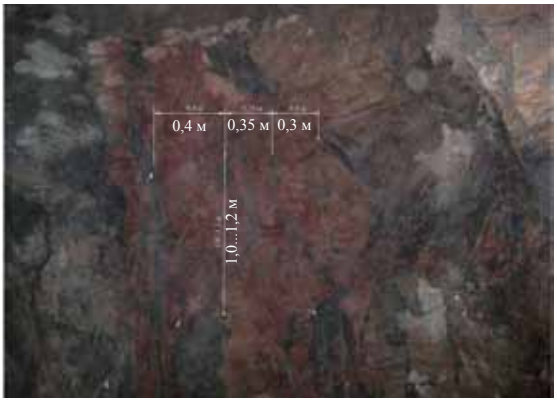

Рис. 1. Расстояние между параллельно-сближенными шпурами

Рис. 2. Гранулометрический состав отбитой руды в блоке 4А-805 при существующей технологии

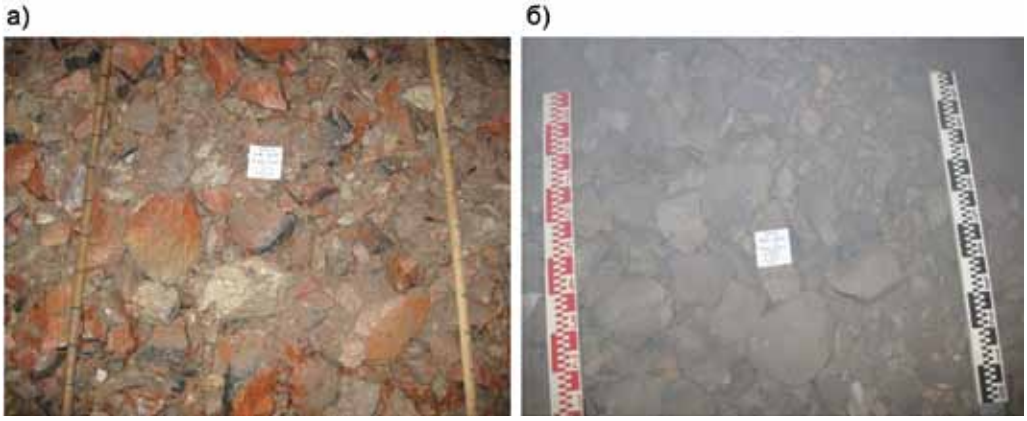

Рис. 3. Гранулометрический состав отбитой руды в блоке 4А-805 параллельно-сближенными шпурами: а) первый взрыв; б) второй взрыв

UDC 622.272/.275; 622.233::622.235

THE RESULTS OF ORE BREAKING TESTS BY PARALLEL-CONTIGUOUS BLASTS AT URANIUM ORE BREAKING IN THE STRELTSOVSKY ORE DEPOSIT

Lizunkin V.M.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair,
e-mail: prmpi.zabgu@mail.ru,
Shurygin S.V., General Director, «Priargunsky Industrial Mining and Chemical Union» JSC,
674673, Krasnokamensk, Russia, e-mail: ShuriginSV@ppgho.ru,
Lizunkin M.V.[1], Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
e-mail: LMV1972@mail.ru,
[1] Transbaikal State University, 672039, Chita, Russia.

Nowadays and in prospect the essential task for JSC «Priargunsky Industrial Mining and Chemical Union» is to maintain volumes and profitability of ore production in the conditions of its declining tendency in remaining ore reserves and increasing the share of low-powered ores development according to mining operation extensions. National and international experience has proven that mining such deposits by traditional underground physical- technical geotechnologies is unprofitable.

In modern market relations, mining the base ore deposits, which contain 20% of general reserve, by non-conventional physical-chemical geotechnology of block-situ leaching (BSL) is an advanced technology which expands raw material base of production.

Securing the designated size of crushed product's pieces, that is achieved by using reasonable and rational parameters of drilling and blasting(DAB), is the most important factor determining the effectiveness of underground leaching, including completeness of extraction of useful components.

The article presents the results of experimental studies of the process of uranium ore drilling and blasting preparation to the block- situ leaching. Article contains the comparative parameters of drilling and blasting for existing and proposed technologies of ore breaking by parallel- contiguous blasts. The conclusion about practicability of ore breaking by parallel-contiguous blasts at preparation for underground leaching is made.

Key words: uranium ore, block-situ leaching, ore breaking, parameters of drilling and blasting, parallel-contiguous blasts, coarseness of grading, mean size of cob.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been conducted within the integrated high-tech production development project «The integrated geotechnology for low-grade in-place uranium ore» supported by the Russian Federation Government (Ministry of Education and Science of Russia).

REFERENCES

1. Shurygin S.V., Morozov A.A., Lizunkin V.M., Lizunkin M.V., Beidin A.V. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. Special edition. 2014, no 12, pp. 15–28.

2. Viktorov S.D., Kazakov N.N., Shlyapin A.V. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM № 2009610378 «Gransostav–2008»* (State Registration Certificate of the computer program № 2009610378 «Gransostav–2008»), 16.01.2009.

3. Lobanov D.P., Abramov A.V., Tedeev M.N., Perevalov A.V. Intensifikatsiya podgotovki mestorozhdenii skal'nykh rud k vyshchelachivaniyu. *Moskva. Obzornaya informatsiya. Seriya: Gornoe delo.* Vypusk 7 (Intensification of preparation rock ore deposits for underground leaching. Moscow. Overview. Series: Mining. Issue 7), 1980, 52 p.

4. Lizunkin V.M., Galchenko Yu.P., Lizunkin M.V., Sitnikov R.V. *Kulaginskie chteniya: X Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. Ch. 1 (Kulagin's reading : X Russian scientific and practical conference, part 1), Chita, ChitGU, 2010, pp. 61–64.

5. Lizunkin M.V. *Obosnovanie geotekhnologii podzemnoi razrabotki malomoshchnykh pologikh i naklonnykh zhil so slozhnoi morfologiei (na primere Bom-Gorkhonskogo vol'framovogo mestorozhdeniya)* (Justification of underground development geotechnology of low-powered flat and inclined dyke with complex morphology (for example Bom Gorhonskogiy tungsten deposit)), Candidate's thesis, Chita, 2011, 209 p.