

УДК 622.23

Берсенёв Геннадий Порфирьевич

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: victoria508@mail.ru.

Жариков Сергей Николаевич

кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
заведующий лабораторией,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: 333vista@mail.ru.

Реготунов Андрей Сергеевич

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: pochta8400@inbox.ru.

Кутуев Вячеслав Александрович

научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: 9634447996@mail.ru

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ
УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА****Аннотация:*

Представлены систематизированные результаты исследования процесса технологического развития буровзрывных работ (БВР) на ведущих горных предприятиях Уральского региона с открытым способом добычи твердых полезных ископаемых – ПАО «Ураласбест», АО «ЕВРАЗ КГОК», ПАО «Комбинат Магнезит». Приведен подробный анализ влияния вносимых изменений в технологию БВР в динамике развития крупнейшего горнодобывающего предприятия ПАО «Ураласбест». В результате исследования этапов технологического развития БВР установлен и обозначен общий порядок действий для адаптации параметров техники и технологии буровзрывного разрушения к новым условиям применения при открытой добыче месторождений полезных ископаемых. Установлены и приведены причины возникновения переходных процессов при адаптации технологии БВР к меняющимся условиям и принципы развития методов их учета. Сформулировано направление дальнейших исследований, предполагающее комплексный подход к обоснованию рациональных параметров БВР.

Ключевые слова: технологическое развитие, адаптация, буровзрывные работы, открытые горные работы, разрушение горных пород, параметры БВР.

DOI: 10.25635/2313-1586.2022.03.043

Bersenev Gennady P.

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
620075 Ekaterinburg, 58 Mamina-Sibiryaka Str.
e-mail: victoria508@mail.ru.

Zharikov Sergey N.

Candidate of Technical Sciences,
Leading Researcher,
Head of laboratory,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS
e-mail: 333vista@mail.ru.

Regotunov Andrey S.

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher, Institute of Mining,
Ural Branch of RAS,
e-mail: pochta8400@inbox.ru.

Kutuev Vyacheslav A.

Researcher,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS
e-mail: 9634447996@mail.ru.

**RESULTS OF THE STUDY OF THE
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT
OF DRILLING AND BLASTING
OPERATIONS IN QUARRIES
OF THE URAL REGION***Abstract:*

The article presents the systematized results of the study of the process of technological development of drilling and blasting operations at the leading mining enterprises of the Ural region with an open method of extraction of solid minerals – PAO Uralasbest, AO EVRAZ KGOK, and PAO Combinat Magnezit. A detailed analysis of the impact of the changes made to the drilling and blasting technology in the dynamics of the development of the largest mining enterprise, PAO Uralasbest. Because of the study of the stages of technological development of drilling and blasting operations, we establish and present here a general procedure for adapting the parameters of drilling and blasting destruction technology to new conditions of applying in open-pit mining of mineral deposits. In addition, the paper establishes and presents the causes of the transients' emergence in the adaptation of the drilling and blasting technology to changing conditions and the principles of the development of methods for their accounting. It formulates the direction of further research, which assumes an integrated approach to substantiating the rational parameters of drilling and blasting operations.

Key words: technological development, adaptation, drilling and blasting, open-pit mining, rock destruction, parameters.

* Обобщены ранее проведенные исследования, финансируемые в рамках Госзадания №075-00581-19-00, тема № 0405-2019-0005 (2019-2021) для целей выполнения Госзадания №075-00412-22 ПР, темы 1 (2022-2024); (FUWE-2022-0005), пер. №1021062010531-8-1.5.1.

Введение

В целях исследования особенностей реализации переходных процессов при разрушении локальных массивов буровзрывным способом выполнен детальный анализ хронологических этапов внедрения технических и технологических решений в условиях [1]:

- старейшего горно-обогатительного комбината ПАО «Ураласбест» по добыче нерудных материалов – асбеста [2];
- крупнейшего в России АО «ЕВРАЗ Качканарский горно-обогатительный комбинат» по добыче и переработке железных, титаномагнетитовых руд [3];
- ведущего в России ПАО «Комбинат Магнезит» по добыче и производству огнеупорного магнезитового сырья для черной и цветной металлургии [4].

Анализ этапов внедрения технических и технологических решений

Хронология этапов основных переходных процессов при технологическом развитии БВР на карьерах этих трех предприятий представлена в табл. 1.

Индексация этапов разделена по направлениям: БП – буровые работы (первичные для основного бурения, предназначенного для разрушения естественного горного массива); ВТ – взрывные работы (взрывные технологии и методы); ВВ – взрывчатые вещества; СИ – средства инициирования; МВ – механизация взрывных работ.

Таблица 1

Этапы и длительность внедрения основных технических решений при технологическом развитии БВР на карьерах Урала [1]

Этапы	Существо изменения технологического процесса	Длительность процесса замены		
		ПАО «Ураласбест»	АО «ЕВРАЗ КГОК»	ПАО «Комбинат Магнезит»
1	2	3	4	5
1. Буровые работы				
БП-0	Буровые работы – первичные	1889 – 1901 гг.	–	1900 – 1905 гг.
БП-1	Ручное бурение шпуров бурами, с помощью кувалд и ломов	1901 – 1925 гг.	–	1905 – 1927 гг.
БП-2	Перфораторное бурение шпуров от компрессорных станций: – стационарных – передвижных	с 1925 г. с 1940 г.	– –	1916 – 1928 гг. с 1927 г.
БП-3	Канатно-ударное бурение (КУБ): – импортными станками (Маршалл, Бьюсайрус и др.) – отечественными станками (БУ-2, БУ-20-2 и БС-1)	с 1927 г. 1936 – 1970 гг.	– 1960 – 1966 гг.	с 1929 г. 1938 – 1974 г.
БП-4	Вращательное (шнековое) бурение; буровые установки: ПБС, БСН, СБР (бурение по мерзлоте)	–	–	конец 50-х годов XX в.
БП-5	Шарошечное бурение: – опытными станками (БШ-150, БСМ-1М) – станками вертикального бурения (2СБШ-200, СБШ-200) – станками наклонного бурения (2СБШ-200Н) – станками повышенной мощности (СБШ-250МНА)	(испытания) с 1959 г. с 1966 г. с 1968 г. с 1972 г.	– с 1966 г. с 1968 г. с 1970 г.	с 1961 г. с 1968 г. с 1974 г. с 1984 г.
БП-6	Ударно-вращательное (пневмоударное) бурение: – отечественными станками (БШК-4, СБШК-5, УТБ, УРБ) – импортными станками (Atlas Copco DM и DML)	– с 2003 г.	– с 2010 г.	с 1962 г. –
2. Взрывные работы				
ВТ	2.1 Взрывные технологии (методы)			
ВТ-1	Наружными (накладными) зарядами ВВ	1901 – 1905 гг.	–	1900 – 1910 гг.
ВТ-2	Шпуровыми зарядами ВВ	с 1905 г.	–	с 1910 г.
ВТ-3	Камерными и малокамерными зарядами ВВ	1935 – 1940 гг.	–	1932 – 1940 гг.
ВТ-4	Скважинными зарядами ВВ	с 1930 г.	с 1960 г.	с 1929 г.

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
ВМ	2.2 Взрывчатые материалы			
ВВ	2.2.1 Взрывчатые вещества			
ВВ-1	Нитроглицериновые динамиты и пороха	1901 – 1930 гг.	–	с 1900 г.
ВВ-2	Динамоны	1931 – 1946 гг.	–	1931 – 1945 гг.
ВВ-3	Аммиачно-селитренные ВВ: – аммониты – зерногранулиты – граммониты	с 1931 г. с 1962 г. с 1970 г.	с 1960 г. с 1970 г. 1976 – 2015 гг.	с 1931 г. с 1970 г. с 1978 г.
ВВ-4	Тротил, гранулотол	1931 - 2010 гг.	1960 - 2018 гг.	–
ВВ-5	Ифзанит	с 1974 г.	с 1975 г.	–
ВВ-6	Эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ): – патронированные (эмуласт) – наливные – порэмиты – гранэмиты И-30 – нитрониты	– с 1988 г. с 1996 г. –	– – с 2000 г. с 2008 г.	– – – –
СИ	2.2.2 Средства инициирования			
СИ-1	Огнепроводный шнур и капсули-детонаторы	с 1901 г.	–	с 1900 г.
СИ-2	Электродетонаторы: – мгновенного действия – короткозамедленного действия	с 1970 г. с 1991 г.	с 1960 г. с 1960 г.	– –
СИ-3	Детонирующие шнуры	с 1932 г.	с 1960 г.	с 1931 г.
СИ-4	Пиротехнические замедлители	с 1962 г.	с 1969 г.	с 1963 г.
СИ-5	Неэлектрическая система (СИНВ, Эдилин, Искра)	с 2005 г.	с 1993 - 1994 гг.	–
СИ-6	Электронная система (Искра-Т, Искра-С)	с 2008 г.	с 2009 г.	–
МВ	2.3 Механизация взрывных работ			
МВ-1	Промышленные испытания первых зарядных машин – СУЗН-5	1966 – 1967 гг.	с 1966 г.	–
МВ-2	Реконструкция склада ВМ, средства механизации	1972 – 1987 гг.	2003 г., 2014 г.	с 1991 г.
МВ-3	Применение погрузчиков: – электрических – дизельных погрузчиков с аммиачной селитрой – дизельных погрузчиков с ВВ	с 1972 г. с 1974 г. с 1984 г.	с 1978 г. с 1988 г. с 1988 г.	с 1980 г. с 1990 г. с 1990 г.
МВ-4	Применение забочных машин	с 1966 г.	с 1966 г.	с 1982 г.
МВ-5	Ввод в эксплуатацию зарядных машин с – гранулированными ВВ – ЭВВ	1966 – 1967 гг. с 1996 г.	с 1975 г. с 2001 г.	– –
МВ-6	Заводы по изготовлению ЭВВ: – опытная установка (Р=10 тыс. т.) – завод «Порэмит» (Р=25 тыс. т.) – завод «Нитронит»	1988 – 1990 гг. с 1991 г. –	– – с 2008 г.	– – –

В результате выполненного анализа установлено, что повышение эффективности в БВР сопряжено с повышением безопасности процессов бурения скважин и взрывного разрушения, выявлены периоды и их длительность, в течение которых осуществлялась адаптация параметров БВР к реальным условиям ведения горных работ на рассмотренных горных предприятиях. В среднем каждые 15 – 25 лет (см. табл. 1) происходила смена способа бурения и буровой техники. Переход с ударно-канатного (до середины XX века) на шарошечный способ (с 60-х годов XX века и по настоящее время) позволил значительно повысить производительность, безопасность бурения 1 м скважины. Замена одного типа применяемых взрывчатых веществ на другой, более безопасный в обращении, происходила в среднем раз в 15 – 20 лет. Подробное исследование влияния вносимых изменений в технологию БВР в динамике развития предприятия рассмотрено на примере ПАО «Ураласбест». В табл. 2 представлены положительные и неучтенные явления, подлежащие компенсации посредством осуществления переходных процессов.

Таблица 2

Этапы осуществления основных технологических операций и длительность переходных процессов их совершенствования в БВР в ПАО «Ураласбест» [1, 12]

Этапы		Периоды, годы	Основные явления: положительные (+) подлежащие ликвидации (-)	Результаты: положительные (+) отрицательные (-)
№	Наименование			
1	2	3	4	5
A0	Безвзрывной	1889 – 1901 (12 лет)	(-) Ручная разработка горного массива ломами и кувалдами.	(-) Низкая производительность. (-) Тяжелый физический труд.
A1	Ручной шпуровой. Перфораторное бурение	1901 – 1930 (29 лет)	(+) Ликвидация ручной разработки горного массива. (+) Ввод в эксплуатацию 1-й компрессорной станции.	(-) Малый выход взорванной горной массы с 1 п.м. шпура в виду малой высоты уступов $H_y=2\div 3$ м. (-) Применение опасного огневого способа взрывания шпуров.
A2	Подрядный способ БВР	1930 – 1940 (10 лет)	(+) Переход на технологию БВР с высоты уступов $H_y=2\div 3$ м на 10 м и на скважинный метод взрывания. (+) Снижение доли шпурового способа взрывания. (+) Постепенный отказ от огневого способа взрывания на массовых взрывах и перевод на мгновенный электрический способ взрывания с помощью детонирующего шнура. (+) Широкое применение динамонов. (-) Максимальная доля женского и детского труда на буровзрывных работах.	(+) Значительное увеличение объемов взорванной горной массы и выхода с 1 п.м. скважины. (+) Уменьшение трудоемкости работ на первичном бурении (скважинами). (-) Повышенный выход негабаритных фракций на карьерах при массовых взрывах на выброс.
A3	Хозяйственный способ БВР в военный период	1940 – 1946 (6 лет)	(+) Широкое применение динамонов. (-) Максимальная доля женского и детского труда на буровзрывных работах.	(-) Резкое снижение объемов взорванной горной массы.
A4	Реорганизация управлений взрывных работ	1946 – 1959 (13 лет)	(+) Значительное увеличение отечественного горного и бурового оборудования. (+) Улучшение качества массовых взрывов, тесная связь с наукой, начало внедрения короткозамедленного способа взрывания.	(+) Увеличение объема массового взрыва до 40 ÷ 60 тыс. м ³ г.м.
A5	Механизация взрывных работ. Шарошечное бурение	1959 – 1972 (13 лет)	(+) Постепенный отказ от станков КУБ и переход на шарошечный способ бурения. (+) Разработка оптимальных режимов бурения и рациональной системы обслуживания и ремонта шарошечных станков.	(+) Резкое увеличение сменной производительности по бурению взрывных скважин. (+) Снижение затрат на буровые работы. (+) Улучшение качества дробления взорванной горной массы за счет внедрения КЗВ.
A6	Реконструкция и механизация складского хозяйства ВМ	1972 – 1987 (15 лет)	(+) Резко возросла производительность труда на буровых работах, на складе ВМ и на взрывных работах в карьерах комбината.	(+) Производительность труда возросла в 3,8 раза. (+) Объем массового взрыва достиг до 300 т ВВ и 1,0 – 1, 5 млн т горной массы. (+) Объем одновременно взрываемых блоков достиг 1 млн 400 тыс. м ³ горной массы при продолжительности заряжания не более 3-х суток.
A7	Эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ) и смесительно-зарядные машины	1987 – 1994 (7 лет)	(+) Снижение затрат на дробление обводненных массивов порэмитами по сравнению с гранулоломом и граммонитом 30/70. (+) Порэмит изготовлялся в процессе заряжания в машинах конструкций НАО «Нипигормаш» и КНИИМ (МЗВ-20, МЗВ-8).	(+) Снижение затрат за счет применения порэмита 1А в 3,6 раза по сравнению с промышленными ВВ.

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
A8	Завод «Порэмит» по изготовлению ЭВВ, внедрение НСИ и ЭСИ	1994 – 2009 (15 лет)	(+) Переход на технологию заоткоски бортов уменьшенными диаметрами скважин и изменением параметров БВР. (+) Повышение качества массовых взрывов за счет дробления горных пород и уменьшения негабаритных фракций и внедрения ЭВВ в больших объемах.	(+) Экономия затрат на обслуживание станков, (+) занятых на заоткоске бортов. Уменьшение затрат на разделку негабарита до 1,5 раза.
A9	Аутсорсинг буровых работ	2009 – 2015 (6 лет) 2015 – 2020 (5 лет)	(+) Уменьшение парка станков СБШ-250МН с 18 шт., сначала до 13, а затем до 10 единиц. (+) Значительное снижение затрат на ремонт шарошечных станков. (+) Значительная экономия затрат на буровые инструменты из-за отказа от посреднических поставок.	(+) Экономия на взрывчатых веществах при замене гранулолота дорогостоящего на ЭВВ, несмотря на 10 – 20-процентное увеличение удельного расхода ВВ. (+) Снижение затрат на буровые работы и на з/плату бурильщиков. (+) Высвобождение 2-х станков СБШ-250 МН и снижение затрат на оплату бурильщикам.

Технологическое развитие БВР на горном предприятии к настоящему времени прошло десять основных этапов:

0. Нулевой этап (безвзрывной) – А0

Наблюдалась весьма низкая производительность тяжелого, неквалифицированного, ручного труда; применялся гужевой способ транспортирования отбитой горной массы в весьма малых объемах.

1. Ручной шпуровой, перфораторное бурение, шпуровой метод взрывания – А1

Ручное бурение неглубоких (до 1,5 – 2 м) шпуров производилось с помощью кувалд и ломов, а затем каленых буров. Редкое применение накладных (наружных) зарядов опасных ВВ (нитроглицериновых динамитов и порохов) и средств инициирования огневого способа взрывания (огнепроводного шнура). Производительность бурильщиков и взрывников была низкая, зафиксирован малый объем (десятки м³) добычи горной массы при малых высотах уступов (до 2-х м); применялась конная откатка погруженной ручной способом кондиционной горной массы. Применялся более квалифицированный труд бурильщиков и взрывников; происходило увеличение высоты уступов (до 3-х метров) и объемов сменной добычи горной массы; началось применение техники на карьерах – перфораторов, стационарных и передвижных компрессорных станций; паровых экскаваторов, узко- и ширококолейной железнодорожной откатки взорванной горной массы.

2. Подрядный способ, канатно-ударное бурение. Скважинный метод взрывания – А2

Наступил революционный этап в буровых и взрывных работах, произошел переход со шпурового на скважинный способ взрывания. Увеличение высоты уступа с 2 – 3 до 8 – 10 м и повышение сменной добычи горной массы с десятка тысяч м³ до сотен тысяч. Началось применение мгновенного способа скважинного взрывания менее опасными взрывчатыми материалами – аммиачно-селитренными (аммонитами) и тротилами, детонирующими шнурами вместо огнепроводных. Применялись дизельные и электрические экскаваторы, железнодорожный транспорт и началось применение автомобильной транспортировки взорванной горной массы.

3. Хозяйственный способ БВР в военный период – А3

Наблюдался значительный спад объемов БВР, происходило преимущественное использование женского и детского труда на всех технологических процессах в карьерах и на предприятиях. Широкое применение простейших ВВ – динамонов, аммонитов.

4. Короткозамедленное взрывание (КЗВ) – А4

Достигнуто значительное улучшение качества дробления горной массы за счет внедрения КЗВ. Произошло увеличение объема взорванной горной массы одним взрывом до 60 тыс. м³, в результате чего повысился КПД работы экскаваторов горных цехов, особенно при железнодорожной откатке, и уменьшились затраты на вспомогательные операции у горняков и ремонтников.

5. Шарошечное бурение, зарядная техника на взрывных работах – А5

Произошел ввод в эксплуатацию сначала опытных шарошечных станков БШ и СБШ, а затем серийных 2СБШ-200 для бурения вертикальных и наклонных скважин, появились в эксплуатации буровые станки повышенной мощности СБШ-250МН [5]. СБШ-250МН обеспечили рост производительности буровых станков по сравнению со станками канатно-ударного способа в 10 и более раз и позволили проводить взрывы объемом до 100 и более тыс. м³. Произошло значительное улучшение качества взрывных работ и комфорта работы бурильщиков.

Введены в эксплуатацию сначала забоечные машины ЗС, а затем зарядные машины МЗ с поступлением на горнорудные предприятия гранулированных промышленных ВВ заводского изготовления – зерногранулитов (граммонитов) и местного изготовления – игданитов. Это значительно облегчило труд взрывников и персонала, занятого на взрывных, погрузо-разгрузочных и вспомогательных процессах всего горного производства. Повысилась безопасность при взрывных работах и при обращении с ВВ на складах взрывчатых материалов (ВМ), в карьерах и при перевозке ВВ по дорогам общего пользования.

6. Реконструкция складского хозяйства и механизация погрузо-разгрузочных работ на складах ВМ – А6

Проведенная реконструкция на складах ВМ создала условия для внедрения механизации тяжелого ручного труда взрывперсонала, стропконтейнеров и мягких контейнеров, уменьшила количество перегрузок с ВВ и с аммиачной селитрой за счет устройства и подвода железнодорожных путей к хранилищам ВВ. Снизилась трудоемкость работ по загрузке зарядных машин гранулированными ВВ и аммиачной селитрой.

7. Применение эмульсионного ВВ (ЭВВ) – А7 [6]

Внедрение ЭВВ (порэмита) позволило обеспечить механизированное зарядание в сухих и в любой влажности обводненных горных породах смесительно-зарядными машинами различных конструкций заводов-изготовителей России и зарубежья. Смесительно-зарядные машины и ЭВВ исключили тяжелый труд взрывперсонала, позволили достигнуть максимальной добычи руды.

8. Неэлектрические и электронные системы инициирования, строительство завода по изготовлению ЭВВ – А8

Внедрение неэлектрических (Nonel, СИНВ, Искра, Эдилин) [7] и электронных (Искра-Т) [8, 9] систем инициирования вместо электродетонаторов короткозамедленного действия и пиротехнических реле значительно повысило качество дробления горной массы, многократно снизило сейсмическое воздействие на контурный массив карьеров и на ближайшие к карьерам охраняемые объекты, уменьшило разлет взорванной горной массы и действие ударно-воздушной волны от массовых взрывов, значительно упростило подготовку средств инициирования к взрыву и монтаж взорванной сети. Максимальные объемы взрывов не стали регламентироваться условиями местонахождения, а обуславливались только потребностями производства. Первым на Урале заводом по изготовлению ЭВВ порэмита стала опытная установка в ОАО «Ураласбест» (1988 г.) на 10 тыс. т ЭВВ, затем в 1991 г. вместо нее построили завод «Порэмита» на 26 тыс. т [10].

9. Внедрение зарубежной буровой техники – А9

Началось внедрение зарубежной буровой техники – станков Sandvik, ROC, DM, DML [11], которые обеспечили более высокую (примерно в 1,3 – 1,5 раза) производительность станков, комфортность условий работы бурильщиков и ремонтного персона-

ла, сервис и обслуживание. Применение бурового инструмента зарубежного производства обеспечило увеличение в 1,5 – 2 раза стойкости долот в сравнении с отечественным шарошечным буровым инструментом. Недостатки – дороговизна запчастей и бурового инструмента.

Обсуждение и результаты

В результате детального анализа представленных хронологических данных об этапах внедрения переходных процессов на ПАО «Ураласбест» установлено, что каждый этап характеризуется резким изменением поступательного положительного развития технологии БВР и смежных с ним технологических процессов. При этом повышение эффективности в БВР сопряжено с повышением безопасности процессов бурения скважин и взрывного разрушения.

Анализ опыта внедрения технологических изменений на горных предприятиях позволил установить общий порядок действий при адаптации параметров техники и технологии буровзрывного разрушения к новым условиям применения (рис. 1). Необходимость начала процесса инновационного развития БВР на горных предприятиях возникает по двум основным причинам — недостаточная производительность горного оборудования и изменение требований промышленной безопасности [13].



Рис. 1. Общий порядок организации переходного процесса при адаптации технологических процессов БВР к меняющимся условиям

Основными целями инновационного развития технологии БВР на горных предприятиях являются повышение квалификации персонала; изменение условий труда и механизации процессов в БВР; адаптация к изменениям административного характера.

Для успешного осуществления процесса совершенствования технологии БВР необходимо оценить организационную и техническую готовность и осознать необходимость инноваций. В том случае, если выявлена недостаточность информации для принятия решения о внедрении инноваций, необходимо определить и исследовать факторы, сдерживающие внедрение новшеств. При этом следует оценить ожидаемую длительность переходного процесса, учитывая время, затрачиваемое на восполнение необходимой информации для принятия решений. Исследование факторов следует повторять до достижения полной ясности о влияющих ограничениях для внедрения инноваций [14].

Условием успешной реализации переходных процессов при адаптации технологии БВР к меняющимся условиям является своевременное получение информации с необходимой степенью детальности о структурных, прочностных свойствах массива горных пород и о влиянии физических процессов взрывного разрушения на охраняемые объекты при распространении энергии взрыва, которая подлежит необходимому учету при планировании и проведении БВР в новых условиях.

Результаты исследований позволили определить принципы развития переходных процессов. Согласно принципам, в процессе адаптации технологических процессов БВР к новым условиям необходимо осуществлять:

- динамическую оценку и пополнение данных об объектах, мониторинг инвестиционных и инновационных проектов;
- системную целевую оптимизацию параметров и организационного плана адаптации инноваций (объектный подход);
- организационно-управленческие воздействия — совокупность управляющих воздействий, основанных на прогнозировании и контроле состояния стационарных и переходных процессов БВР.

Направление дальнейших исследований

На следующем этапе исследований (в рамках Государственного задания 2022 - 2024 гг.) целесообразна теоретическая проработка и опытное применение комплексного подхода к определению рациональных параметров БВР при открытой разработке месторождений, что подразумевает поэтапное уточнение параметров зарядов ВВ в зависимости от уточняющейся во времени информации о параметрах разрушающего воздействия и свойствах массива горных пород (рис. 2).

Последовательность этапного уточнения параметров БВР:

- картирование карьера по трещиноватости;
- определение предварительных параметров БВР;
- корректировка сетки скважин в процессе бурения на основании данных об энергоёмкости бурения [15, 16];
- моделирование крепости пород выемочного блока и определение зон контактов с повышенными структурными нарушениями;
- определение наиболее вероятного положения контактов пород различной крепости и зон с повышенными нарушениями на основе сравнительной оценки модели крепости и карты трещиноватости;
- уточнение параметров скважинных зарядов ВВ, исходя из необходимой направленности взрыва;
- определение вида и порядка инициирования промежуточных детонаторов (боевиков) в скважине;
- определение схемы инициирования поверхностной сети;
- определение конструкции зарядов ВВ и схемы инициирования при контурном взрывании.

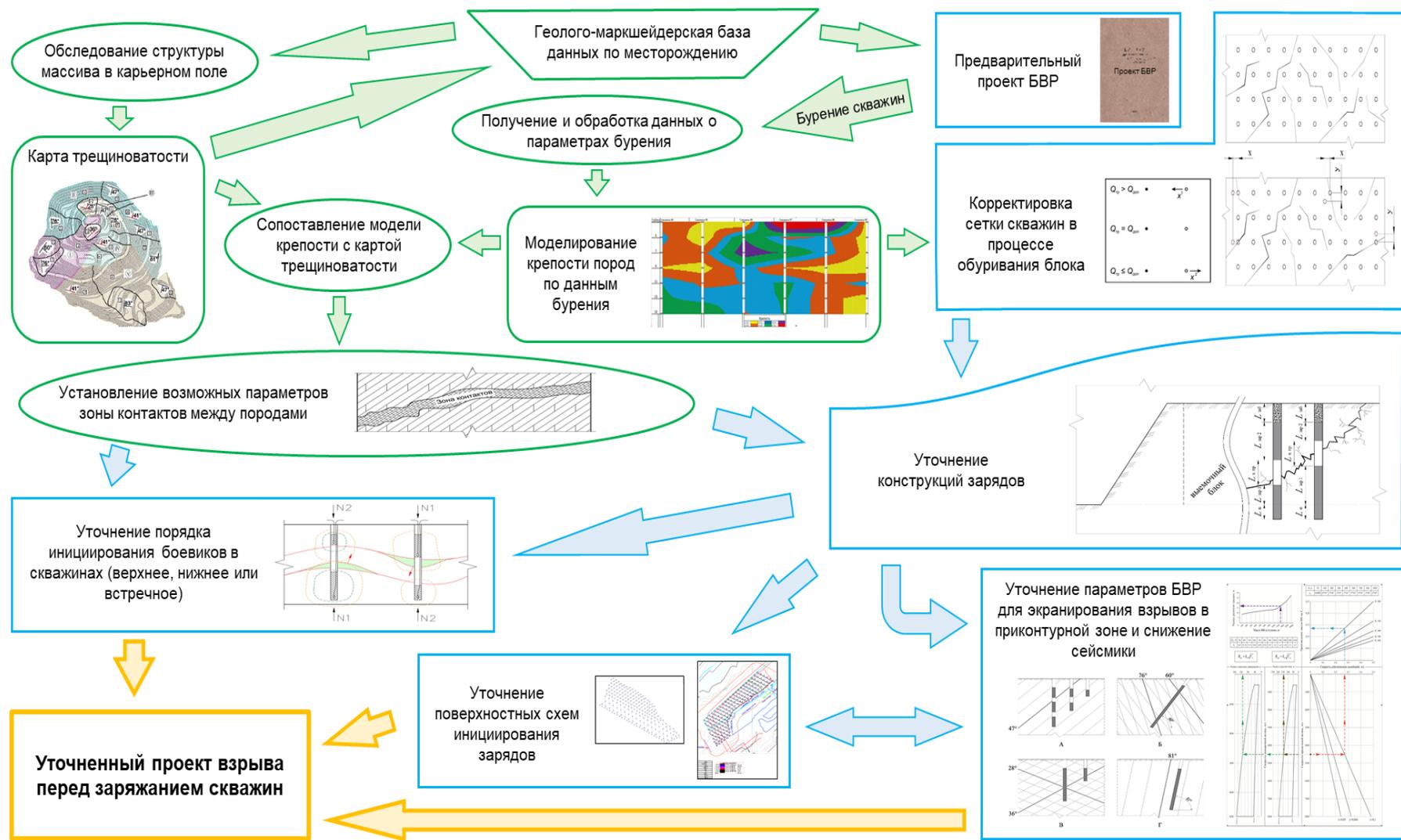


Рис. 2. Принципиальная схема комплексной адаптации параметров БВР к изменяющимся условиям в динамике развития горных работ

Выводы

1. В результате изучения этапов и длительности переходных процессов внедрения основных технических решений при технологическом развитии БВР на карьерах Урала выявлена общая последовательность и продолжительность реализации технических решений по адаптации параметров техники и технологии буровзрывного разрушения к новым условиям применения. Установлено, что каждый этап характеризуется резким изменением поступательного положительного развития технологических процессов БВР и смежных с ним процессов. При этом повышение эффективности в БВР сопряжено с повышением безопасности процессов бурения скважин и взрывного разрушения.

2. Для планирования надежного порядка реализации переходных процессов в технологических изменениях при адаптации БВР в меняющихся условиях эксплуатации месторождения полезных ископаемых рекомендуется совершенствование разработанных требований к методам учета переходных процессов в современных условиях – при обеспечении сохранности промышленной и гражданской инфраструктуры вблизи ведения взрывных работ; обосновании безопасных параметров взрывных работ для обеспечения устойчивости бортов карьера; обеспечении устойчивости детонационных процессов при ведении взрывных работ с применением промышленных эмульсионных взрывчатых веществ; обеспечении технологии отработки сложноструктурных месторождений, обеспечивающих требуемую кусковатость; обеспечении надежности бурового инструмента.

Список литературы

1. Берсенев Г.П., 2019. *Взрывники Урала*. Екатеринбург: АМБ, 304 с.
2. ПАО «Ураласбест». URL: <https://www.uralasbest.ru/> (дата обращения: 31.05.2022).
3. АО «ЕВРАЗ Качканарский горно-обогатительный комбинат». URL: <https://www.evraz.com/ru/company/assets/evraz-kgok/> (дата обращения: 31.05.2022).
4. ПАО «Комбинат Магнезит». URL: <http://magnezit.ru/ru/manufacture/kombinat/> (дата обращения: 31.05.2022).
5. Козлов Ю.А., 2007. ОАО «Ураласбест» – этапы развития. *Горная промышленность*, № 1(71), С. 14 - 18.
6. Котяшев А.А., Пахряев Б.В., Русских А.П., 2016. Практика применения эмульсионных взрывчатых веществ в условиях карьеров ОАО «Ураласбест». *Технология и безопасность взрывных работ: материалы научно-технической конференции, 2015 г.* Екатеринбург: Издательство АМБ, С. 87 - 93.
7. Рождественский В.Н., 2004. Опыт применения систем неэлектрического инициирования скважинных зарядов при дроблении скальных, вязких пород взрывом. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 3, С. 77 - 82.
8. Флягин А.С., Меньшиков П.В., Шеменев В.Г., 2018. Анализ величин фактических интервалов замедлений неэлектрических систем инициирования. *Проблемы недропользования*, № 2(17), С. 70 - 74.
9. Котяшев А.А., 2021. Оценка целесообразности применения электронных детонаторов Искра Т-500-18 для инициирования скважинных зарядов из ЭВВ. *Проблемы недропользования*, № 2(29), С. 63 - 69. <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2021.02.063>
10. Котяшев А.А., Маторин А.С., Шеменев В.Г., 2010. Опыт применения эмульсионных взрывчатых веществ на карьерах Урала. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 8, С. 278 - 282.
11. Анистратов К.Ю., Донченко Т.В., Опанасенко П.И., Строгий И.Б., 2018. Анализ рынка буровых станков для открытых горных работ горнодобывающих

предприятий России. *Горная промышленность*, № 2(138), С. 84 - 89. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-2-138-84-89>

12. Русских А.П., 2021. *Ураласбест. Буровзрывные работы: технологии, судьбы, люди*. Екатеринбург: ООО «РА», 464 с.

13. Реготунов А.С., Жариков С.Н., Сухов Р.И., Кутуев В.А., 2021. Оценка современного состояния буровзрывных работ и необходимость осуществления переходных процессов на некоторых крупных горных предприятиях Урала и Сибири. *Проблемы недропользования*, № 2(29), С. 52 - 62. <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2021.02.052>

14. Реготунов А.С., Кутуев В.А., Жариков С.Н., 2021. Систематизация факторов, предопределяющих переходные процессы в буровзрывных работах. *Проблемы недропользования*, № 4(31), С. 62 - 72. <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2021.04.062>

15. Жариков С.Н., 2011. Взаимосвязь удельных энергетических характеристик процессов шарошечного бурения и взрывного разрушения массива горных пород: автореф. ... дис. канд. техн. наук. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 25 с.

16. Сухов Р.И., Реготунов А.С., Гращенко Д.А., 2019. Развитие метода получения информации о состоянии массива горных пород в процессе бурения технологических скважин. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № S37, С. 446 - 454. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2019-11-37-446-454>.

References

1. Bersenev G.P., 2019. *Vzryvniki Urala [Firemen of the Ural]*. Ekaterinburg: AMB, 304 p.

2. PAO "Uralasbest" [PAO Uralasbest]. URL: <https://www.uralasbest.ru/> (data obrashcheniya: 31.05.2022).

3. AO "EVRAZ Kachkanarskii gorno-obogatitel'nyi kombinat" [AO EVRAZ Mining and processing plant]. URL: <https://www.evraz.com/ru/company/assets/evraz-kgok/> (data obrashcheniya: 31.05.2022).

4. PAO "Kombinat Magnezit" [PAO Magnezit Plant]. URL: <http://magnezit.ru/ru/manufacture/kombinat/> (data obrashcheniya: 31.05.2022).

5. Kozlov Yu.A., 2007. OAO "Uralasbest" – etapy razvitiya [OAO Uralasbest – development stages]. *Gornaya promyshlennost'*, № 1(71), P. 14 - 18.

6. Kotyashov A.A., Pakhryaev B.V., Russkikh A.P., 2016. *Praktika primeneniya emul'sionnykh vzryvchatykh veshchestv v usloviyakh kar'erov OAO "Uralasbest" [Practice of using emulsion explosives in the quarries of OAO Uralasbest]*. *Tekhnologiya i bezopasnost' vzryvnykh rabot: materialy nauchno-tekhnicheskoi konferentsii*, 2015 g. Ekaterinburg: Izdatel'stvo AMB, P. 87 - 93.

7. Rozhdestvenskii V.N., 2004. Opyt primeneniya sistem neelektricheskogo initsirovaniya skvazhinnykh zaryadov pri droblenii skal'nykh, вязких пород взрывом [Experience in the use of systems for non-electric initiation of borehole charges during crushing of rocky and viscous rocks by explosion]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 3, P. 77 - 82.

8. Flyagin A.S., Men'shikov P.V., Shemenev V.G., 2018. Analiz velichin fakticheskikh intervalov zamedlenii neelektricheskikh sistem initsirovaniya [Analysis of the values of the actual deceleration intervals of non-electric initiation systems]. *Problemy nedropol'zovaniya*, № 2(17), P. 70 - 74.

9. Kotyashov A.A., 2021. Otsenka tselesoobraznosti primeneniya elektronnykh detonatorov Iskra T-500-18 dlya initsirovaniya skvazhinnykh zaryadov iz EVV [Evaluation of the feasibility of using electronic detonators Iskra T-500-18 to initiate borehole EEM-charges]. *Problemy nedropol'zovaniya*, № 2(29), P. 63 - 69. <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2021.02.063>

10. Kotyashhev A.A., Matorin A.S., Shemenev V.G., 2010. Opyt primeneniya emul'sionnykh vzryvchatykh veshchestv na kar'erakh Urala [Experience in the use of emulsion explosives at the quarries of the Urals]. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten', № 8, P. 278 - 282.

11. Anistratov K.Yu., Donchenko T.V., Opanasenko P.I., Strogii I.B., 2018. Analiz rynka burovnykh stankov dlya otkrytykh gornykh rabot gornodobyvayushchikh predpriyatii Rossii [Analysis of the market of drilling rigs for open-pit mining on mining enterprises in Russia]. Gornaya promyshlennost', № 2(138), P. 84 - 89. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-2-138-84-89>

12. Russkikh A.P., 2021. Uralasbest. Burovzryvnye raboty: tekhnologii, sud'by, lyudi [Uralasbest. Drilling and blasting: technologies, destinies, people]. Ekaterinburg: OOO "RA", 464 p.

13. Regotunov A.S., Zharikov S.N., Sukhov R.I., Kutuev V.A., 2021. Otsenka sovremennogo sostoyaniya burovzryvnykh rabot i neobkhodimost' osushchestvleniya perekhodnykh protsessov na nekotorykh krupnykh gornykh predpriyatiyakh Urala i Sibiri [Evaluation of the current state of drilling and blasting operations and the need for transition processes at some large mining enterprises in the Urals and Siberia]. Problemy nedropol'zovaniya, № 2(29), P. 52 - 62. <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2021.02.052>

14. Regotunov A.S., Kutuev V.A., Zharikov S.N., 2021. Sistematizatsiya faktorov, predopredelyayushchikh perekhodnye protsessy v burovzryvnykh rabotakh [Systematization of factors determining transients in drilling and blasting operations]. Problemy nedropol'zovaniya, № 4(31), P. 62 - 72. <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2021.04.062>

15. Zharikov S.N., 2011. Vzaimosvyaz' udel'nykh energeticheskikh kharakteristik protsessov sharoshechnogo bureniya i vzryvnogo razrusheniya massiva gornykh porod: avtoref. ... dis. kand. tekhn. nauk [Relationship of specific energy characteristics of the processes of roller drilling and explosive destruction of rock mass: abstract. ... dis. candidate of technical sciences]. Ekaterinburg: IGD UrO RAN, 25 p.

16. Sukhov R.I., Regotunov A.S., Grashchenko D.A., 2019. Razvitie metoda polucheniya informatsii o sostoyanii massiva gornykh porod v protsesse bureniya tekhnologicheskikh skvazhin [Development of a method for obtaining information about the state of rock mass in the drilling process of technological wells]. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten', № S37, P. 446 - 454. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2019-11-37-446-454>.