

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗНЫХ МЕТОДАХ ЗАРЯДКИ В ОБВОДНЕННЫХ УСЛОВИЯХ (на примере Первореченского месторождения андезитов)

А. Р. Тухбатулин¹✉, Ю. А. Васянович^{1,2}

¹ФБГОУ ВО «Владивостокский государственный университет», г. Владивосток, Российская Федерация

²ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Приморский край, Российская Федерация

✉ zx365@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается применение эмульсионного взрывчатого вещества при разработке месторождений буровзрывным способом на территории Приморского края. Особое внимание уделяется способам зарядки этого вещества, их эффективности и влиянию на качество буровзрывных работ на дневной поверхности. Описываются методы зарядки скважин, включая механизированный, с использованием смесительно-зарядной машины, и ручной. Обсуждаются особенности каждого метода, их преимущества и недостатки, влияние на конечный результат буровзрывных работ. Проводится сравнительный анализ качества взрывных работ при ручном и механизированном зарядании обводненных скважин на открытых горных работах. Результаты исследований могут быть полезными при практической деятельности горнодобывающих предприятий, в научных разработках, направленных на совершенствование технологий буровзрывных работ.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, технологии, взрывные работы, эмульсионное взрывчатое вещество, водостойкость, методы зарядки, качество взрывных работ, безопасность, эффективность

Для цитирования: Тухбатулин АР, Васянович ЮА. Сравнительный анализ качества взрывных работ при разных методах зарядки в обводненных условиях (на примере Первореченского месторождения андезитов). *Маркшейдерия и недропользование*. 2025;25(2):12-18. <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-2-12-18>.

COMPARATIVE ANALYSIS OF BLASTING QUALITY UNDER DIFFERENT CHARGING METHODS IN WATERLOGGED CONDITIONS (on the example of the Pervorechenskoye andesite deposit)

A. R. Tukhbatulin¹✉, Yu. A. Vasyanovich^{1,2}

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Vladivostok State University",
Vladivostok, Russian Federation

²Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Far Eastern Federal University",
Primorsky Krai, Russian Federation

✉ zx365@yandex.ru

Abstract. The application of emulsion explosive in the development of deposits by drilling and blasting method in the Primorsky Krai is considered. Special attention is paid to the methods of charging this substance, their efficiency and influence on the quality of drilling and blasting operations on the day surface. The methods of charging wells are described, including mechanized, using a mixing and charging machine, and manual. Features of each method, their advantages and disadvantages, influence on the final result of drilling and blasting works are discussed. A comparative analysis of the quality of blasting at manual and mechanized charging of watered holes in open pit mining operations is carried out. The results of research can be useful in the practical activities of mining enterprises, in scientific developments aimed at improving the technology of drilling and blasting operations.

Keywords: blasting operations, emulsion explosives, water-saturated conditions, charging methods, rock fragmentation, open-pit mining

For citation: Tukhbatulin AR, Vasyanovich YuA. Comparative analysis of blasting quality under different charging methods in waterlogged conditions (on the example of the Pervorechenskoye andesite deposit). *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025;25(2):12-18. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-2-12-18>.

Введение

Взрывные работы занимают важное место в процессе разработки месторождений полезных ископаемых, являясь одним из ключевых методов механического разрушения горных пород. Этот метод основан на использовании энергии взрыва, что позволяет значительно ускорить процесс добычи ресурсов и модификации рельефа местности. Однако для достижения высокой эффективности и качества проведения взрывных работ необходимо учитывать множество факторов, включая геологические условия, в которых они выполняются [1, 2].

В последние годы все большее распространение получает использование эмульсионного взрывчатого вещества при разработке месторождений буровзрывным способом [3]. Одним из главных преимуществ этого взрывчатого вещества является его водостойкость, что делает его идеальным выбором для работы в различных условиях.

Цель исследований: оценить эффективность и влияние на качество буровзрывных работ различных методов зарядки эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных условиях на открытых горных работах. Проанализировать преимущества и недостатки механизированного метода с использованием смесительно-зарядной машины и ручного метода зарядки.

Объект исследований

Первореченское месторождение андезитов находится на северо-востоке от г. Владивостока. Отгрузка продукции осуществляется только автомобильным транспортом. Месторождение разрабатывается открытым способом, крепость вскрышных пород по СНИП – VII, крепость полезного ископаемого по СНИП – IX.

Первореченское месторождение вулканогенных пород приурочено к нижней подсвите Владивостокской свиты (P2v11) и находится в пределах Муравьевского антиклинария. Геологическое строение его относительно простое. Полезное ископаемое Северного участка месторождения представлено вулканогенными породами, среди которых выделены следующие разновидности: андезиты, андезибазальты, агломератовые андезитовые туфы, дациты, риодациты. Андезиты и туфы составляют 80–90 % разреза. Все перечисленные петрографические разности по физико-механическим свойствам мало различаются, имеют химический состав преимущественно средних магматических пород, поэтому обобщены под названием «андезиты» и разрабатываются без селективной выемки. Мощность эффузивной толщи колеблется от 70 до 170 м. Вмещающие породы – углистые алевролиты от темно-серого цвета до черного, перемежаются с прослоями темно-серых песчаников.

Все породы в контуре подсчета запасов имеют северо-восточное простирание при падении на северо-запад под углами от 10 до 50°. Разрывные нарушения наблюдаются в виде сбросов, блоковых смещений. Блоковое строение массива сформировало сплошную и разноплановую трещиноватость пород.

Методика исследования

Проводится сравнительный анализ качества взрывных работ при ручном и механизированном зарядании обводненных скважин на открытых горных работах, выделяются их преимущества и недостатки.

Качество взрывных работ

Основные требования к проведению взрывов при открытых горных работах:

1. Безопасность ведения взрывных работ. Обеспечивается правильным подбором параметров буровзрывных работ с учетом всех аспектов, в том числе с учетом наличия непосредственной близости к охраняемым объектам согласно требованиям Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения (ФНиП) [4].

2. Равномерность и степень дробления горных пород. Процент выхода негабаритных кусков породы не должен превышать <5 %, полученная кусковатость не должна превышать определенных размеров по крупности куска и должна быть равномерной.

3. Качество проработки отработанного массива. Уровень подошвы уступа должен соответствовать проектным параметрам, развал взорванной породы должен быть заданной ширины и высоты, обеспечивающих высокопроизводительную и безопасную работу экскаваторов [5].

Методы зарядки скважин

Разнообразие условий, в которых проводится разрушение горных массивов посредством взрывных работ в горной промышленности, подчеркивает актуальность поиска наиболее эффективных методов доставки взрывчатого вещества и зарядки скважин. Этот процесс обусловлен необходимостью повышения безопасности и оптимизации производственных процессов.

Взрывные скважины размещаются по квадратной сетке, размеры которой варьируются от 3,3 на 3,3 м до 4,5 на 4,5 м в зависимости от условий взрывания. Диаметр скважин составляет от 115 до 140 мм, а удельный расход взрывчатых веществ находится в пределах от 0,65 до 0,95 кг/м³.

Во время зарядания эмульсионное взрывчатое вещество вводится в зарядную полость в патронах или смесительной зарядной машиной. В паспорте или проекте массового взрыва должны быть отмечены сведения о трещинах, пустотах и вывалах, обнаруженных при бурении, об оставленном в шпурах или скважинах буровом инструменте для того, чтобы взрывник принял меры по обеспечению безопасности работ при зарядании.

Перед заряданием место вокруг устья скважины очищают от разрушенной породы. Сами скважины очищают от буровой мелочи, шлама, в случае применения неводоустойчивых взрывчатых веществ из шпуров удаляют воду.

Приступать к заряданию можно только с разрешения лица, ответственного за взрывные работы. Зарядание выполняется взрывниками и их помощниками, перечисленными в разрешении и прошедшими обучение и стажировку под наблюдением лица, на имя которого выдано разрешение на производство взрывных работ [6–8].

В современной горнодобывающей промышленности для зарядки скважин применяются два основных метода: механизированный (с использованием смесительно-зарядной машины) и ручной.

Метод механизированного зарядания при помощи смесительно-зарядной машины

Современные технологии добычи и ведения открытых горных работ невозможны без автоматизации, включая при-

менение смесительно-зарядных машин. Эти машины предназначены для доставки, механизированного приготовления и подачи промышленных взрывчатых веществ в скважины или шпуров при открытых и подземных горных работах. Производители постоянно расширяют ассортимент продукции, внедряя разнообразные инновационные решения, что способствует повышению безопасности эксплуатации машин, несмотря на постоянный контакт со взрывчатыми смесями [9–11].

В практике заряжания взрывных скважин с помощью смесительно-зарядной машины применяются два основных метода:

- под столб воды;
- от устья.

Метод заряжания взрывных скважин под столб воды допускает проведение работ как в обводненных скважинах, так и в сухих, без необходимости предварительного осушения. Для осуществления заряжания используется погружной зарядный рукав, который опускается на дно скважины и затем автоматически поднимается (вытягивается) в процессе начала загрузки, при этом конец рукава остается в верхней части заряда. Этот метод позволяет вытеснять воду из скважины и обеспечивать равномерное заполнение взрывного заряда без образования пустот, что достигается за счет бережного отношения к заряжаемому веществу.

Метод под столб воды применяется для заряжания эмульсионным взрывчатым веществом, содержащим от 100 до 70 % эмульсионной матрицы. Это позволяет эффективно прокачивать заряжаемое вещество по зарядному рукаву.

Во втором случае (от устья) процесс заряжания скважин осуществляется после их осушения путем откачивания воды. Заполнение скважины производится гравитационным способом, начиная с верхнего уровня, с использованием шнекового транспортера или лотка через устье скважины. Для заряжания эмульсионных взрывчатых веществ с различным процентным содержанием эмульсионной матрицы применяются составы, в которых содержание сухой фазы варьируется от 100 до 50 %, а эмульсионной матрицы – от 0 до 50 %. При этом предпочтительно использовать составы с содержанием эмульсионной матрицы не более 70 % [12]. В процессе зарядки скважины, который обычно осуществляется оператором из кабины смесительно-зарядной машины, важно учитывать потенциальные риски для оператора. Загрузка взрывчатых веществ в скважины из кабины транспортного средства характеризуется низким уровнем риска. Это объясняется тем, что образование взрывчатых составов происходит либо непосредственно на выходе из смесительно-зарядной машины, либо через определенный временной интервал, например, при использовании зарядного рукава. Процесс загрузки осуществляется в полуавтоматическом режиме. Система управления обеспечивает контроль подачи компонентов в необходимых пропорциях и количествах. В случае отклонения от заданных параметров система автоматически прекращает процесс. Процедура загрузки скважин может быть полностью автоматизирована, то есть будет происходить без участия человека. Однако размещение инициирующего заряда по-прежнему требует присутствия персонала [12].

В современной промышленности используются смесительные зарядные машины, производимые отечественными

предприятиями на базе шасси российских автомобильных заводов, такие как модели «СМСЗУ 2К-11» и «СМСЗУ 2К-16», созданные на основе шасси КамАЗа и МАЗа, с собственным программным обеспечением. Это особенно актуально в наше время после ухода импортных производителей, поскольку такие машины способствуют технологической независимости и укреплению экономической безопасности страны. Они позволяют российским предприятиям продолжать свою деятельность, не завися от внешних поставок и санкций, что способствует стабильности и устойчивости национальной экономики. Модель смесительно-зарядной машины представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Смесительно-зарядная машина «2К-11» на базе МАЗа, 6 х 4 /
Fig. 1. Mixing and charging machine 2K-11 based on MAZ 6 x 4

Метод ручного заряжания патронированного эмульсионного взрывчатого вещества

Ручное заряжание взрывчатых веществ имеет долгую историю, начиная с первых этапов развития горнодобывающей промышленности при ведении открытых горных работ. С течением времени этот метод претерпел значительные изменения, адаптируясь к новым технологиям и требованиям безопасности. В настоящее время ручное заряжание продолжает играть важную роль в буровзрывных работах, особенно в условиях, где автоматизированные методы не могут быть применены.

Метод ручного заряжания патронированного эмульсионного взрывчатого вещества является одним из наиболее распространенных и доступных способов зарядки скважин при проведении буровзрывных работ. Он отличается простотой оборудования и возможностью работы в труднодоступных местах, что делает его особенно актуальным в условиях, где использование зарядных машин затруднено или невозможно [13].

На рисунке 2 представлены патроны эмульсионного взрывчатого вещества.

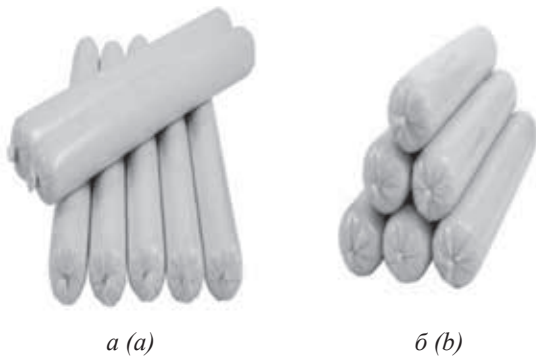


Рис. 2. Патроны эмульсионного взрывчатого вещества:
а – «Сибирит-1000ПМ»; б – «Гидранит-90П» /
Fig. 2. Emulsion explosive cartridges:
а – Sibirit-1000PM; б – Hydranit-90P

Зарядка скважин осуществляется взрывником под руководством ответственного руководителя массового взрыва. Патроны эмульсионного взрывчатого вещества опускаются, в скважину постепенно заполняя колонку заряда.

Сравнительный анализ ручного и механизированного методов зарядки

Преимущества метода ручного заряжения эмульсионных взрывчатых веществ:

1. Экономическая целесообразность. Простота и доступность оборудования позволяют снизить затраты на выполнение взрывных работ.
2. Возможность работы в труднодоступных местах, где применение зарядных машин затруднено или невозможно.
3. Гибкость и адаптивность. Оперативное реагирование на изменения условий и требований на месте проведения работ.

Недостатки метода ручного заряжения эмульсионных взрывчатых веществ:

1. Низкая точность дозирования. Может привести к неравномерному распределению взрывчатого вещества и снижению качества дробления породы.
2. Вероятность ошибок. Снижение эффективности и безопасности взрывных работ.
3. Трудоемкость процесса. Влияет на усталость персонала и снижение производительности.
4. Проблема усадки в обводненных условиях. В исследовании [14–16] обнаружена проблема усадки эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных условиях, что может привести к застреванию патрона в скважине и образованию водяной пробки, снижая скорость детонации или полностью прекращая ее.

Преимущества метода механизированного заряжения эмульсионных взрывчатых веществ:

1. Высокая точность дозирования. Автоматизированные системы обеспечивают точное дозирование взрывчатого вещества, что способствует равномерному распределению и повышению качества дробления породы.
2. Высокая производительность. Значительно увеличивается скорость зарядки скважин, что повышает общую производительность работ.
3. Снижение вероятности ошибок. Минимизация человеческого фактора снижает вероятность ошибок и повышает безопасность работ.
4. Снижение трудоемкости. Использование зарядных машин снижает физические усилия и время, затрачиваемые на процесс зарядки.

Недостатки метода механизированного заряжения эмульсионных взрывчатых веществ:

1. Высокая стоимость оборудования. Использование зарядных машин и другого специализированного оборудования требует значительных инвестиций.
2. Ограничения в труднодоступных местах. В некоторых случаях механизированные методы могут быть ограничены в использовании из-за сложности доступа к месту проведения работ.
3. Энергопотребление. Требуется значительные затраты энергии, что может быть не всегда экономически оправдано.

Взрывные работы в сложных условиях рельефа, где перепады высот достигают значительных значений, обусловлены различиями в геологическом строении и прочностных характеристиках пород, представляют собой особую техническую задачу. В таких условиях применение смесительно-зарядной машины для зарядки скважин становится невозможным.

Таким образом, выбор метода заряжения зависит от конкретных условий и требований на месте проведения работ. Ручной метод является простым и доступным, но имеет низкую точность и производительность. Механизированный метод обеспечивает высокую точность и производительность, но требует значительных инвестиций и может быть ограничен в труднодоступных местах.

Результаты исследования

Сравнительный анализ качественных параметров взрывных работ при ручном и механизированном методе зарядки

На примере отработанных блоков Первореченского месторождения андезитов сравним полученные данные по количеству выхода негабарита для механизированного и ручного метода зарядки (табл. 1, 2, 3).

Таблица 1 / Table 1

Параметры блоков при механизированной зарядке скважин / Parameters of blocks during mechanized well charging

Номер блока	Объем блока, м ³	Удельный расход, кг/м ³	Выход негабарита, %	Время зарядки, ч
12-24	22 456	0,8	3	8
11-24	15 667	0,83	4	6
13-24	18 396	0,84	6	6
16-24	20 298	0,79	5	8
17-24	21 473	0,76	2	8
18-24	19 544	0,80	3	7
21-24	16 113	0,85	5	6
22-24	17 900	0,83	4	7
23-24	20 217	0,8	3	8
25-24	21 879	0,78	4	8
26-24	15 547	0,8	5	6
27-24	18 923	0,8	4	7
30-24	19 278	0,77	3	8
32-24	16 892	0,81	5	6
33-24	20 351	0,80	4	8
37-24	17 469	0,81	4	7
38-24	21 834	0,78	5	8
40-24	19 726	0,79	4	7
44-24	16 359	0,8	4	6
45-24	20 987	0,8	3	8

Таблица 2 / Table 2

Параметры блоков при ручной зарядке скважин /
Parameters of blocks at manual well charging

Номер блока	Объем блока, м³	Удельный расход, кг/м³	Выход негабарита, %	Время зарядки, ч
8-24	13 456	0,75	7	16
10-24	20 871	0,73	5	20
12-24	19 214	0,70	6	21
13-24	15 644	0,78	5	17
14-24	21 893	0,74	5	18
15-24	18 156	0,70	8	18
19-24	21 223	0,76	5	21
20-24	20 486	0,70	6	22
24-24	10 800	0,72	5	12
26-24	19 741	0,71	5	18
28-24	17 921	0,72	5	17
29-24	20 176	0,71	6	21
31-24	18 439	0,73	7	17
34-24	19 653	0,7	6	19
35-24	18 287	0,74	5	18
36-24	21 837	0,75	7	20
39-24	17 905	0,72	7	17
41-24	20 837	0,72	6	21
42-24	15 374	0,73	5	15
43-24	21 268	0,71	5	21

Таблица 3 / Table 3

Сравнения средних значений при ручном и механизированном способах зарядки скважин /
Comparisons of average values for manual and mechanized charging of wells

Объем, тыс. м³	Ручной способ зарядки			Механизированный способ зарядки		
	Средний удельный расход, кг/м³	Средний выход негабарита, %	Среднее время зарядки, ч	Средний удельный расход, кг/м³	Средний выход негабарита, %	Среднее время зарядки, ч
15-16	0,75	5	16,5	0,81	4,5	6
16-17	-	-	-	0,82	4,6	6
17-18	0,72	6	20	0,82	4	7
18-19	0,72	6,6	17,5	0,82	4,6	6,5
19-20	0,7	5,6	19,3	0,78	3,3	7,3
20-21	0,71	5,7	21	0,8	3,75	8
21-22	0,74	5,5	20	0,78	3,5	8
Итого	0,72	5,73	19,05	0,80	4,04	6,97

На основании анализа данных, представленных в таблице 3, можно сделать следующие выводы:

Время зарядки при использовании ручного метода превышает аналогичные показатели для механизированного способа зарядки на 12 ч.

При ручном методе заряжания наблюдается увеличение выхода количества негабарита на 1,69 %, что свидетельствует о наличии существенных недостатков в процессе.

Механизированный способ зарядки характеризуется по-

вышенным удельным расходом, что может привести к увеличению затрат на производство взрывных работ.

Закключение

1. В результате сравнительного анализа были рассмотрены преимущества и недостатки методов зарядки эмульсионного взрывчатого вещества при проведении взрывных работ на открытых горных работах.

2. Метод механизированного заряжания с использованием смесительно-зарядной машины позволяет быстро и эффективно заполнять скважины взрывчатым веществом, уменьшая количество взрывного персонала на выполняемый объем и увеличивая объем взрывающейся горной массы за один раз. При этом наблюдается значительно меньший выход количества негабарита и увеличенный расход взрывчатого вещества.

3. Механизированная зарядка скважин под воду позволяет равномерно распределить взрывчатое вещество по всей длине скважины, предотвращая его зависание. В случае ручной зарядки водонасыщенных скважин возникает риск «застывания» патрона из-за мягкости полиэтиленовой оболочки и плотности эмульсионного состава. Это может привести к образованию водяной пробки, которая снижает скорость детонации или вызывает ее затухание. В результате качество взрыва ухудшается, а выход негабарита увеличивается. Данная проблема является актуальной и требует более тщательного анализа. Оба способа зарядки обводненных скважин являются актуальными в наше время. Каждый из способов имеет ряд преимуществ и недостатков.

4. Ручное заряжание патронированным эмульсионным взрывчатым веществом требует больше времени и усилий, но может быть более экономичным и подходящим для небольших объемов работ, а также для обрабатываемых блоков, где нет возможности подъезда смесительной зарядной машине.

5. В результате сравнительного анализа методов зарядки скважин при разработке месторождений буровзрывным способом можно сделать вывод, что использование смесительно-зарядных машин обеспечивает более высокую эффективность и безопасность взрывных работ. Механизированный метод позволяет равномерно распределить взрывчатое вещество в скважине, снизить риск ошибок при ручном заряжании и ускорить процесс подготовки к взрыву. Однако ручной метод зарядки может быть более предпочтительным в условиях, где применение смесительно-зарядных машин затруднено или невозможно. Важно учитывать конкретные условия и требования при выборе метода зарядки скважин.

6. В целом выбор метода зарядки зависит от конкретных условий и требований проведения буровзрывных работ, а также от доступности оборудования и квалификации персонала.

Выводы

1. В статье описывается применение эмульсионного взрывчатого вещества при разработке месторождений буровзрывным способом на территории Приморского края. Особое внимание уделяется способам зарядки этого вещества, их эффективности и влиянию на качество буровзрывных работ на дневной поверхности.

2. Результаты исследований могут быть полезными при оптимизации буровзрывных работ в обводненных условиях, характерных для месторождений с высоким уровнем грунтовых вод или повышенной влажностью. Исследование так-

же направлено на повышение безопасности взрывных работ, минимизацию рисков, связанных с ошибками при ручной зарядке или неравномерным распределением взрывчатого вещества.

3. Выявленные проблемы, такие как усадка эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных условиях, открывают возможности для разработки новых технологий зарядки скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Казаков НН. Взрывная отбойка руды скважинными зарядами. Москва, 1975: 192. [Kazakov NN. Explosive stripping of ore by borehole charges. Moscow, 1975:192. (In Russ.)]
2. Мельников НВ. Теория и практика открытых разработок. Москва, 1973: 636. [Melnikov NV. Theory and practice of open-pit mining. Moscow, 1973: 636. (In Russ.)]
3. Горинов СА. Иницирование и детонация эмульсионных взрывчатых веществ. Под ред. академика РАН В. В. Адушкина. Москва, 2020: 352. [Gorinov SA. Initiation and detonation of emulsion explosives. Edited by Academician of the Russian Academy of Sciences Adushkin V. V. Moscow, 2020:352. (In Russ.)]
4. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения»: Приказ Ростехнадзора от 3 декабря 2020 г. № 494. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573219717>. [Rostekhnadzor Order No. 494 of 3 December 2020 'On Approval of Federal norms and rules in the field of industrial safety 'Safety Rules in the production, storage and use of explosive materials for industrial purposes'. industrial explosive materials'. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573219717> (In Russ.)]
5. Гришин АН, Медведская ТМ. Технология и безопасность взрывных работ. Москва, 2021: 352. [Grishin AN, Medvedskaya TM. Technology and safety of blasting operations. Moscow, 2021: 3527 (In Russ.)]
6. Кутузов БН. Взрывные работы. Москва, 1988: 382. [Kutuzov BN. Blasting works. Moscow, 1988: 352. (In Russ.)]
7. Михайлов АГ. Проектирование параметров взрывных работ на карьерах. Якутск, 2002: 267. [Mikhailov AG. Designing the parameters of blasting operations at open-pit mines. Yakutsk, 2002: 267 (In Russ.)]
8. Кутузов БН, Белин ВА. Проектирование и организация взрывных работ. Москва, 2012: 409. [Kutuzov BN, Belin VA. Designing and organization of blasting operations. Moscow, 2012: 409. (In Russ.)]
9. Жученко ЕИ, Иоффе ВБ, Зырянов ИК. Смесительно-зарядные и доставочные машины, предназначенные для транспортирования, изготовления и заряжания эмульсионных взрывчатых веществ сибиритов. Безопасность труда в промышленности. 2002;5:39-41. [Zhuchenko EI, Ioffe VB, Zyryanov IK. Mixing-charging and delivering machines designed for transporting, manufacturing and charging of emulsion explosives emulsion explosives of sibirites. Labour safety in industry. 2002;5:39-41. (In Russ.)]
10. Патент № 2211438 С1 Российская Федерация, МПК F42D 1/08. Смесительно-зарядная машина: № 2002107041/03; заявл. 21.03.2002; опубл. 27.08.2003 / В. Х. Кантор, А. Г. Потапов, Н. И. Гаврилов [и др.]; заявитель ООО «Научно-техническая фирма «Взрывтехнология». [Patent No. 2211438 C1 Russian Federation. Federation, MPK F42D 1/08. Mixing and charging machine: No. 2002107041/03: application. 21.03.2002: published 27.08.2003 / V. H. Kantor, A. G. Potapov, N. I. Gavrilov [and others]; applicant ООО Scientific and Technical Firm «Vzryvtekhnologiya». (In Russ.)]
11. Шеменев ВГ, Глебов АВ, Синицын ВА и др. Смесительно-зарядные машины для изготовления и заряжания эмульсионных ВВ на карьерах Урала. Горное оборудование и электромеханика. 2014;5(102):42-5. [Shemenев VG, Glebov AV, Sinitsin VA et al. Mixing and charging machines for Manufacturing and charging of emulsion explosives at the Ural quarries. Mining equipment and electromechanics. 2014;5(102):42-5. (In Russ.)]
12. От смеси до взрыва: эффективность и безопасность в одной машине. Добывающая промышленность». URL: <https://dprom.online/mtindustry/ot-smesi-do-vzryva-effektivnost-i-bezopasnost-v-odnoj-mashine/>. [From mixture to explosion: efficiency and safety in one machine. Extractive Industry. Available from: <https://dprom.online/mtindustry/ot-smesi-do-vzryva-effektivnost-i-bezopasnost-v-odnoj-mashine/> (In Russ.)]
13. Жученко ЕИ, Иоффе ВБ, Кукиб БН и др. Заряжание глубоких скважин эмульсионными ВВ сибиритами на разрезах Кузбасс. Физические проблемы разрушения горных пород. Новосибирск, 2003: 154-62. [Zhuchenko EI, Ioffe VB, Kukib BN, et al. Charging of deep wells with emulsion explosives by sibirites in the Kuzbass sections. Physical problems of rock fracture. Novosibirsk, 2003:154-62 (In Russ.)]
14. Педан НР, Васянович ЮР. Применение водоустойчивого взрывчатого вещества «Гидронит-П» в горной промышленности. Взрывное дело. Москва, 2024: 122-32. [Pedan NR, Vasyanovich YA. Application of water-resistant explosive substance «Gidronit-P» in the mining industry. Explosive case. Moscow, 2024: 122-32 (In Russ.)]
15. Педан НР. Применение взрывчатого вещества «Гидронит-П» в водонасыщенных скважинах на взрывном блоке. Научный аспект. 2023;12:4252-7. [Pedan NR. Application of the explosive substance Hidronit-P in water-saturated boreholes at the water-saturated wells on the explosive block. Scientific aspect. 2023;12:4252-7 (In Russ.)]
16. Тухбатулин АР, Васянович ЮА. Усадка эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных условиях на примере Месторождения Первореченских андезитов. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024;12-3(99):225-8. [Tukhbatulin AR, Vasyanovich YA. Shrinkage of emulsion of the emulsion explosive in watered conditions on the example of the deposit of the Pervorechenskies andesites. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2024;12-3(99):225-228 (In Russ.)]. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-12-3-225-228.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Артём Рустамович Тухбатулин – аспирант кафедры горного дела, ФБГОУ ВО «Владивостокский государственный университет», 690014, Приморский край, г. Владивосток, Российская Федерация, e-mail: zx365@yandex.ru

ABOUT THE AUTHORS

Artem R. Tukhbatulin – postgraduate student of the Department of Mining Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education 'Vladivostok State University', 690014, Primorsky Krai, Vladivostok, Russian Federation, e-mail: zx365@yandex.ru

Юрий Анатольевич Васянович –

д-р техн. наук, профессор кафедры горного дела ФБГОУ ВО «Владивостокский государственный университет», 690014, Приморский край, г. Владивосток, Российская Федерация, e-mail: Vasyanovich_2011@mail.ru

Профессор департамента мониторинга и освоения георесурсов, Дальневосточный федеральный университет

Yuri A. Vasyanovich –

Doctor of Technical Sciences, Professor of Mining Engineering Department, Vladivostok State University, 690014, Primorsky Krai, Vladivostok, Russian Federation, e-mail: Vasyanovich_2011@mail.ru

Professor Department of Georesources Monitoring and Development Far Eastern Federal University

Критерии авторства / Contribution:

А. Р. Тухбатулин – разработка концепции исследования, постановка целей и задач, проведение полевых исследований, сбор и анализ первичных данных на Первореченском месторождении андезитов, сравнительный анализ методов зарядки скважин (ручной и механизированный), подготовка текста статьи, включая описание методики, результатов и выводов, оформление таблиц и графиков, визуализация данных, подготовка чернового варианта статьи, несет ответственность за достоверность представленных данных и корректность их анализа. Ю. А. Васянович – разработка концепции исследования, постановка целей и задач, научное руководство исследованием, консультации по методологии и интерпретации данных, участие в интерпретации результатов и их научном обосновании, анализ геологических условий месторождения и их влияния на качество взрывных работ, рецензирование и редактирование текста статьи, внесение существенных правок и дополнений, обеспечение научной строгости текста, уточнение теоретической части, гарантия научной обоснованности выводов и соответствия исследования современным стандартам / A. R. Tukhbatulin – development of the research concept, setting goals and objectives, conducting field studies, data collection and analysis at Pervorechenskoye andesite deposit, comparative analysis of well charging methods (manual and mechanised), preparation of the text of the article, including description of the methodology, results and conclusions, preparation of tables and graphs, data visualization, was responsible for data collection and primary data analysis, prepared the draft version of the article, is responsible for the reliability of the data presented and the correctness of their analyses; Y.A. Vasyanovich – scientific supervision of the study, advice on methodology and data interpretation, analysis of geological conditions of the deposit and their influence on the quality of blasting, reviewing and editing the text of the article, clarification of the theoretical part, participated in the interpretation of the results and their scientific justification, made substantial corrections and additions, ensured the scientific rigour of the text, guarantees the scientific validity of the conclusions and compliance of the study with modern standards.

Конфликт интересов / Conflict of interest:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.01.2025.

Поступила после рецензирования: 21.02.2025.

Принята к публикации: 28.02.2025.

Article info

Received: 20.01.2025.

Revised: 21.02.2025.

Accepted: 28.02.2025.