ЭМУЛЬСИЯЛИ ПОРТЛОВЧИ МОДДАЛАР АСОСИЙ ТАВСИФЛАРИНИНГ ТАҲЛИЛИ ВА УЛАРДАН КАРЬЕРЛАРДА САМАРАЛИ ФОЙДАЛАНИШ

А.Д. Меликулов
“75-Махсус бошқармаси” МЧЖ, бош директор муовини, т.ф.н., доцент
Тошкент, Ўзбекистон
М.К. Шамаев
Тошкент давлат техника университети Олмалиқ филиали, катта ўқитувчи
Олмалиқ, Ўзбекистон
Ф.В. Цой
“Олмалиқ кон металлургия комбинати” АЖ, кончилик бўлими бўлим бошлиғи муовини
Олмалиқ, Ўзбекистон

Аннотация. Мақолада бурғулаш-портлатиш усулида қазиб олишга тайёрланадиган карьерларда умумий қазиб олиш жараёнларида портлатиш ишларининг аҳамияти ва долзарблиги, бу жараёнда эмульсияли портловчи моддаларнинг хоссалари ҳамда улар амалиётда кенг қўлланиши тўғрисида маълумотлар берилган. Эмульсияли портловчи моддаларни маҳаллий кон қазиб олиш корхоналарининг бўлинмаларида конларга яқин жойларда ва таркибий қисмида ишлатиладиган моддаларнинг маҳаллий хом ашёдан фойдаланиб ишлаб чиқарилаётганлиги, бунинг кон қазиб олувчи корхона учун аҳамияти ва бу турдаги портловчи моддаларнинг карьерларда кенг қўлланишига асос бўладиган айрим кўрсаткичлари тўғрисида маълумот берилган.

Калит сўзлар: эмульсияли портловчи модда, карьер, сувланган скважиналар, детонация, сенсибилизация.

Аннотация. В статье представлена информация о значении и актуальности взрывных работ в общих процессах добычи в карьерах, подготовленных к добыче буровзрывным способом, о свойствах эмульсионных взрывчатых веществ в этом процессе, а также их широком применении на практике. Эмульсионные взрывчатые вещества производятся в подразделениях отечественных горнодобывающих предприятий в непосредственной близости от месторождений и в составе используемых веществ с использованием местного сырья, что свидетельствует о значении этого для горнодобывающего предприятия и некоторых показателях, лежащих в основе широкого применения данного вида взрывчатых веществ в карьерах.

Ключевые слова: эмульсионная взрывчатка, карьер, орошаемые скважины,

ISSN 3030-3907

детонация, сенсибилизация.

Annotation. The article provides information on the importance and relevance of blasting work in general mining processes in quarries prepared for drilling-blasting, the properties of emulsion explosives in this process and their wide application in practice. Units of local mining enterprises of emulsion explosives are informed about the production of substances used in close proximity to mines and in its component using local raw materials, the importance of this for the mining enterprise and some indicators that will underlie the widespread use of this type of explosive in quarries.

Keywords: emulsion explosive, quarry, watered-down scavengers, detonation, sensitization.

Кириш

Мамлакатимиз кон-қазиб оладиган ривожланган мамлакатлар қаторида алоҳида ўрин олганлиги билан ажралиб туради. Республикамизда 3000 дан ортиқ фойдали қазилма конлари аниқланган бўлиб, улар минерал хом ашёларни 72 турини қамраб олган 1466 кон геологик разведка қилинган ва давлат захиралари баланси ҳисобига олинган. Улар орасида дунёга машҳур бўлган ўта йирик (гигант) конлар ҳам маълум – Мурунтов ва Чормитан олтин конлари ҳамда Қолмоқир мис руда кони [1,2,3,4,5,6] Кон қазиб олиш корхоналари мутахассислари томонидан қазиб олинаётган хом ашёнинг таннархини пасайтириш ҳамда мавжуд табиий ресурсларни тўлиқ фойдаланишга жалб этиш долзарб фундаментал илмий ва амалий-технологик аҳамиятга эга масалалар деб эътиборга олинади. Ер ости бойликларини қазиб олиш технологик жараёнлари қаторида кон массасини портлатиб юмшатиш ишлари асосий ва қиммат ҳамда хавфсизлигини таъминлаш нуқтаи назардан алоҳида эътибор талаб этадиган жараёнлар қаторида жой эгаллаган. Портлатиш ишларига сарфланадиган харажат умумий кон қазиб олишга сарфланадиган харажатларнинг 25–30% ни ташкил қилади, бундан эса деярли ярми портловчи моддаларни харид қилишга йўналтирилади. 1997 йилгача мамлакатимиз корхоналари асосан Россия, Қозоғистон ва Тожикистонда ишлаб чиқарилиб, бизга импорт қилинадиган портловчи моддалардан фойдаланиб келган. Ҳозирги вақтда кон қазиб олиш ишларини ривожлантиришда мавжуд технологияларни такомиллаштириш билан бирга корхонанинг ўзида портловчи моддаларни ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш корхона самарадорлиги (рентабеллигини) ошириш учун ишончли чоралар ҳисобланади [7].

Турли мураккаб кон-геологик шароитларда бажариладиган портлатиш ишларининг самарадорлиги ва хавфсизлиги маълум даражада

ISSN 3030-3907

қўлланиладиган портловчи моддаларнинг хусусиятларига боғлиқ. Карьерларнинг чуқурлиги ошганда тоғ жинсларининг мустаҳкамлиги ва сувланган қисми ортиб боради. Бу омиллар сувга чидамли ва юқори қувватли портловчи моддалар қўлланилиши зарурлигини юзага келтиради, шу билан бирга портлатиш ишларига тегишли харажатнинг ошишига олиб келади. Портловчи моддалар заводларида тайёрлангандаги нархнинг ошиши, ташиб олиб келиш нархининг ошиши, бу турдаги юкларнинг ташишда хавфлилиги ва ташишда хавфсизлик талабларнинг кучайтирилиши ва бошқа сабабларга асосланиб заводлардан ташиладиган портловчи моддаларнинг миқдорини камайтириш ва портлатиш ишларини олиб борадиган корхоналарда ёки уларнинг яқинида ишлаб чиқаришни амалга ошириш мақсадга мувофиқлигининг моҳияти кескин ошади [8,9].

Таҳлиллар ва усуллар. Маҳаллий ва халқаро тажрибаларни ҳисобга олган ҳолда Олмалиқ кон металлургия комбинатида эмульсияли портловчи моддалар ишлаб чиқариш заводининг қурилиши 1996 йилнинг охирида бошланиб, 1997 йилда ҳамма ускуна ва жиҳозлар билан тўлиқ таъминланган мазкур объект тайёр бўлган, Канаданинг “ETI” фирмасининг лицензияси асосида йиллик ишлаб чиқариш қуввати 40 минг тонна бўлган заводда эмульсияли портловчи моддалар ишлаб чиқарилиши бошланган. Шу билан бир пайтда комбинат томонидан махсус аралаштириш-зарядлаш машиналаридан фойдаланиш ҳам жорий этилган.

Ҳозирги кунда “Олмалиқ кон металлургия комбинати” АЖ нинг портловчи моддалар заводида ишлаб чиқарилаётган баъзи портловчи моддалар турлари тўғрисида қисқа маълумот 1- жадвалда берилган.

1-жадвал

№	Портловчи модда тури	Таркиби		
		Аммиак селитраси, %	Эмульсия, %	Дизель ёқилғиси, %
1	Эмульгит 30	64	30	6
2	Эмульгит 50	46	50	4
3	Эмульгит 60	34	60	6
4	АНФО	94	-	6
5	АНФО-20	96	-	4

Илғор технологияларнинг қўлланилиши, жараёнларнинг юқори даражада механизациялаштирилиши, автоматлаштирилиши ва компьютерлаштирилиши, асосийси – маҳаллий хом ашёдан фойдаланилиш ҳисобига портловчи модда ишлаб чиқаришдаги харажатларни сезиларли

ISSN 3030-3907

камайтиришга эришилди. 2016 йилда маҳаллийлаштиришнинг бир қисми сифатида фойдали қазилмаларни ер ости ва очиқ усулда қазиб олишда фойдаланиш учун “Алманит” туридаги қадоқланган (патронланган) портловчи моддаларни ишлаб чиқариш йўлга қўйилган.

Шунга ўхшаш “Навоий кон металлургия комбинати” АЖ дунёда машҳур бўлган портловчи модда ҳамда портлатиш воситалар ишлаб чиқарувчи «Orica» фирмаси (Германия) билан тузилган шартнома асосида Мурунтов карьери саноат майдони ҳудудида завод қуриб 2002 йил сентябр ойида эмульсияли портловчи моддаларни ишлаб чиқариб бошлаган [10,11].

Бу компонентлар мазкур машиналарда қуйидаги алоҳида идишларда ташиб етказиладиган асосий моддалардан иборат: эмульсияли матрица, натрий нитрити билан сирка кислотаси эритмаси, қумоқланган аммиак селитраси ҳамда дизель ёқилғиси.

Мазкур портловчи модданинг асосий физик-кимиёвий хусусиятлари тўғрисида маълумот 2-жадвалда кўрсатилган.

Бугунги кунда Қолмоқир конида бурғулаш-портлатиш ишлари амалга оширилаётган ҳудудлардаги тоғ жинсларининг 70% дан ортиғи сувли скважиналарга тўғри келади. Бу конда асосий ер ости сувлари оқими +625 м горизонтдан бошлаб тоғ жинслари массивининг бузилган жойларидан ва мавжуд ёриқлардан оқиб келади. Қолмоқир кони лойиҳавий белгиси (+85 м)гача қазиб олинадиган бўлса, сув оқимининг миқдори 5-6 марта ва табиий равишда сувланган тоғ жинсларининг улуши кўпайиши тахмин қилинмоқда [12]. Лойиҳа ҳужжатларида бутун Қолмоқир карьери майдонида барча горизонтлардан тушиб келадиган сув ҳажми соатига 540 $м^3$гача етиши ҳисобга олинган [13]. “Ёшлик-I” конида эса бу кўрсаткич 80% дан кўпроқни ташкил қилади. Сувли скважиналарни портлатишда асосан Эмульгит 60 портловчи моддаси ишлатилади. Қалмоқир конида портловчи моддаларнинг ўртача солиштирма сарфи 0,710 кг/$м^3$ ни ташкил қилади, портлатиладиган тоғ жинсларининг мустаҳкамлиги проф. М.М Протодьяконов шкаласи бўйича *f* = 9-14 га тенг ҳисобланади, шу билан бирга карьернинг пастки горизонтларида тоғ жинсларининг мустаҳкамлиги анча юқорилиги, яъни *f* = 10,4-16,6 гача ошиши кузатилади.

2-жадвал

Асосий хусусиятлари	«Алманит»	«Нобелит 216 Z»
Кислород баланси, %	-0,54	-0,92
Портлашда ажраладиган иссиқлик, кДж/кг	2930	3191

ISSN 3030-3907

Ажралиб чиқадиган газ ҳажми, м³/кг	921	929
Ажраладиган иссиқлик бўйича тротил эквивалентлиги	1,0	1,0
Белгиланган диаметрлардаги (мм) зарядда детонация тезлиги, 10^3 м/с: 32 - 36 38 - 50 60 - 70 90 120	 4,3-4,5 4,7-5,0 4,8-5,1 5,2-5,4 5,4-5,6	 3,0-4,5 3,2-4,6 3,5-5,0 4,0-5,5 -
Чегаравий (критик) диаметри, 10^{-3} м	20	18
Аланғаланиш ҳарорати, ^{0}C	375	-
Иш бажариш қобилияти, см³	430	-

Бу конда тоғ жинсларининг асосий механик хоссаларидан бири ҳисобланадиган бир ўқ бўйича чегаравий қаршилиги σ = 1209–2230 kg/sm^2 ёки 120–223 *MPa* ораликда ўзгариши аниқланган. Ундан ташқари портлатиш жараёни қўзғалиши ҳамда атрофдаги тоғ жинсларини текис парчаланишига таъсир кўрсатувчи массивниг қатор бошқа хоссалари ҳам кенг диапазонда ўзгарувчанлигини ҳисобга олиш зарур. Булар қаторида: тоғ жинсларининг ҳажмий массаси (2,3–2,9)x10^3 kg/m^3, Пуассон коэффициенти 0,12–0,275, акустик бикирлиги (9,2–19,1)x10^6 $kg/(m^2s)$, эластик модули (4,25–9,75)x10^6 *Pa*, контактли мустаҳкамлиги (1,0–35,0)x10^6 *Pa*, силжиш модули (1,8–2,84)x10^6 *Pa*, массивда бўйлама тўлқиннинг тарқалиш тезлиги (4,0–6,6)x10^3 m/s миқдорида баҳоланган [13].

Мурунтов конида ВНИМИ институти олган маълумотларга асосан портлатиладиган тоғ жинсларининг мустаҳкамлиги 51,1-55,4 *MPa*дан 223,5-253,0 *MPa*гача ўзгарувчанлиги аниқланган ва профессор М.М. Протодьяконов шкаласи бўйича мустаҳкамлик коэффициенти f = 7-14 дан f = 14-15 гача ўзгариши кўрсатилган [14]. Бу кўрсаткичлар карьер чуқурлашиши билан тобора ошиб бориш хусусиятига эга.

Технология бўйича завод шароитида турғун жиҳозлар ёрдамида эмульсияли портловчи моддаларни ташкил этувчи портловчи бўлмаган компонентлари (яримфабрикатлар) ишлаб чиқарилади: эмульсия матрицаси ва газ ҳосил қилувчи қўшимчаларнинг (натрий нитрити ҳамда сирка кислотаси) эритмалари, қумоқланган аммоний нитрати, дизель ёқилғиси – улар аралаштириш-зарядлаш машиналарининг махсус идишларида алоҳида портлатиш ишлари бажариладиган жойга етказиб берилади ва бу компонентлар скважинани зарядлаш жараёнида аралаштирилади. “Ёшлик-I”

ISSN 3030-3907

конида махсус жиҳозланган автомобиль ёрдамида скважиналарни эмульгит портловчи моддаси билан зарядлаш жараёни 1-расмда кўрсатилган. Эмульсия, дизель ёқилғиси ва аммоний нитратидан тайёрланган қоришманинг таркибига боғлиқ ҳолда мустаҳкамлиги заиф, ўртача ёки катта бўлган, сувланганлик даражаси эса юқори бўлган тоғ жинслари массивини портлатиб майдалаш учун етарли тавсифларга эга портловчи моддаларни таёрлаш мумкин [15].

Бу портловчи моддалар бошқа турдаги портловчи моддаларга нисбатан бир қатор афзалликларга эга: сувга чидамлилиги, зичлигини ўзгартириш ёки таркибига энергетик қўшимчаларни аралаштириш орқали уларнинг қувватини бошқариш, механик ва термик таъсирларга сезувчанлиги паст бўлиши, бунинг натижасида ишлов беришда улар муомалада бўлишида хавфсизлиги барқарор юқори бўлиши, уларни тайёрлаш ва скважиналарни зарядлашни тўлиқ механизациялаш имконияти, ишлаб чиқариш учун арзон маҳаллий хом ашё мавжудлиги. Бунга қўшимча муҳим бир омил шундаки, улар таркибига тротил, гексоген каби бирламчи портловчи моддалар қўшилмайди [16].



1-расм. “Ёшлик-I” конида сувли скважиналарни ЭВВ-60 портловчи моддаси билан зарядлаш жараёни.

Детонация механизми бўйича эмульсияли портловчи моддалар кукунсимон ва қумоқланган портловчи моддалардан фарқ қилади. Замонавий эмульсияли портловчи моддалар асосан оксидловчининг таркиби ва сенсабилизацияланиш усули билан фарқ қилади. Энг кўп тарқалган эмульсиялар бу оксидловчи (аммоний нитрати)нинг моноаралашмасиларидир [17]. Агар бу таркибга эга қоришмалар заррачаларининг портлаб ўзгариши газлик қўшимчаларнинг адиабатик қизиши натижасида осон қўзғаладиган бўлса, эмульсияли портловчи

ISSN 3030-3907

моддаларда кимёвий ўзгариш реакциясини қўзғатиш учун кучли зарб тўлқини билан эмульсияли модданинг муайян қисмини қиздириши керак. Оксидловчиларнинг эритмалари ва ёғли фазаларини (эмульсияларни) аралаштирилиб қоришманинг сенсибилизацияланишини бошқариш жараёни етарли даражада хавфсизлиги билан тавсифланади, ҳосил бўлган эмульсияли портловчи моддалар тайёрланганда мазкур жараёнлар портловчи модданинг зичлигини оширади, натижада детонация тезлигини ва портлаш маҳсулотлари, яъни ҳосил бўладиган газлар босимининг оширишга эришилади. Эмульсияли портловчи модда зарядининг чегаравий кичик (критик) диаметри қийматига ҳам боғлиқ бўлган детонация қобилияти детонацион жараённинг заряд бўйлаб барқарор тарқалиш имкониятини белгилайди, ундан ташқари эмульсиянинг газ билан тўйинганлиги мўлжалланган доирада (3-4 %гача) қанчалик катта бўлса, амалда зарядниng критик диаметри қиймати шунчалик кескин камаяди [18,19].

Мамалакатимиздаги эмульсияли портловчи моддалар заводлари шароитида ишлаб чиқариладиган махсулотга фойдаланадиган хом ашёларнинг ўзимизда олинадиган қисми 92-96 %гача бўлгани билан бошқа чет мамлакатлардан валюта эвазига олиб келтириладиган компонентлари камайтирилганлиги ижобий баҳоланади.

Навоий КМКга қарашли завод ишлаб чиқариш фаолиятини иқтисодий таҳлил қилганда портлатиладиган 1 $м^3$ тоғ жинслари учун ўртача сарф-харажатларини 2,4 марта қисқартиб, 45 млн. доллар тежашга эришган [10]. Умуман, амалда эмульсияли портловчи моддаларнинг нархи таркибига тротил қўшиладиган бошқа турдаги портловчи моддалар нархига нисбатан 2-3 баравар арзон бўлиши билан тавсифланади [20].

Хулоса

Эмульсияли портловчи моддаларнинг портлаш механизмини таҳлил қилганда, мазкур портловчи моддалардан мураккаб кон-геологик шароитларда фойдаланганда турли зарур бўлган диаметрга эга скважиналардаги зарядларнинг муаммосиз ва самарали портлашини таъминлаш мумкинлиги эътироф этилади. Эмульсияли портловчи моддалардан фойдаланиш самарадорлиги ҳамда хавфсизлиги, унда детонацияни қўзғатиш мақсадида асосий портловчи заряд массасини зарур даражада қиздиришга қодир бўлган "донор зарядининг" бошланғич кучли импульси таъсирига боғлиқлиги намоён бўлган.

Шунинг учун портловчи модданинг асосий заряди портлашини ишончли ва муаммосиз қўзғатувчи, яъни унда детонация жараёни барқарор боришини таъминлайдиган портловчи зарядниng параметрларини тўғри танлаш жуда

ISSN 3030-3907

муҳимдир. Бошланғич импульснинг етарли бўлишининг асосий шарти, биринчи навбатда, бу – кўпинча портлатувчилар томонидан оралиқ детонатор деб юритиладиган заряд (у жанговар патрон деб ҳам номланланади) – ёки шайпатроннинг хусусиятларини тўғри аниқлаш зарур: унинг зичлиги, детонация узатилишининг критик диаметри, умумий қуввати ва детонация тезлиги каби хусусиятлари бўйича параметрлари асосий портловчи заряд параметрларидан ортиқ (кучлироқ) импульс берадиган бўлиши керак. Эмульсияли портловчи моддаларни муаммосиз портлатишнинг муҳим шартларидан бири – шайпатрон заряди ўзининг детонацияси ишончлилиги ва бу борада детонация жараёни сўниб қолишининг истисно қилиниши, ўз навбатида, бирламчи инициялаш импульси капсюль-детонатор ёки детонацияловчи шнурдан узатилиши мумкин. Кейинги йилларда портловчи моддаларнинг хоссаларини ўрганиш ва улардан фойдаланиш жойларда ишлаб чиқаришни кенгайтириш бўйича изланишлар жадал олиб борилмоқда [21,22,23]. Кўп миқдордаги ҳар хил турдаги тротил таркибли хориждан келтириладиган портловчи моддаларнинг ўрнига маҳаллий ишлаб чиқарувчи корхоналар томонидан ишлаб чиқарилган бир неча турдаги таркибида тротил бўлмаган эмульсияли портловчи моддалар билан ҳар қандай мустаҳкамликдаги ва сувланган тоғ жинслари массивларини портлатиб бўлаклашда муваффақиятга эришилмоқда. Мазкур портловчи моддалар билан муомала қилиш ва карьерларда катта ҳажмда портлатиш ишларини амалда бажаришда хавфсизлик шароитлари ишончли таъминланади.

Қувват коэффициентини ҳисобга олганда, унинг қиймати бўйича (тротил эквиваленти деб шартли юритиладиган кўрсаткич) ҳатто мустаҳкамлиги баланд бўлган қояли тоғ жинслари массивларини эмульсияли портловчи моддаларни қўллаб портлатиб парчалатиш сезиларли даражада арзонроқ бўлади, заҳарли газларнинг ажралиши эса бир неча марта камаяди [24,25,26]. Кўп йиллик тажрибага эга бўлган қатор карьерларда, шу жумладан тоғ жинслари массивини сув босган шароитларда портлатиш учун таркибида асосан маҳаллий саноат хом ашё материалларидан қумоқланган аммиакли селитра бўлган, тротилсиз эмульсияли портловчи моддалардан фойдаланиш самарадорлигини кўрсатди.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. Золоторудные гиганты России и мира. – Москва: Научный мир, 2000. – 272 с.
2. Шоисматов Э.Р. К 80-летию геологической службы Узбекистана // Горный вестник Узбекистана. – 2006. – № 3(26). – С. 3-4.

ISSN 3030-3907

3. Санакулов К. С. Навоийский горно-металлургический комбинат – лидер горнодобывающей отрасли Узбекистана // Горный журнал. – 2018. – № 9. – С. 4-9.
4. Хурсанов А.Х. АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» как есть: с прошлым, в настоящем и будущем // Горный вестник Узбекистана. – 2024. – № 4(99). – С. 8-14. DOI: 10.54073/GV.2024.4.99.001.
5. Раммэ В. Ю. Карьер Кальмакыр – 50 лет в строю // Горный вестник Узбекистана. – 2009. – № 3(38). – С. 3-6.
6. Оруджов У. С., Исаков М. М. История и развитие открытых горных работ на одном из крупнейших рудников мира – рудоуправлении «Кальмакыр» // Горный вестник Узбекистана, – 2019. – № 4(79). – С. 9-11.
7. Сытенков В.Н., Шеметов П.А., Бибик И.П. Современное состояние, перспективы развития производства и применения эмульсионных ВВ в Навоийском ГМК // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 4. – С. 358-363.
8. Котяшев А.А., Маторин А.С., Шеменов В.Г. Опыт применения эмульсионных взрывчатых веществ на карьерах Урала // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 8. – С. 278-282.
9. Белин В. А., Болотова Ю. Н., Горбонос М. Г. Исследования детонационных характеристик эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых на железорудных карьерах // Горная промышленность. – 2022. – № 1. – С. 52-56. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-1-52-56.
10. Лунин С. В., Сидоров Е. Ю. Производство и использование эмульсионных взрывчатых веществ на Навоийском ГМК // Горный журнал. – 2007. – № 5. – С. 57-60.
11. Рубцов С.К., Мальгин О.Н., Бибик И.П. К вопросу оценки относительной работоспособности эмульсионных взрывчатых составов // Горный вестник Узбекистана. – 2005. – № 2. – С. 36–40.
12. Исаматов Ю.П., Шамаев М.К., Горнов В.А. Об изменениях инженерно-геологических условий в связи с разработкой месторождения Кальмакыр // Горный вестник Узбекистана. – 2014. – № 2(57). – С. 69-71.
13. Рахимов В. Р., Морозов В. Д., Каюмов З. Г. Укрепление ослабленных участков откосов уступов бортов карьеров. – Ташкент: Фан, 1983. – 129 с.
14. Рубцов С.К., Шеметов П.А. Управление взрывным воздействием на горный массив при открытой разработке месторождений. – Ташкент: Фан, 2011. – 400 с.
15. Горинов С.А., Корецкий А.С., Маслов И.Ю. Оценка времени сохранения восприимчивости к инициирующему импульсу эмульсионным взрывчатым

ISSN 3030-3907

веществом, сенсибилизированным газовыми пузырьками // Известия вузов. Горный журнал. – 2022. – №5. – С. 53-65. DOI: 10.21440/0536-1028-2022-5-53-65.

16. Арипов А.Т., Меликулов А.Д., Сагдиев Х.С., Шамаев М.К. Передача энергии и затухание сейсмовзрывных волн в блочной среде при массовых взрывах на карьерах / Материалы I Евразийского горного конгресса. 11-12 ноября 2021 г. Навои: НГМК – НГТУ. – С. 83-89.
17. Козырев С.А., Власова Е.А., Соколов А.В. Оценка фактических энергетических характеристик эмульсионных взрывчатых веществ по данным экспериментальных определений скорости детонации // Горный журнал. – 2020. – № 9. – С. 47-53. DOI: 10.17580/gzh.2020.09.06.
18. Афанасьев П.И., Махмудов Х.Ф. Распространение ударных волн и волн напряжений в горной породе // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2021. – №1, Том 8. – С. 27-34.
19. Жариков С. Н., Кутуев В. А. О закономерностях протекания детонации взрывчатых веществ // Взрывное дело. – 2022. – № 135-92. – С. 115-131.
20. Кутузов Б.Н. Пути вывода горного и взрывного дела России на конкурентоспособный уровень в мировой экономике // Записки Горного института. – Т.171. – 2007. – С.45-54.
21. Zang Z-X. Rock fracture and blasting: theory and applications. Amsterdam-New York-London. Published by Elsevier Inc., 2016. – 505 pp.
22. Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Закалинский В.М., Рубцов С.К. Физико-технические основы и новые технологии разрушения высоких уступов крупномасштабными взрывами // Записки Горного института. – 2007. – Т. 171. – С. 13-22.
23. Виноградов Ю.И., Хохлов С.В., Зигангиров Р.Р., Мифтахов А.А., Суворов Ю.И. Оптимизация удельных энергозатрат на дробление горных пород взрывом на месторождениях со сложным геологическим строением // Записки Горного института. – 2024. Т. 266. – С. 231-245.
24. Меликулов А.Д., Ханжаров С.Б., Шамаев М.К. Особенности применения взрывчатых веществ простейшего состава на карьерах // International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences. – 2024. – Vol. 1(5). – Pp. 66-70. DOI: 10.244412/2181-144x-2024-1-66-70.
25. Navarro J., Seidl T., Sanchidrian J.A., et al. Blastability and ore grade assessment from drill monitoring for open pit applications // Rock Mechanics and Rock Engineering. 2021. Vol. 54. Iss. 6. Pp. 3209-3228. DOI: 10.1007/s00603-020-02354-2.

ISSN 3030-3907

26. Zou D. Explosives // Theory and Technology of Rock Excavation for Civil Engineering. Singapore: Springer, 2017. Pp. 105-170. DOI: 10.1007/978-981-10-1989-0-3.

ISSN 3030-3907