DOI 10.52209/1609-1825_2023_1_100 ӘОЖ 622.831.3

Жер қойнауын пайдалану технологияларын цифрландыру

[1]***ЕСКЕНОВА Гульнура Бериковна,*** *магистр, аға оқытушы, gyka_12@mail.ru,*
[1]***АБДИЕВА Лаззат Макашевна,*** *зертхана меңгерушісі, abdieva_@mail.ru,*
[2]***КОЖОГУЛОВ Камчыбек Чонмурунович,*** *т.ғ.д., профессор, кафедра меңгерушісі, igion.nankr@gmail.com,*
[1]*«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,*
[2]*Академик Ө. Асаналиев атындағы Қырғыз мемлекеттік геология, тау-кен ісі және табиғи ресурстарды игеру университеті, Қырғызстан, Бішкек, Чуй даңғылы, 215,*
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Экономиканы цифрландырудың трендтері минералдық шикізатты өндірумен және қайта өңдеумен айналысатын салаларға ерте ме, кеш пе басқарудың жаңа технологияларын енгізу проблемаларымен бетпе-бет келуге тура келетінін көрсетеді. Күтілетін инновациялар объектінің бастапқы жай-күйінің сипаттамалары бөлігінде де, шикізатты тауарлық өнімге айналдырудың барлық сатыларында оның параметрлерінің өзгеруін бақылау кезінде де деректердің үлкен көлемімен айналысады. Саланы цифрландыруды айқындайтын факторларды бағалау әдісі, сондай-ақ басқарудың жаңа технологияларын енгізуге тау-кен-технологиялық қайта бөлудің дайындығын зерделеу. Күрделілік минералды шикізатты өндіру және өңдеу технологиясы сомамен ұсынылатындығында. Барлау, кен орнын сипаттау, қорларды бағалау, қайта өңдеу технологиялары, қалдықтарды, үйінділерді кәдеге жарату және сақтау, рекультивация және т.б. – бұл процестердің барлығы ғылымның әртүрлі салаларына жатады және әрқашан бірыңғай технологиялық циклмен байланысты емес.*

Кілт сөздер: *цифрландыру, модельдеу, дезинтеграция, селективті бұзылу, кендерді ашу, ақпараттық базасы, сандық модельдер, дерекқор, блок-схема минералды шикізатты қайта өңдеу.*

Кіріспе. Экономиканың көптеген салаларының қазіргі заманғы трендтері минералдық-шикізат базасын тиімді пайдалану перспективалары басқарудың цифрлық технологияларымен байланысты екенін көрсетеді. Қосымша инновациялар бойынша тиісті дайындықсыз пайдалы қазбаларды өңдеу процестерін модельдеу бөлігінде көптеген проблемалар туындауы мүмкін. Бұл жаңа технологиялардың объектінің бастапқы күйінің сипаттамалары тұрғысынан да, шикізатты тауарлық өнімге айналдырудың барлық кезеңдерінде оның параметрлерінің өзгеруін бақылау кезінде де деректердің үлкен көлемімен байланысты. Қазақстанда тау-кен байыту комбинаттарына, әдетте, тау-кен және байыту бөлімдері кіреді, сондықтан екі процесті де өзара байланысты деп қарастыру табиғи нәрсе. Тау-кен өнеркәсібіндегі жағдайды талдай отырып, В.Ж. Аренс «адамзаттың өмір сүруіне қауіп төндіретін минералды ресурстардың жаһандық дағдарысының пайда болуының» жоғары сенімін атап өтіп, «тау-кен өндірісі мен кен өндірісін біртұтас процеске айналдыруға негізделген түбегейлі жаңа шешімдерді іздеу қажеттілігін көрсетеді...» [1].

Жұмыстың мақсаты: кен орнының параметрлерін, тау-кен жұмыстары мен шикізатты қайта өңдеу технологияларын қамтитын біріктірілген модельді; селективті бұрғылау-жару технологияларын; минералдық шикізатты қайта өңдеудің тиімді технологияларын құруға негізделетін минералдық шикізатты қайта өңдеу процестеріне жаңа тәсілдерді талдау болып табылады. Бірыңғай имитациялық модель минералдық ресурстарды алу процесін басқару функцияларымен үйлеседі және тау-кен өндіру жұмыстарының моделін; минералдық шикізатты қайта өңдеу процестерінің моделін; соңғы тауар өнімін тұтыну салаларына «байланыстыра отырып» бенчмаркинг түрі бойынша конъюнктуралық-маркетингтік моделін; минералдарды ашуға және алуға арналған механикалық немесе физика-химиялық геотехнологияларды экономикалық негіздеу моделін.

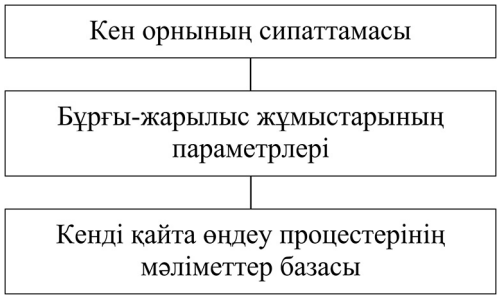
Талдау әдістері қамтиды: саланы цифрландыруға әсер ететін факторларды бағалауды, сондай-ақ басқарудың жаңа технологияларынан тыс тау-кен-технологиялық қайта бөлудің дайындығын зерттеуді қамтиды. Талдаудың күрделілігі минералдық шикізатты өндіру мен қайта өңдеу технологиялар сомасымен ұсынылатындығымен байланысты. Кен орнын барлау, сипаттау, қор-

ларды бағалау, қайта өңдеу технологиялары (өндіру, кен дайындау және байыту, тауар өнімін алу), Қалдықтарды, үйінділерді кәдеге жарату және сақтау, рекультивация және т.б. – осы процестердің барлығы ғылымның түрлі салаларына жатады және әрқашан бірыңғай технологиялық циклге байланысты емес.

Нәтижелері. Сандық модельдердің ақпараттық базасы-шикізаттың қасиеттері, олардың өзгеруі, шикізат сипаттамаларының қайта өңдеу процестерінің параметрлерімен байланысы және т.б. кен орнын сипаттайтын деректердің үлкен массаларын (тау жыныстарының құрылымы, минералды құрамы және т.б.), бұрғылау-жару жұмыстарының параметрлері, технологиялық өңдеу процестерінің параметрлері және т.б. «Тек санды басқаруға болатындықтан», негізгі технологиялық параметрлерді анықтайтын факторларды формализациялау минералды шикізатты өндіру және қайта өңдеу процестерін цифрландырудың сөзсіз құрамдас бөлігі болып табылады. Формализацияның міндеттерінің бірі-талдау объектісін сипаттау кезінде түсіндірулер мен ұғымдардың белгісіздігін жою. Мысалы, кен дайындау процестерін басқару үшін минералдардың ашылу сапасының кен қасиеттерімен және бұзылу кезіндегі жүктеме параметрлерімен байланысын анықтайтын факторларды қалыптастыру қажет. Ақпараттық базаның жеткіліктілігін бағалау, минералды шикізаттың қасиеттерін қадағалайтын физикалық ақпарат көздерінің болуы, қолданыстағы процестердің физика (Физикалық химия) қолданыстағы процестерінің сәйкестігін талдау – бұл жүйенің сандық модельдерді құруға дайындығын анықтау мүмкін емес сұрақтар. Бұл мәселені шешудің негізгі күрделілігі шамамен алты ретті қамтитын масштабты фактордан тұрады. Минералды шикізатты қайта өңдеу модельдеріне арналған мәліметтер базасы шикізаттың өзгеретін сипаттамаларының кездейсоқ жиынтығы негізінде қалыптасатындықтан, олар үнемі жаңартылып отыратын мәліметтермен гетерогенді форматтарды ұсынады. Құрылымдық және минералогиялық сипаттамалардың үлкен өзгеруі оларды сипаттау үшін қарапайым аналитикалық функцияларды қолдануға мүмкіндік бермейді, сондықтан мұндай жүйелерде негізінен математикалық статистика аппараты, ықтималдық модельдері және т.б. қолданылады. Минералды шикізатты қайта өңдеу процестері туралы имитациялық үлгілерді жасау үшін «Big Data» цифрлық платформалары қолайлы болып табылады, олар біртекті емес, құрылымданбаған және ішінара құрылымдалған форматтары бар көптеген деректермен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Жалпы жағдайда «Big Data» технологиялары деректердің үлкен көлемін сақтауды, оларды өңдеуді және құрылымдауды, заңдылықтарды анықтау үшін талдауды (Data mining) қамтиды, әртүрлі деңгейдегі модельдерді құру үшін бастапқы деректер ретінде кездейсоқ және анық емес жиындарды кеңінен пайдалануға, машиналық оқытуды (Machine learning) пайдалануға, ген байланыстар негізінде болжамдауға (Data mining) мүмкіндік береді. Осыған байланысты қарастырылып отырған жұмыстар кешенін цифрландыруды цифрлық технологияларды қолдану саласын кеңейту ретінде ғана емес, сондай-ақ қазылымдар және минералдық шикізатты өңдеуге дейінгі процестерді дамытудың жаңа орамы ретінде де қарастыруға болады.

Минералды шикізатты өңдеудің сандық моделін құруға арналған ақпараттық ағындардың схемасы суретте көрсетілген.

«Кен орнының сипаттамасы» блогы кен орнын



барлау, қорларды бағалау, сынамалау және т.б. кезінде алынған деректер жиынтығын қамтитын кездейсоқ жиынтықты білдіреді. Геомеханикада қолданылатын цифрлық платформалардың ішінде геологиялық-геофизикалық және геохимиялық ақпаратты қамтитын Geostatistical Software Tool, Datamine, GEMCOM, Vulcan, Micromine, Surpac және т.б. геоақпараттық жүйелер минералдық шикізатты қайта өңдеу құрылымына ең дайын болып шықты. Олардың негізінде құрылған сандық 3D геологиялық-технологиялық модельдер кен денелерінің құрылымы, олардың тау жыныстарында орналасуы туралы көрнекі түсінік береді [2]. Формализацияның арқасында геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) кен орнының көптеген сипаттарының миналық шикізатты өндіру және қайта өңдеу процестерінің параметрлерімен байланыс модельдерін құруда, сондай-ақ «алынатын құндылығы (технологиялық қасиеттері) бойынша минералдық шикізатты сертификаттауда» бастапқы буынға айналды [3]. Минералдық шикізаттың заттық құрамы мен құрылымын айқындаудың қазіргі заманғы аспаптық әдістері, «жер қойнауының квалиметриясы» тұжырымдамасын дамыту [4] кен орнын тұтастай, сондай-ақ оның жекелеген компоненттерін, оның ішінде минералды құрамдастарын сипаттайтын барлық дерлік параметрлерді цифрландыру үшін алғышарттар жасады. Негізді құрайды: ядролық-физикалық, рентген-радиометриялық әдістер, жазықтықтағы құрылымды анықтау әдістері (микроскопия, SEM-микроскопия, STM-растрлық туннельдік микроскопия, AFM-атомдық-күштік микроскопия), көлемде (3D рентгендік компьютерлік томогра-

фия), PerGeos бағдарламалық пакеттері, НаноСкан-4d, CTan Demo және InVesalius. Бұл әдістер ГАЖ платформаларымен бірге диапазондағы тау жыныстарының құрылымы мен құрамының барлық сипаттамаларын кен орнын контурлау масштабынан минералдардың кристалдық торының параметрлеріне дейін өлшеуге мүмкіндік береді.

«Бұрғылау-жару жұмыстарының параметрлері» блогы кен орнының тау жыныстарының сипаттамалары мен тау массасын шығаратын кесу параметрлері арасындағы байланысты анықтайды. Айта кету керек, бұл блок барлық ақпаратты біріктірілген модельге ендіруге арналған. БВР оптикаландыру мәселелерін шешуге және жарылғыш заттардың (ЖЗ) шығынын азайтуға қазіргі заманғы бұрғылау қондырғылары жарақтандырылатын грамдық өнімдер (мысалы, TCAD+ және iSURE) ықпал етеді. Сонымен, Blast Maker бағдарламалық-техникалық кешені нақты уақыт режимінде және деректерді жинақтау режимінде бұрғылау-жару жұмыстарын жүргізуді оңтайландыру үшін тікелей бұрғылау станогынан берілген деректерді бастапқы ақпарат ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Осылайша, кен орнын тек барлау барысында ғана емес, сонымен қатар эксплуатациялық бұрғылау барысында да картаға түсіру, бұрғылау көрсеткіші бойынша тау жыныстарының қасиеттеріне өзіндік динамикалық мониторинг жүргізу мүмкіндігі пайда болады. Жарылыс соққысына көп көңіл бөлу жарылыстың өндірілетін шикізатқа ең көп әсер ететіндігімен байланысты, бұл ретте «экономикалық тұрғыдан энергетикалық шығындар бойынша жарылыс қирауы сөзсіз және оңтайлы болып саналмайды» [5]. Бұрғылау жұмыстарын оңтайландырудың жақсы шарты-жарылыс физикасы үлкен немесе шаңды фракциялардың шамадан тыс пайда болуының табиғатын түсіну, жарылыс параметрлері, жарылғыш заттардың сипаттамалары, тау жыныстарының қасиеттері мен жарылыс әсерінің нәтижелері арасындағы байланысты бағалау үшін жеткілікті түрде толық зерттелген. Жарылыстың тиімділігін арттыру әдетте тау жыныстарының беріктік қасиеттерінің өзгеруін ескере отырып, жарылыс энергиясын жойылатын массивке беру тиімділігін арттыру арқылы ЖЗ шығынын оңтайландыруда ізделеді. Жарылыс соққысы кезіндегі жойылудың ең қарқынды кезеңі зарядтау камерасының қабырғаларына шамадан тыс қысым жасайтын соққы толқынының қалыптасуының бірінші кезеңіне келеді. Жарылыстың жақын аймағында ұнтақтауға жұмсалатын энергия шығынын азайту және жойылудың барлық көлеміне энергияны қайта бөлу жарылыс әсерінің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді [6]. Қазіргі заманғы геотехнологиялар жарылыс әсерін реттеу үшін жеткілікті құралдарға ие: заряд құрылымын өзгерту, ұңғыманың ұзындығы бойынша энергетикалық өзгеретін қасиеттері бар құрама зарядтарды қолдану, заряд массасының өзгеруі, ұңғымалар торының түрленуі, баяулау аралығының өзгеруі, контурлық зарядтардың басталу тәртібі және т.б. Жарылыс торын және жарылыс параметрлерін жыныстардың құрылымдық және беріктік қасиеттерінен өзгерту тәжірибесі ЖЗ шығынын оңтайландыру және тау массасының сапасын қамтамасыз ету үшін осындай шешімдердің тиімділігін растайды [7, 8]. Тау жыныстарын қазуға дайындау сапасының өлшемі тау массасының берілген гранулометриялық және заттық құрамның талаптарына сәйкестігі болып табылады. Тау жыныстарының жарылу параметрлерінің олардың текстуралық және құрылымдық сипаттамаларына тәуелділігі тау массасын құрылымдардың хаотикалық бөлінуімен және минералды компоненттердің кездейсоқ жиынтығымен емес, текстуралық гетерогенділікпен таңдамалы түрде жойылған фрагменттер түрінде алуға мүмкіндік береді. Жарылыс соққысы кезіндегі селективті бұзылу міндеті-тау массаларын технологиялық ағындарға сәйкес бастапқы концентрациялауға жарамды текстуралық элементтерді қалыптастыру. Осылайша, кен дайындаудың бастапқы кезеңінде жарылған массивтен фрагменттерді (құрылымды-құрылымдық блоктар) іріктеп шоғырланған бөлу белгілері бойынша бөлуге болады. Көптеген зерттеулер көрсеткендей, мұндай құрылымдар үшін ең тиімдісі-концентрацияға дейінгі рентгенометриялық әдістер [9, 10]. Рентгенофлуоресцентті бөлу құрылғыларынан алынған ақпараттың объективтілігі оларды бөлудің тиімділігін арттыру үшін жасанды интеллект технологияларын қолдануға бейімдейді.

Жарылыс параметрлерін оңтайландырудың екінші бағыты минералды компоненттер деңгейінде тау жыныстарын іріктеп алу арқылы кенді кейіннен ұсақтау және ұнтақтау үшін энергия шығынын азайтуға қатысты. Электр энергиясымен салыстырғанда «химиялық энергия» құнының біршама жоғары болуына қарамастан, жарылыс бұзылысының ПӘК-і ұсақтау-ұсақтау құрылғыларының ПӘК-нен едәуір асып кететіндіктен, энергия шығынын оңтайландыру үшін жарылыс қирауы сатысына көлемді беріктендіру әсерін қайта өлшеу де өзекті. Жарылғыш заттар (ЖЗ) шығынының артуы кезінде кенді кейіннен бұзуға энергия шығынының төмендеуі эксперименталь дәлелденді [10]. Жарылыстың көп мөлшерде жойылуы ұсақтаудың энергия сыйымдылығының төмендеуіне емес, ұсақтаудың энергия сыйымдылығының төмендеуіне әсер ететіні анықталды. ЖЗ шығынының энергияны көп қажет ететін ұнтақтау процестеріне әсер етуінің маңыздылығын бақылау және біржақты растау гранулометриялық құрамның айтарлықтай өзгеруіне және жарылғыш соққы өнімдеріндегі ұсақ кластардың құрамының артуына байланысты өте қиын. Бұрғылау-жару жұмыстарын жүргізу «минералды шикізатты алу құндылығы бойынша сертификаттауды»жүзеге асыруға мүмкіндік беретін бұрғылау жұмыстарының пайда болуымен қатар жүреді. Шарошты бұрғылау шламдары өзінің гра-

нулометриялық және құрылымдық сипаттамалары бойынша кенді ашуды іске асыру болжанатын ұнтақтаудан екінші сатыдағы тамақ өнімдеріне жақын. Бұрғылау шламдары сипаттамаларының жиынтығы: құрылымы, гранулометриялық құрамы, әртүрлі фракциялардың бұзылу энергиясы мен күші, ашылуы және байытылуы – тиімділігі әр түрлі кендердегі зерттеулермен көрсетілген ақпараттық ресурсты білдіреді. Минералдардың физикалық-механикалық қасиеттері, кендердің құрылымдық сипаттамалары, бұзылу ерекшеліктері мен бұрғылау шламдарының технологиялық көрсеткіштері арасындағы тікелей байланыс анықталды [10]. Жаңа ақпарат алынған деректерді технологиялық картаға түсіру, бұрғылау жоспарларын әзірлеу, өңдеу көлемін және тиісті учаскелердегі кендерді байыту сапасын болжау үшін пайдалануға шақырады.

«Кенді қайта өңдеу процестерінің дерекқоры» блогы кенді дайындау және байыту процестерінің модельдерін қалыптастыру үшін қажетті параметрлердің ақпараттық саласын қамтиды. Тәжірибе көрсеткендей, бұл блок USIM PAC және JKSimMet сияқты пакеттердің активтік таралуына қарамастан, бірыңғай сандық модельге енуге аз дайын. Кенді қайта өңдеу модельдерін құрудың негізгі көрінісі байытудың барлық кейінгі кезеңдерінің тиімділігін анықтайтын ашу процестерімен байланысты. Өңдеудің әртүрлі сатыларындағы көптеген параметрлердің бақыланбайтын өзгерістерін атап өту жеткілікті, мысалы, кенді ашу процестерінде тек объектінің мөлшері 4-5 ретті болады. Белгілі модельдердің осалдығы гипотезалар түрінде бірқатар теориялық үй-жайларды жеткілікті тәжірибелік негіздемесіз қолдануға байланысты: Риттингер, КИК, Бонд, Гриффитс және басқалары, олар қабылданған шектеулердің тар шеңберінде ғана жарамды. Сондықтан жоюдың «классикалық модельдері» жүктеме параметрлерінің кем дегенде біреуі жойылған жағдайда жеткіліксіз: қатты, жұмсақ; динамикалық, квазистатикалық; жалғыз, көп; сыну өнімдерін шығарумен және шығарусыз және т.б., өйткені бұзылу нәтижелері (гранулометриялық құрам, бұзылу өнімдерінің жағдайы және т.б.) мүлдем өзгеше болады. Түсіндірме айқын: кен дегеніміз-құрылым параметрлерінің, басқа да бұзылулардың және энергияның өзгеруінің жоғары деңгейімен статистикалық таралумен сипатталатын объектілер түрі. Жойылған фрагменттердің мөлшері азайған сайын беріктік сипаттамалары ғана емес, сонымен қатар тарату параметрлері де өзгереді, мысалы дисперсия. Осылайша, кендерді ашу практикасы кендерді тұрмыстық энергия шығындарымен жүздеген (ондаған) микрометр көлеміндегі өнімге айналдыратын мөлшердің қарапайым азаюына дейін азаяды. Осыған байланысты мақсаттар мен оларға қол жеткізу әдістерінің түбегейлі айырмашылығына байланысты ұсақтау мен ашу физикалық тұрғыдан дұрыс емес. Ұсақтаудың мақсаты-жаңадан пайда болған беттің сөзсіз ұлғаюымен бастапқы өнімнің мөлшерін бірнеше рет азайту арқылы қол жеткізілетін белгілі бір мөлшерде максималды шығу. Ұнтақтау кезінде тұтынылатын негізгі энергия сыртқы жүктеме құрылғыларының жұмысын серпімді энергияға және жаңа беттің пайда болу энергиясына айналдыру процесінде жұмсалады. Селективті бұзылудың мақсаты-алынған минералдарды табиғи мөлшерде және жаңадан пайда болған ең аз мөлшерде ашу. Көрсетілген мән-жайлар кендерді дайындаудың әртүрлі процестері ретінде минералдардың ірілігін азайту технологияларын және оларды ашу сатыларын қарастыруға мәжбүр етеді. Ашуға арналған энергияның теориялық шығындарын тек селективті ыдырау кезінде, жаңадан пайда болған бет минералдардың өсу бетінен аз ерекшеленетін кезде ғана нақты шығындармен салыстыруға болады. Сондықтан бірнеше ондаған кВт·сағ/т ұсақтау кезінде энергияны тұтынуды кенді ашу кезінде физикалық негізделген деп тануға болмайды. Ұнтақтау кезінде жаңадан пайда болған бет біріктірілу бетінен әлдеқайда үлкен екенін ескере отырып, селективті бұзылу кезінде материал көлемінің азаюы ашылу үшін энергия шығынын едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Ашу модельдерінің көпшілігі белгілі бір дәрежеде руда, кездейсоқ қирау және ашу параметрінің өзі (King R.P.,Wigley F., Gaudin A.M.) туралы құрылымдық-геометриялық түсініктерге негізделеді. Белгілі модельдердің ең «әлсіз буыны» – минералдардың ашылуын сипаттайтын ТР парамасының, бұзылу процесінің физикасының сәйкес келмеуі. Әдетте, айқын фактілер еленбейді: әрбір жүз диядағы қираудың нәтижесі (жарылыс соққысынан бастап минералдардың ашылуына дейін) минералды шикізаттың әртүрлі қасиеттерімен анықталады; бұзылу нәтижесі кендердің текстуралық-құрылыстық иерархиясына, шикізаттың технологиялық сипаттамаларының өзгеруіне, параметрлердің дисперсиясына, олардың қайта өңдеу процестеріндегі өзгеруіне және т.б. байланысты болады. Барабан диірмені жасанды интеллект көмегімен салынған ондаған модельмен «оралған» болса да, ашылу сапасы жақсармайды, өйткені бұл қондырғы ыдырау функциясын орындауға физикалық тұрғыдан дайын емес. Минералдардың ашылу шарттары күрделі, бірақ априориді анықтаңыз, өйткені көп понентті материалдардың жойылуының қолданыстағы теориялары минералды кешендердегі деформацияларды және олардың синтезделу шекарасында практикалық қолдануға жарамды шамаларда есептеуге мүмкіндік бермейді. Осыған байланысты құрылымдық параметрлердің, кендер мен ашылатын минералдардың жүктеме параметрімен және ашылу көрсеткіштерімен байланысын сипаттайтын эмпирикалық модельдер кенді дайындау жабдықтары мен технологияларын таңдауға негіз бола алады. Ашу процестері туралы физикалық модельдеусіз ыдырау моделінің негізін құру мүмкін емес-қайта өңдеу процесте-

рін және бұзылу өнімдерінің артық бетімен байланысты барлық проблемаларды анықтайтын кен өндірудің негізгі жұмысы: дегидратация, кептіру және қалдықтарды сақтауды ұйымдастыру. Кейбір проблемалар түсіндірулердің, анықтамалардың, қолданылатын терминологияның бірегейлігіне қатысты формализацияның болмауынан туындайды, мысалы, жиі ұсақтау және ыдырау синоним ретінде қарастырылады. Ыдырау тұжырымдамасының көптеген анықтамаларына қарамастан (өзгеру аймағына байланысты), әр жағдайда талданатын құбылыстың мәнінен өту ұтымды. Осыған байланысты Кенді монокристалды немесе поликристалды түрде әр түрлі мөлшердегі минералдардың біріктірілген дәндерімен құрылымдық түрде ұсынылған көп компонентті агрегат ретінде қарастырған жөн. Көптеген жағдайларда минералды кешендердің интеграциясы сапалы минералогиялық сипаттамасы, белгіленген классикасы және олардың параметрлерін сандық анықтау мүмкіндігі бар шекараларда жүреді. Ыдырау (интеграция ұғымының антонимі) кері мәселені шешуге сәйкес келеді: кенді бұзу кезінде құрылымдық элементтерді босату (ашу). Бұл жағдайда ыдырау ұғымы объектінің құрамдас бөліктерге бөлінуі жүзеге асырылатын құрылымдық деңгейдің (өлшемнің) біржақты көрсетілуін талап етеді. Мысалы, кендерді ашу үшін дезинтеграцияның құрылымдық деңгейі анықталатын минералдардың фракциялық құрамымен анықталады. Ыдырау процесі ретінде агрегатқа біріктірілген құрылымдардың (минералдар, минералды кешендер) бірігу шекаралары бойынша физикалық бөліну актілерінің жиынтығы болып табылады. Процестің өзі бөлінген құрылымдық элементтер арасындағы ішкі кернеулердің әсерінен үздіксіз немесе дискретті түрде жүруі мүмкін, ал кернеулер сыртқы немесе ішкі әсерлермен құрылуы мүмкін. Ыдыраудың физикалық моделін құру объектінің тұтастай және оның құрамдас бөліктерінің қасиеттерін сипаттайтын эксперименттік өлшенген шамалар, сондай-ақ ыдырау құрылымдары арасында кернеулер тудыратын әрекеттерді сипаттайтын параметрлер болған кезде ғана мүмкін болады. Ашылған минералдардың күрделі қарым-қатынасын, олардың мөлшері мен физика-механикалық қасиеттері бойынша үлкен мөлшерін ескере отырып, грациондық практикалық дезинфекцияны ыдырайтын материалды бөлудің құрылымдық элементтеріне және кесудің құрылымдық элементтеріне дискретті түрлендіру түрінде ұсыну қисынды. Мұндай схемада, жойылудың әр кезеңі ашылған минералдардың «өзіндік қасиеттері» арқылы анықталған кезде, ыдырау процесін тиісті деформация режимдерін таңдау арқылы басқаруға болады: қатты немесе жұмсақ, жергілікті немесе көлемді, бір немесе циклдік және т.б. деформация режимдерін басқару мүмкіндігі материалдың бұзылу қасиеттеріне байланысты кейбір құрылғыларда көрсетілген, 2009 жылғы мәліметтер бойынша тұрғындарының саны 12 адамды құрады.

Тұжырымдар. Соңғы жылдары әртүрлі процестердің модельдерін құрудың жаңа әдістерінің пайда болуы, соның ішінде жасанды интеллект көмегімен физикалық модельдеуді жоққа шығармайды. «Гипотетикалық» мәліметтер негізінде дайындалған нейрондық желі моделінен «гипотетикалық» нәтижеден өзгеше нәтиже күту екіталай екені анық. Күрделі және көп факторлы процесс кезінде модельдердің жеткілікті негізі физикалық модельдеу арқылы алынған мәліметтер бола алады. Бұл мәселелерді шешу физикалық сипаттамалардың кешенін өлшеу үшін жаңа әдістер мен эксперименттік қондырғыларды әзірлеуді және құруды, кеннің бұзылуына және ашылуына әкелетін әсерлерге реакцияны бақылауды қажет етеді. Соңғысы бір кездері тау-кен университеттерінде танымал болған «тау жыныстары мен процестер физикасы» мамандануы қайтадан өзекті және сұранысқа ие бола алады, бұл минералды шикізатты қайта өңдеу процестерін модернизациялауға және инновациялауға байланысты ғылыми бағыт тұрғысынан күшейтілуі мүмкін. Цифрлық технологияларды қолданумен байланысты көптеген проблемаларға қарамастан, минералды шикізатты қайта өңдеу процестерінің имитациялық модельдерін құруға, соның ішінде қоршаған ортаны сәйкестендіруге, тау-кен массасын бұрғылау-жару технологияларымен қалыптастыруға және тауарлық өнімді алудың барлық кезеңдеріне түбегейлі кедергілер жоқ. Ритеттерді дұрыс орналастыру және бірқатар анықтайтын мәселелерді шешу жеткілікті.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Аренс В.Ж. О горном деле в свете глобальных проблем человечества // ГИАБ. 2019. № 3. С. 221-231.
2. Петин А.Н., Васильев П.В. Геоинформатика в рациональном недропользовании. Белгород: БелГУ, 2011. 268 с.
3. Башлыкова Т.В. Сертификация минерального сырья по технологическим свойствам в решении системных задач повышения качества жизни // Качество и жизнь. 2017. № 1. С. 17-26.
4. Ломоносов Г. Г. Горная квалиметрия. М.: МГГУ, 2007. 201 с.
5. Додис Я.М., Нифадьев В.И. Разрушение горных пород при бурении и взрывании. Бишкек: КРСУ, 2006. 374 с.
6. Куринной В.П. Теоретические основы взрывного разрушения горных пород: монография. Днепр: Экономика, 2018. 279 с.
7. Лещинский А.В., Шевкун Е.Б., Лысак Ю.А. Управление дроблением железных руд взрывом – путь повышения эффективности обогатительного передела // ГИАБ. 2019. № 4. С. 41-52.
8. Zharikov S., Kutuev V. About order of comprehensive solving the seismic and pre-splitting issues for drill-and-blastin open-pits //

Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham, 2019. Pp. 437-445.
9. Tsypin E.F., Ovchinnikova T.Iu., Efremova T.A., Elizarov D.B. Technological aspects of ore preconcentration with X-ray fluorescence separation // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal. 2019. No. 7. Pp. 101-112.
10. Lixia Lia, Genzhuang Lib, Huaizhe Lic, Guoqing Lib, Ding Zhangc, Bern Klein. Bench-scale insight into the amenability of case barren copper ores towards XRF-based bulk sorting // Minerals Engineering. 2018. Vol. 121. Pp. 129-136.

Цифровизация технологий недропользования

*[1]*ЕСКЕНОВА Гульнура Бериковна,* магистр, старший преподаватель, gyka_12@mail.ru,
[1]АБДИЕВА Лаззат Макашевна, зав. лабораторией, abdieva_@mail.ru,
[2]КОЖОГУЛОВ Камчыбек Чонмурунович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, igion.nankr@gmail.com,
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,
[2]Кыргызский государственный университет геологии, горного дела и освоения природных ресурсов имени академика У. Асаналиева, Кыргызстан, Бишкек, пр. Чуй, 215,

**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Тренды цифровизации экономики показывают, что отраслям, занимающимся добычей и переработкой минерального сырья, рано или поздно придется столкнуться с проблемами внедрения новых технологий управления. Ожидаемые инновации имеют дело с большим объемом данных как в части характеристик исходного состояния объекта, так и при контроле изменения его параметров на всех стадиях превращения сырья в товарный продукт. Метод оценки факторов, определяющих цифровизацию отрасли, а также изучение готовности горно-технологического передела к внедрению новых технологий управления. Сложность заключается в том, что технология добычи и переработки минерального сырья представлена суммой. Разведка, описание месторождения, оценка запасов, технологии переработки, утилизация и хранение отходов, отвалов, рекультивация и т.д. – все эти процессы относятся к различным отраслям науки и не всегда связаны с единым технологическим циклом.*

Ключевые слова: *оцифровка, моделирование, дезинтеграция, селективное разрушение, вскрытие руд, информационная база, цифровые модели, база данных, блок-схема, переработка минерального сырья.*

Digitalization Of Subsurface Use Technologies

*[1]*YESKENOVA Gulnura,* Master, Senior Lecturer, gyka_12@mail.ru,
[1]ABDIYEVA Lazzat, Head of Laboratory, abdieva_@mail.ru,
[2]KOZHOGULOV Kamchybek, Dr. of Tech. Sci., Professor, Head of Department, igion.nankr@gmail.com,
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,
[2]Kyrgyz State University of Geology, Mining and Natural Resources Development named after Academician U. Asanaliev, Kyrgyzstan, Bishkek, Chuy Avenue, 215,

**corresponding author.*

Abstract. *Trends in the digitalization of the economy show that industries engaged in the extraction and processing of mineral raw materials will sooner or later have to face the problems of introducing new management technologies. The expected innovations deal with a large amount of data both in terms of the characteristics of the initial state of the object, and when monitoring changes in its parameters at all stages of the transformation of raw materials into a marketable product. A method for assessing the factors determining the digitalization of the industry, as well as studying the readiness of mining and technological redistribution for the introduction of new management technologies. The difficulty lies in the fact that the technology of extraction and processing of mineral raw materials is represented by the sum. Exploration, field description, reserves assessment, processing technologies, disposal and storage of waste, dumps, reclamation, etc. – all these processes relate to various branches of science and are not always associated with a single technological cycle.*

Keywords: *digitalization, modeling, disintegration, selective destruction, ore discovery, information base, digital models, database, flowchart processing of mineral raw materials.*

REFERENCES

1. Arens V.Zh. O gornom dele v svete global'nyh problem chelovechestva // GIAB. 2019. No. 3. pp. 221-231.
2. Petin A.N., Vasil'ev P.V. Geoinformatika v racional'nom nedropol'zovanii. Belgorod: BelGU, 2011. 268 p.
3. Bashlykova T.V. Sertifikacija mineral'nogo syr'ja po tehnologicheskim svojstvam v reshenii sistemnyh zadach povyshenija kachestva zhizni // Kachestvo i zhizn'. 2017. No. 1. pp. 17-26.
4. Lomonosov G.G. Gornaja kvalimetrija. Moscow: MGGU, 2007. 201 p.
5. Dodis Ja.M., Nifad'ev V.I. Razrushenie gornyh porod pri burenii i vzryvanii. Bishkek: KRSU, 2006. 374 p.
6. Kurinnoj V.P. Teoreticheskie osnovy vzryvnogo razrushenija gornyh porod: monografija. Dnepr: Jekonomika, 2018. 279 p.
7. Leshhinskij A.V., Shevkun E.B., Lysak Ju.A. Upravlenie drobleniem zheleznyh rud vzryvom – put' povyshenija jeffektivnosti obogatitel'nogo peredela // GIAB. 2019. No. 4. pp. 41-52.
8. Zharikov S., Kutuev V. About order of comprehensive solving the seismic and pre-splitting issues for drill-and-blastin open-pits // Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham, 2019. Pp. 437-445.
9. Tsypin E.F., Ovchinnikova T.Iu., Efremova T.A., Elizarov D.B. Technological aspects of ore preconcentration with X-ray fluorescence separation // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal. 2019. No. 7. Pp. 101-112.
10. Lixia Lia, Genzhuang Lib, Huaizhe Lic, Guoqing Lib, Ding Zhangc, Bern Klein. Bench-scale insight into the amenability of case barren copper ores towards XRF-based bulk sorting // Minerals Engineering. 2018. Vol. 121. Pp. 129-136.