

АХМАДИЕВА НАЗЫМ КАНАТОВНАНЫҢ
bD070900 - «Металлургия» мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған
«САЗТОПЫРАҚ ӨНДІРІСІНІҢ АРАЛЫҚ ӨНІМДЕРІНЕН СИРЕК
МЕТАЛДАР МЕН СЖЭ ӨНДІРУ»
тақырыбындағы диссертациялық жұмысының
АҢДАТПАСЫ

Шешілетін ғылыми немесе ғылыми-технологиялық мәселелердің заманауи жәй-күйін бағалау. Әлемдегі негізгі және қолданбалы ғылымдар саласындағы жетістіктер мен сирек-жер және сирек металл өнімдерінің төмен бағалары арқасында әртүрлі салаларда оларды тұтыну қарқынды дамып келеді. 2011 жылы СЖЭ-ның әлемдік тұтынуы 100 000 тоннадан асты және 2020 жылға қарай СЖЭ-ды тұтыну 4-тен 9 пайызға дейін артады, ал келесі 25 жылда ниодим және диспрозийдің тұтыну көлемі тиісінше 700 және 2600 пайызға артады. Сирек металдар мен СЖЭ энергетикалық секторда (қуатты жел генераторлары мен атом электр стансаларынан батареялардың, электр қозғалтқыштар мен энергияны үнемдейтін шамдардың кең ауқымына дейін) маңызды рөл атқарады, сондықтан АҚШ Энергетика Департаментінің директивасы оларды «сыни материалдар» санатына жатқызады. Әлемдік сирек-жер металдар нарығының талдауы, 2020 жылға қарай өнеркәсіптің сұраныс көлемі 225-250 мың тоннаға дейін артуын көрсетеді. Мұндай сұраныс неодим, диспрозий, тербий және празеодимнің, сонымен бірге лантан, иттрий және еуропий тапшылығына әкеледі.

Қытай тазалық дәрежелері әртүрлі қосылыстарды, шикізатты өндіруден металдар шығаруға дейін және әлемдік СЖЭ өндірісінің 95% -дан астамын өз қолына шоғырландырды. СЖЭ құрамындағы өнімдердің негізгі тұтынушылары осы саладағы Қытайға тәуелділікті төмендету бойынша шаралар қабылдайды. АҚШ конгресінде СЖЭ өндірісін қолдау туралы заң жобасын қарастыруда, соның ішінде американдық компаниялардың бақылауындағы жеңілдікті мемлекеттік несиелеу жобалары. АҚШ Экономика министрлігі СЖЭ зерттеулерін қолдау орталығын құрды және 5 жыл ішінде 120 миллион доллар жұмсауды жоспарлады. Жапония 2010 жылы СЖЭ бағдарламасын іске асыруға 1,23 млрд. АҚШ долларын салды және қаржыландыру әлі жалғасуда, СЖЭ металдарының мемлекеттік қоры жасалуда. Жапониядағы мемлекеттік (JOGMEC) және жеке компаниялар Вьетнам, Мьянма, Үндістан, Қазақстан және АҚШ-та жобаларды жүзеге асырады. Еуропалық Одақ шетелде ресурстық базаны қалыптастырады. Жетекші – Франция болып отыр, СЖЭ қоса алғанда, «қажет емес металдарды» жеткізуге кепілдік беру үшін жүздеген миллион еуро бөлді. СЖЭ өндірісін дамыту AREVA бақылауында Оңтүстік Кореяның Rhodia альянсымен жүзеге асырылады: 2011 жылы Африка мен Австралиядағы

перспективалық жобаларды сатып алу үшін Korea Electric Power Corp және Korea Resources Corp корпорацияларына 1,0-1,5 млрд. АҚШ доллары бөлінді.

Сирек металдарды, СЖЭ және олардың қосылыстарын қолдану аясы әртүрлі. Ғылым мен техниканың жаңа салаларының дамуымен өндірістің жетекші салаларында қолданылатын және кез-келген мемлекеттің экономикалық және қорғаныстық қауіпсіздігін қамтамасыз ететін сирек металдардың рөлі бүкіл әлемде күрт өсті.

СЖЭ қолданудың кең саласына ие, олар көптеген жаңа электронды құрылғыларда қолданылады: ұялы телефондар, экрандар, жоғары қуатты аккумуляторлар, жел электрстанциялары үшін тұрақты магниттер, керамика және т.б. Скандийді негізінен киноқабықша және фотографиялық жабдықта пайдаланылатын линзалар мен призмаларды жасау, сондай-ақ астрономиялық мақсаттар үшін қолданылады. Иттрийді жарық диодты, катодты түтікшелерді, керамиканы, компьютерлік мониторларды, температура датчиктерін өндіру үшін пайдаланылады; лантанды батареяларға, электромобиль батареялары, ноутбук батареялары, сондай-ақ жоғары технологиялық сандық камералар, бейнекамералар, рентгендік қабықшалар, лазерлер үшін; церийді катализаторларды, металл қорытпаларын, оптикалық шыны, кремний микропроцессорларын өндіру үшін; празеодимді пигменттер, фотографиялық сүзгілер, әуежайларда сигнал линзалары үшін; неодимді ноутбуктарға қажет жоғары қуатты магниттер үшін; самарий – жоғары температуралы магниттер үшін; лютеций - рентген фосфоры үшін, диспрозий - жоғарықуатты магниттер, лазерлер үшін; тербий – монитор люминофоры үшін қолданылады.

Заманауи өндірістің әр түрлі салаларында кеңінен қолданылатын сирек металдар галлий, ванадий және титан болып табылады.

Галлий - сирек кездесетін металдардың көп тараған түрі, бірақ галлит минералын қоспағанда, жоғары концентрацияда кездеспейді. Галлийдің негізгі шикізат көзі алюминий тотығы үшін боксит және нефелинді өндеудің ерітінділері, мырыш өндірісінің қалдықтары болып табылады.

Галлий электронды өнеркәсіптің негізі болып табылады: ол оптоэлектроника және жартылай өткізгіштер өндірісінде қолданылады. Галлий электроника өнеркәсібінде қолданылатын галлий арсениді және галлий нитридін сияқты қосылыстардың негізі болып табылады.

2020 жылға қарай жаһандық галлий нарығы 40% -ға дейін жылына 422 тоннаға дейін, ал жалпы жарықтандыруда металл пайдалану үлесі жалпы сұраныстың 18% -нан 33% -ға дейін ұлғаяды деп болжануда. Электрондық электр қуатын басқару үшін галлийді пайдалану ең үлкен нарық болып қалады, бірақ оның үлесі 50% -дан 43% -ға дейін төмендейді.

Қытай, Жапония, Ұлыбритания және Құрама Штаттар тазартылған галлийдің негізгі өндірушілері болып табылады. Қытай - бастапқы галлийдің жетекші өндірушісі, одан кейін Германия, Қазақстан, Украина, Оңтүстік

Корея және Ресей. Канада, Германия, Жапония, Ұлыбритания және Құрама Штаттарда қалдықтарды өңдеген кезде галлий шығарылады.

Галлий нарығында көшбасшылардың бірі GEO GALLIUM фирмасы болып табылады. Оның негізгі мүмкіндіктері 2006 жылға дейін STADE (Германия) кәсіпорынында құрылды, онда жылына шамамен 33,0 тонна галлий өндіріледі, Salindres зауыты жылына 20,0 тонна (Франция) және Pinjarra (Батыс Австралия) - әлеуеті (бірақ іске қосылмаған қуаты жылына 50,0 тоннаға дейін).

Ванадий - материалдың беріктігі мен қарсылығын жақсарту үшін темір және түсті қорытпаларда пайдаланылатын аса маңызды сирек металл. Әлемдегі ванадийдің шамамен 85%-ы болат өндірісінде қолданылады.

Ванадийдің ірі кен орындары АҚШ, Оңтүстік Африка, Армения және Ресейде орналасқан. Ванадий өндірісіндегі әлемдік көшбасшы Қытай болып қала береді. Ол ванадийдің жартысынан астамын қамтамасыз етеді және сол арқылы үнемі бағаны реттеп отырады.

Ванадийдің негізгі шикізат көзі - металлургиялық шлактар, титанмагнетит кені, көміртекті сланецтер және мұнай қалдықтары.

Титан - бұл әр түрлі тауарлар түрлері, мысалы әуе кемелерінің құрылысы, ракета, машина жасау, автомобиль, құрылыс, медицина сияқты кең ауқымды өнім өндірісінде пайдалануға болатын бірегей металл. Оның титан диоксиді қосылысының артықшылығы - оның улы емес және зиянсыздығы болып табылады. Осылайша, титан диоксидінің жалпы көлемінің жартысынан көбі бояу және лак өнеркәсібінің өнімдерін өндіруге жіберіледі, өйткені титан диоксиді өте жақсы бояу қасиеттеріне ие. Титан диоксиді негізінде жартылай өткізгіштердің дамуы судың фотоэлектрхимиялық бөлінуіндегі осы материалдың тиімділігіне байланысты кеңінен зерттелген.

Титан өндірісі үшін минералды шикізат көздер, әдетте, құрамында титан бар кендер - рутил, ильменит және люоксен. Ең байлары - бұл рутил, құрамында 93,0% -дан 96,0% -ға дейін титан диоксиді бар; ильменит құрамында 44,0-тен 70,0% -ға дейін TiO_2 бар, ал люоксен концентраттарында 90,0%-ға дейін TiO_2 болуы мүмкін.

Сирек металдар мен СЖЭ алу үшін шикізат ретінде қызыл шлам - алюминий өндірісінің өнеркәсіптік өнімі пайдаланылуы мүмкін. Қызыл шламмен бірге сілтілер, сазтопырақ, темір, галлий, ванадий, титан және СЖЭ біртіндеп жоғалады. Қызыл шламды қайта өңдеу СЖЭ шикізатына сұраныстың 20-30% -ын қамтамасыз ете алады. Алайда, қазіргі уақытта, барлық белгілі тәсілдер тиімді және кешенді түрде оны қайта өңдеуге мүмкіндік бермейді. Қызыл шламның құрамында сирек кездесетін металдар мен СЖЭ бар болғанымен оны қайта өңдеудің негізгі мақсаты алюминий гидроксидін және сілтілер алу болып саналады. Қызыл шламды шойын мен СЖЭ концентратының шикізаты ретінде пайдалану әлі іске асырылған жоқ,

өйткені шлақтың құрамында темірдің көп болғандықтан алынатын концентраттың сапасы төмен. Бүгінгі таңда қызыл шламды сирек кездесетін металдар мен СЖЭ алу үшін шикізат ретінде пайдаланып, оны толық кәдеге жарату басым мәселелердің бірі болып келеді .

Тақырыпты зерттеуге арналған негізгі және бастапқы деректер. 2015 жылы Қазақстан тау-кен металлургиялық кешені басым бағыттардың бірі болып табылатын өнеркәсіптік дамудың екінші бесжылдық жоспарын жүзеге асыруға көшті. 2014 жылдың соңында индустрия ел экономикасындағы жалпы қосылған құнның 19% -ын және Республика халқының жұмыспен қамтылуының 2,9% -ын қамтамасыз етеді.

Бүгінгі күні тау-кен металлургия кешені жоғары сапалы және дайын өнімдерді өндіру, сондай-ақ инновациялық, ғылымды қажет ететін технологияларды енгізу міндетін қойып отыр. Үкімет «Қазақстан Республикасының 2015-2019 жылдарға арналған тау-кен металлургия кешенінің сирек металдар өндірісін дамыту жоспары» жобасын іске асыруда, ол Заңнамалық және нормативтік қамтамасыз ету саласында бірқатар шараларды көздейді.

Осыған байланысты сирек металдарды және СЖЭ алу технологиясын әзірлеуге байланысты диссертация тақырыбы өзекті болып табылады және Қазақстан Республикасының индустрияландыру бағдарламасының жүзеге асырылу бағытына сәйкес келеді.

Қазақстан алюминий шикізатының төмен деңгейлі қорларына, соның ішінде темірлі бокситтерге бай. Құрамы бойынша бокситтер құрамында сирек кездесетін металдар мен СЖЭ бар көпкомпонентті шикізат. Төмен сапалы бокситтерді кешенді өңдеу кезінде өндірістің табыстылығы қамтамасыз етіледі.

«Металлургия және кен байыту институты» АҚ-да бірнеше жылдан бері Қазақстан Республикасында жаңа алюминий өндірісін құру үшін перспективалық шикізат болып саналатын Көктал кен орнының шикізатты бокситтерін өңдеу үшін кешенді технологиясы әзірленіп жатыр.

Алайда, бұрынғы зерттеулерде мәселе алюминийді алу және сілтінің жоғалуын азайту тұрғысынан қаралды. Өнеркәсіптік өнімдерді толығымен пайдалану арқылы шикізатты терең өңдеуді ұйымдастыру, соның ішінде сирек металдарды және СЖЭ өндіруді қарастыру қажет.

Ұсынылған жұмыс «ҚР Қостанай облысындағы темірлі Көктал бокситтерін Байер-гидрогранат технологиясымен өндіруге арналған алюминий тотығы зауыттың құрылыс жұмысын ғылыми-технологиялық қамтамасыздандыру» жобасы бойынша жүргізіліп, Көктал бокситтерін қайта өңдеудің өнеркәсіптік өнімдерінен сирек металдарды және СЖЭ алу мүмкіндігін анықтады және кешенді технологиялар бөлімдерінің бірі болып табылады.

Диссертациялық жұмыс тақырыбының өзектілігі.

Сирек кездесетін металдарды кездейсоқ өндірудің ықтимал көздерінің бірі алюминий өндірісінің қалдықтары мен өнеркәсіптік өнімдері бола алады. Жылына 100 миллион тоннадан астам ауаға шығарылатын қызыл шлам қоршаған орта үшін елеулі экологиялық қауіп тудырады, сонымен бірге құрамында 14-45% Fe, 5-14% Al, 1-9% Si, 1-6% Na, 2-12% Ti, 0.05-0.8% V₂O₅, 60-80 г/тонна галлий және 500-1700 г/т мөлшерінде СЖЭ бар. Онымен бірге жылына 50-100 мың тонна СЖЭ жоғалады, бұл 5 млн. тонна TiO₂, 200-300 мың тонна ванадий және 6-8 мың тонна галлий, 20-30% шикізатқа қажеттілік. Сондықтан алюминий шикізатын кешенді өңдеуге сирек кездесетін металдар мен СЖЭ-нің ілесімімен тиімді технологияларды әзірлеу өте маңызды.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты сазтопырақ өндірісінің жоғары темірлі бокситтерін өңдеудің өндірістік өнімдерінен металды галлий, ванадий пентаоксиді және титан диоксиді концентраты сияқты сирек металдар және СЖЭ концентратын алу технологиясын дайындау.

Байер – гидрогранат технологиясымен өңделетін Коктал кен орнының темірлі бокситтерінің өндірістік өнімі болып табылатын – гидрогранат шламы мен алюминатты ерітінділер зерттеулердің нысаны мен мәні болып табылады.

Зерттеулердің міндеттері, олардың жалпы ғылыми-зерттеу жұмысын орындаудағы орны:

- сазтопырақ өндірісінің аралық өнімдерінен темірлі бокситтерін кешенді өңдеу үшін алюминатты ерітінділерден галлий мен ванадий және гидрогранат шламынан СЖЭ концентраты мен титан концентратын алу технологиясын әзірлеу;

- сілті ерітінділерінен галлийді электртұнбалау кинетикасы мен механизмін зерттеу;

- галлийді электртұнбалаудың тиімді әдісін жасақтау;

- айналмалы галлийленген катодтары бар электролизерді сынау;

- галлийленген катод бетін қайта қалпына келтіру жағдайларын зерттеу.

Алынған нәтижелердің ғылыми жаңашылдығы:

- алғаш рет алюминатты ерітінділерден құрамында 89,8% V₂O₅ ванадий пентаоксиді мен құрамында 0,5% Ga₂O₃ галлий концентратын алатын технология дайындалды;

- галлий иондарының разряд механизмі мен кинетикасы зерттелді. Электролитке протонды-донорлы қоспаны қосу галлийдің қалпына келтіру реакциясының жылдамдығы күрт өсетіні анықталды. Галлийді сілтілі ерітінділерден электртұнбалау үшін аммоний гидроксидін қосу әдісі дайындалды. Нәтижесінде электр қуаты шығыны 2-3 есе азайды;

- металды электродтарды галлийлеу шарттары анықталды. Электрод мұқабасы ретінде ең тиімді материал мыс болатыны анықталды. Тек қана тұз

қышқылы мұқабаның галлийлеу кезінде галлиймен сулау процесін белсенділейтіні анықталды;

- гидрогранат шламды қалпына келтіргіш балқыту, магнитті сепарация, СЖЭ концентраты мен титан диоксидін алу үшін магнитті емес фракцияны гидрometаллургиялық өңдеу әдістерінен тұратын терең қайта өңдеу әдісі дайындалды;

- шлақтың магнитті емес фракциясын алдын ала белсендіру сирек жер элементтерін азот қышқылымен сілтілеу кезінде алу дәрежесін арттыратыны анықталды.

Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер:

- алюминий тотығы өндірісінің өндірістік өнімдерінен СЖЭ және сирек металдар өндірісін негіздеу нәтижелері;

- алюминий тотықты өндірісінің өндірістік өнімдерінен галлий мен ванадий алу нәтижелері;

- галлийленген катодта сілтілі ерітінділерден галлийді электрхимиялық әдіспен алу нәтижелері;

- сілтілі ерітіндіден галлийді электрхимиялық алудың кинетикасын зерттеу нәтижелері;

- гидрогранат шламын терең өндеп, СЖЭ және титан концентратын алу нәтижелері;

- тәжірибелі – эксперименталды металлургия өндірісінде Байер-гидрогранат технологиясын сынау нәтижелері.

Жұмыстың тәжірибелік нәтижелері.

Зерттеу және сынақ нәтижелері әзірленген Технологиялық регламентке енгізілді, осы негізде ҚР Қостанай облысында алюминий тотығы болатын зауыт құрылысына Техника – экономикалық бағалау берілді.

Басылымдар және жұмысты сынау.

Диссертациялық жұмыс нәтижесінде 7 мақала шығарылды, сонымен қатар:

- 1 мақала Thomson Reuters (Hydrometallurgy) базасына кіретін журналда шығарылды;

- 1 мақала Scopus (Annals of the Brazilian Academy of Sciences) базасына кіретін журналда шығарылды;

- 5 мақала Қазақстан Республикасының білім және ғылым Министрлігінің білім және ғылым саласындағы бақылау Комитетімен ұсынылған басылымдарда шығарылды.

Жұмыстың негізгі ережелері және нәтижелері ауызша баяндамалар түрінде 6 халықаралық конференцияларда баяндалды:

- «Bauxite residue valorisation and best practices conference» ICSOBA (Leuven, Belgium);

- «16th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM2016» (Albena, Bulgaria);

- Халықаралық ғылыми-техникалық конференция "Минералды шикізатты қайта өңдеу аралас процестері: теория және тәжірибе" (Ресей, Санкт-Петербург қ.);

«Минералды шикізатты байыту және өңдеу кезінде ресурстарды сақтау және қоршаған ортаны қорғау» халықаралық конференциясы (Ресей, Санкт-Петербург қ.);

- Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы «Кендерді байыту және металлургиядағы ресурстарды үнемдейтін технологиялар» (Алматы қ.);

- «Өнеркәсіптік қалдықтарды экологиялық қауіпсіздік кепілі ретінде өңдеу» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы (Павлодар қ.).

Техникалық шешімдердің жаңалығы 2017 жылғы 29 қыркүйектегі № 32400 «Алюмосілтілі ерітінділерден галлийді электрхимиялық алу тәсілі» Қазақстан Республикасының патентімен және 2017 жылғы 8 қарашадағы № 2017/1023.1 патент беру туралы өтінішімен расталады.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 7 тараудан, қорытындыдан және 5 қосымшадан тұрады. Жұмыстың мәтіні 140 бет мәтіндік баспадан тұрады, 31 кесте, 43 сызба бар. Қолданылатын әдебиеттер тізімі 122 атауды қамтиды.