

УРАЗКЕЛДИЕВА ДИЛБАР АБДИХАМИДОВНАНЫҢ

8D07160 – «Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған
«Қазақстанның табиғи натрий және калий тұздарын өңдеу технологиясын жетілдіру» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына
АНДАТПА

Мәселенің өзектілігі. Қазақстан Республикасында натрий тұздарына деген жоғары сұраныс пен қазіргі экономикалық жағдайда отандық минералды-шикізат базасын тиімді пайдалану қажеттілігі табиғи қолжетімді хлоридті тұздардан хлоридтер, сульфаттар, фосфаттар, сода күлі, күйдіргіш сода және өзге де бейорганикалық өнімдерді өндіруге арналған тиімді технологияларды әзірлеу өзекті мәселеге айналып отыр.

Республика аумағында құрамында әртүрлі қоспалары бар натрий хлоридіне бай табиғи тұздардың мол қоры анықталған. Атап айтқанда, бұл – Атырау облысындағы Индер, Сатимола, Жамбыл облысындағы Ащыкөл және Түркістан облысының Созақ ауданындағы кен орындары. Алайда қазіргі уақытқа дейін Қазақстанда мұндай құрамдас шикізатты терең өңдеуге арналған технологиялардың болмауына байланысты бұл ресурстар өнеркәсіптік тұрғыда пайдаланылмаған.

Соңғы онжылдықтарда әртүрлі компаниялар Сатимола кенінің коммерциялық дамуының орындылығын зерттеді. Бастапқы зерттеулер калий қорларын бағалауға және оларды өндіру мен өңдеу технологияларын жасауға бағытталған. 2011 жылы Қазақстан Республикасының Мемлекеттік резервтер комитетімен қорларды бағалау есебі бекітілді. Бүгінгі таңда калий кен орны Қазақстанның және басқа елдердің ауыл шаруашылығы үшін калий тыңайтқыштарының келешек қоры болып саналады.

Натрий хлориді химия өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Бұл аталған өнімнің өндіріс көлемін ұлғайту қажеттігін айқындайды. Химия өнеркәсібінде натрий хлоридіне сұраныстың артуы оның қосалқы салаларында – хлор, сода және басқа өнімдерді өндіруде – негізгі шикізат ретінде қолданылуымен байланысты. Бұл ретте натрий хлориді кристалды өнім немесе галит тұзының ерітіндісі түрінде қолданылады.

Сонымен қатар, энергетика, мұнай-газ, жеңіл өнеркәсіп, мал шаруашылығы және экономиканың басқа да секторларында натрий хлоридіне деген сұраныс үнемі өсіп келеді. Бұл жағдай өнімнің сапасына, химиялық тазалығына және фракциялық құрамына қойылатын талаптардың артуына алып келуде. Соның нәтижесінде, ас тұзын өндіру технологиясын жетілдіру және осы саладағы жаңа ғылыми-техникалық міндеттерді шешу қажеттілігі туындайды.

Ас тұзы халық шаруашылығының әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Әсіресе, химия өнеркәсібінде натрий мен хлор элементтерін және олардың маңызды бейорганикалық қосылыстарын алу үшін негізгі шикізат болып табылады. Бұған қоса, натрий хлориді консервілеу технологияларында және тағам дайындауда тұрмыстық мақсатта да пайдаланылады. Саудада ұсынылатын өнім –

бұл нақты түйіршіктегі кристалды құрылымға ие, негізінен натрий хлоридінен тұратын зат.

Қазақстанның калий кендері ел үшін елеулі стратегиялық әлеуетті білдіреді. Мәселен, перспективалы кен орындарының бірі Батыс Қазақстан облысындағы Сатимола тұз кені болып табылады, онда калий хлориді концентратын 95%-ға дейін өңдеу жоспарлануда. Ақтөбе облысында бірнеше өнеркәсіптік көкжиегі бар Жиян кен орны орналасқан, бұл кешенді қайта өңдеу үшін мүмкіндіктер ашады. Сондай-ақ, құрамында калий бар қорлар ретінде Челкар мен Индер тұзды кендері ерекшеленеді. Қазақстан қуаттылығы жылына 94 мың тоннаға дейін KCl Сатимола базасында калий тыңайтқыштарын өндіретін зауыт салу жоспарын жариялады, бұл импортқа тәуелділікті азайтуға мүмкіндік береді.

Қазақстанда калий кендерін өңдеудің өзектілігі ішкі және сыртқы факторлармен анықталады. Біріншіден, ауыл шаруашылығын дамыту өнімділік пен азық-түлік қауіпсіздігін арттыру үшін минералды тыңайтқыштармен тұрақты қамтамасыз етуді талап етеді. Екіншіден, заманауи қайта өңдеу технологиялары калий тыңайтқыштарын өндіруге ғана емес, сонымен бірге экономикалық тиімділікті арттыратын және экологиялық жүктемені төмендететін ілеспе элементтерді алуға мүмкіндік береді. Калий тұздарына әлемдік сұраныстың өсуі жағдайында Қазақстан өз кен орындарын аграрлық даму көшбасшысы болуға және тұзды экспортқа шығаруға мүмкіндігі бар.

Қазіргі уақытта Қазақстанның табиғи натрий және калий тұздарын өңдеу технологиясын жетілдіру және тұздарды қоспа заттардан тазалап сапалы натрий хлориді тұзын алу өзекті мәселенің бірі болып саналады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты – Қазақстандағы натрий және калий тұздарын өңдеу технологиясын жетілдіру, жоғары сапалы өнімдерді – натрий хлоридін, калий хлоридін алу арқылы Сатимола және Бахыт-таңы кен орнындағы тұздарды қоспа заттардан тазалаудың оңтайлы технологиялық сызбасын әзірлеу болып табылады.

Зерттеу міндеттері:

- Қазақстан республикасындағы табиғи натрий және калий тұздарының химиялық, минералогиялық құрамын анықтау;

- KCl-NaCl-H₂O жүйесінде 100⁰C температурадағы сильвинит минералының ерігіштігін және ерітінділерден калий және натрий хлоридін бөліп алу процесін зерттеу;

- табиғи натрий хлоридін және сильвинит кенін өндегеннен кейінгі үйінді қалдықты (NaCl) қоспалардан тазартудың тиімді технологиялық параметрлерін анықтау;

- табиғи натрий хлоридін және сильвинит кенін өндегеннен кейінгі үйінді қалдықты (NaCl) қоспалардан тазартудың тиімді технологиясын әзірлеу.

Зерттеу нысандары Бахыт-таңы кен орнының табиғи натрийлі тұзы және Сатимола кен орнының калий құрамды тұзы.

Зерттеу әдістері

Зерттеуде қойылған негізгі міндеттерді орындау үшін химиялық және аспаптық зерттеу мен талдау әдістері қолданылды. Калий кенін аналық ерітіндісімен еріту арқылы натрий тұзын бөліп алудың зерттеулері жүргізілді.

Зерттеліп отырған жүйелердегі калий мен натрий мөлшері «Квант-2» атомды-абсорбциялық спектрометрі және ПФА-378 жалын-фотометриялық анализаторы арқылы анықталды. Шикізат пен өнімдердің талдауы спектралдық микроскопиялық, рентгенографиялық, дифференциалды-термиялық және ИҚ-спектроскопиялық әдістермен жүргізілді. Қатты фазалардың сынамаларына жартылай сандық рентгенографиялық талдау Bruker компаниясының D8 Advance аспабында жүргізілді, ал алынған дифрактограммалардың деректерін өңдеу және жазықаралық арақашықтықтарды есептеу ЭЕМ бағдарламалық қамтамасыздандыруы арқылы жүзеге асырылды. Ерімейтін қалдықтың седиментациялық талдауы ФСК-6 фотоседиментометрінің көмегімен орындалды. Эксперименттік деректердің математикалық модельдеуі Excell бағдарламасында жүргізілді, ал регрессия коэффициенттерінің маңыздылығы Фишер критериясымен есептеу арқылы анықталды.

Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер

-Сатимола және Бахыт-таңы кен орындарының силвинит және галит кенінің химиялық және минералогиялық құрамы;

-натрий хлоридін кальций және магнийден тазалау бойынша тәжірибелік мәліметтерді математикалық өңдеу, регрессия теңдеулерінің маңызды коэффициенттерін анықтау;

- Сатимола сильвинит тұзының еріту процесінің параметрлерін анықтау;

- Бахыт-таңы галит тұзындағы кальций және магний тұздарының, натрий және барий карбонаты, натрий фосфатымен әрекеттесуінің Гиббс энергиясын есептеу;

-Бахыт-таңы галит тұзын тазалудың және Сатимола сильвинит кенін өңдеудің жетілдірілген технологиясы.

-Сатимола сильвинит кенін өңдеудің жетілдірілген технологиясы.

Зерттеудің негізгі нәтижелері

– Бахыт-Таңы және Сатимола кен орындарының сильвинит мен галит минералды тұздарының химиялық және минералогиялық құрамы;

– натрий хлоридін кальций мен магнийден тазарту бойынша эксперименттік деректерді математикалық өңдеу, регрессиялық теңдеулердегі маңызды коэффициенттерді анықтау;

– Сатимола кенінің сильвинит тұзын $KCl-NaCl-H_2O$ үштік жүйеде еріту процесінің параметрлерін анықтау;

– кальций мен магний тұздарының, натрий мен барий карбонаттарының, сондай-ақ Бахыт-Таңы галит тұзындағы натрий фосфатының өзара әрекеттесу реакцияларының Гиббс энергиясын есептеу;

– Бахыт-Таңы кенінің галит тұзын тазартудың және Сатимола сильвинит кенін өңдеудің жетілдірілген технологиясы.

Алынған нәтижелердің жаңашылдығы мен маңыздылығының негіздемесі

Жоғары сапалы және экологиялық қауіпсіз химиялық өнім алу мақсатында Бахыт-таңы және Сатимола (Қазақстан) кен орындарының натрий және калий

тұздарынан алынатын натрий хлоридін өңдеудің физика-химиялық негіздеріне зерттеулер жүргізілді.

- Бахыт-таңы және Сатимола табиғи тұзды кен орнының химиялық және минералогиялық құрамы анықталды. Бақыт таңы тұзы құрамында галит басым және кальций мен магний сульфаттары мен хлориді бар, ал Сатимола тұзында ангидрит, кизерит, полигалит және ерімейтін қалдықтардың аз мөлшерде болатыны анықталды.

- галит минералын қоспа компоненттерінен тазарту процесінің кинетикалық заңдылықтары анықталды. Аррениус теңдеуі бойынша процесс жылдамдығының температураға тәуелділігін талдау негізінде зерттелетін температура интервалында процесс диффузиялық аймақта жүретіні көрсетілді, бұл процестің жылдамдығы масса алмасу сатысымен шектелетінін көрсетеді.

- қоспаларды тұндыру кезінде жүретін реакциялар үшін Гиббс еркін энергиясының мәндеріне негізделген термодинамикалық деректерді талдау нәтижесінде, берілген температуралық жағдайларда бұл реакциялардың термодинамикалық тұрғыдан мүмкін екені және кешенді тұздар $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, CaSO_4 , CaCO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ және BaSO_4 қосылыстарының түзілуімен қатар жүретіні көрсетілді. Бұл қосылыстар галит құрылымынан қоспа компоненттерін селективті түрде жоюды қамтамасыз етеді, сондай-ақ реакция нәтижесінде кешенді тұздардың толық түзілетіндігі дәлелденді.

- алғаш рет натрий хлоридін қоспалардан тазалаудың жетілдірілген технологиясы ұсынылды. Жетілдірілген технологияның дәстүрлі технологиядан айырмашылығы С:Қ 3:1 қатынаста механикалық қоспалардан тазартылып, натрий хлоридінің қаныққан ерітіндісіне тазалау үшін ерімейтін фосфаттарды толық тұндыруға қажетті стехиометриялық мөлшердің 95% көлемінде натрий фосфаты қосылады, сонымен қатар буландыру және центрифугалау процестері қысқартылады. Натрий тұзын кальциймен ластанудан 99,2%, магнийден 99,2% тазарту дәрежесіне қол жеткізуге болатыны анықталды. Араластыру температурасы 25°C және реагенттің әрекеттесу ұзақтығы 30 минут болған жағдайда кешенді тұздардың тұнбаға түсетіндігі анықталды. Әзірленген әдістеме бойынша өнертабысқа патент (№37341, 30.05.2025) алынды;

- натрий хлоридін кальций және магний қоспаларынан тазалау процесі үшін бөлшектік факторлық эксперимент негізінде модель ұсынылды. Ұсынылған модель технологиялық параметрлердің жиынтығына байланысты тазалау дәрежесін сипаттауға ғана емес, оны болжауға мүмкіндік береді, бұл процестің оңтайлы жағдайларын ғылыми негізде таңдауды қамтамасыз етеді. Регрессия теңдеулерінің коэффициенттері бөлшектік факторлық эксперимент деректерін математикалық өңдеу нәтижесінде анықталды. Модельдердің адекваттылығы $F_{\text{кесте}} > F_{\text{есептеу}}$ шартының орындалуымен (кальций үшін $5,1 > 4,5$ және магний үшін $5,1 > 4,1$) расталды, бұл әзірленген регрессия теңдеулерінің статистикалық маңыздылығын және болжамдық жарамдылығын дәлелдейді.

- алғаш рет Сатимола кенорыны сильвинитінің құрамына байланысты 25°C және 100°C $\text{NaCl} - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$ ерігіштік жүйесінің диаграммасын пайдаланып, ерітуге қажетті су мөлшері мен тұнбаға түсетін KCl теориялық шығымы есептелінді және өңдеудің тиімді технологиялық параметрлері анықталды: еріту

температурасы 100°C, кристалдану температурасы 25°C, ерітінді мен тұздың қатынасы 1:1; уақыт 120 минут.

- алғаш рет табиғи натрий және калий тұздарын өңдеу технологиясын жетілдіру мақсатында Сатимола кен орынының сильвинит кенінен қалған үйінді қалдықты (натрий хлориді) қоспалардан тазартудың оңтайлы параметрлері анықталды және натрий тұзын натрий фосфатымен өзара әрекеттестіру бойынша жаңа деректер алынды. Үйінді қалдықты калий хлоридінен тазарту $\text{NaCl} - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$ ерігіштік жүйесімен есептелініп калий хлориді бөлу анықталды. Үйінді қалдықты фосфат әдісімен тазалау және $\text{NaCl} - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$ жүйесінде калийді еріту арқылы бөлу технологиясы әзірленді, нәтижесінде кальцийден тазарту 99%, магнийден тазарту дәрежесі 98% көрсетті. Ұсынылған әдіс натрий хлоридінің құрамын жоғары тазалық деңгейіне (Ca^{2+} және $\text{Mg}^{2+} \leq 0,1 \%$) жеткізуге мүмкіндік береді және калий хлоридін тиімді түрде ерітіндіге бөледі. Алынған мәліметтер табиғи натрий және калий тұздарын өңдеудің технологиялық схемасын жетілдіруге мүмкіндік берді.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңызы практикалық маңызы:

Диссертацияның теориялық маңыздылығы табиғи натрий мен калий тұздарын кальций мен магний қоспаларынан тазарту процестері туралы физика-химиялық идеяларды дамыту және тереңдету болып табылады. Жұмыста Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарының натрий фосфатымен өзара әрекеттесуі туралы термодинамикалық мәліметтер алынды, қиын еритін кальций мен магний фосфаттарын түзетін реакциялардың бағыты мен механизмі негізделді, сонымен қатар температура мен концентрация факторларының тазарту процестерінің тиімділігіне әсер ету заңдылықтары анықталды. Әзірленген регрессиялық модельдер және $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O}$ жүйесіндегі фазалық тепе-теңдікті талдау нәтижелері тұзды минералды шикізатты өңдеу процестерін модельдеудің, болжаудың және оңтайландырудың теориялық негіздерін кеңейтеді.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы:

-зерттеу нәтижелері негізінде Бахыт-таңы кен орындарының галит тұзын тазалаудың технологиясы әзірленді. Әзірленген технология тағам, фармацевтика саласында пайдаланылатын тұзды алуға бағытталған. Натрий тұзын натрий фосфатымен тазалаудың оңтайлы режимі анықталды, бұл натрий хлоридінің толық тазалануын қамтамасыз етеді. Сондай-ақ натрий тұзын механикалық қоспалардан шаймалау үдерісі нақтыланды.

- калий және натрий тұздарын өндірудің жетілдірілген технологиялық сызбасы әзірленіп, шикізат бойынша шығын коэффициенттері анықталды. Ұсынылып отырған технологияға «Натрий хлоридін тазалау әдісі» тақырыбында өнертабысқа патент (№37341, 30.05.2025) алынды.

Дайындалған технологияның артықшылығы технологиялық үдерісті айтарлықтай жеңілдетеді. Натрий хлоридін суға еритін қоспалардан тазарту дәрежесінің артуы, сондай-ақ буландыру және центрифугалау сатыларын алып тастау арқылы технологиялық үдерістің жеңілдетілуі болып табылады. Зерттеп

ұсынылған технология калий және натрий тұздарын өндіретін отандық өндірісті құру жобасына негіз бола алады, ал мұндай өндіріс қазіргі таңда Қазақстанда жоқтың қасы.

Ғылымды дамытудың бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі

Жұмыс М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы» кафедрасының 2016–2020 жылдарға арналған мемлекеттік бюджеттік ғылыми-зерттеу жұмыстары жоспарына сәйкес Б-16-02-03 тақырыбы бойынша «Табиғи руда-минералдық ресурстар мен өнеркәсіптің түрлі салаларындағы техногендік қалдықтардан бейорганикалық қосылыстар синтезінің өнімдерін алу және шикізатты байытудың баламалы-инновациялық технологияларын әзірлеу бойынша зерттеулер» шеңберінде орындалды.

Сонымен қатар, жұмыс 2021–2025 жылдарға арналған Б-21-03-02 тақырыбы бойынша «Минералдық шикізат пен техногендік қалдықтар негізінде бейорганикалық өнімдер, экологиялық тұрғыдан қауіпсіз тыңайтқыштар мен өсімдіктің өсуін реттегіштердің жаңа перспективалық технологияларын әзірлеу және дәстүрлі технологияларды жетілдіру» ғылыми жобасы аясында жүргізілді.

Диссертациялық зерттеудің жекелеген бөлімдері М.Әуезов атындағы ОҚУ жас ғалымдарының ғылыми зерттеулерін гранттық қаржыландыру бағдарламасы шеңберінде іске асырылатын "Жас ғалым" ЮКУ2024-005 гранттық жобасының қаржылық қолдауымен орындалды.

Автордың үлесі Диссертациялық жұмыс шеңберіндегі зерттеулердің нәтижелері бойынша 9 ғылыми еңбек жарияланды, оның ішінде ҚР патенті, уәкілетті орган ұсынған ғылыми басылымдардағы 3 мақала (ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚЕК), Scopus/Web of Science дерекқорына кіретін халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдарда 1 мақала, сондай-ақ халықаралық ғылыми конференциялар жинақтарында 4 жарияланым, оның ішінде 2 мақала шетелде жарияланды. Зерттеу нәтижелері бойынша Қазақстанның табиғи натрий және калий тұздарын өндеу технологиясын жетілдіру бойынша тәжірибелік-зертханалық сынақ өткізу акт (24.11.2025 ж. №1) алынды. Жұмыс нәтижелері оқу процесіне енгізілді: 22.03.2025 ж. №3.

Автордың ғылыми материалдарды дайындау және жариялау ісіне қосқан үлесі диссертацияда ашып көрсетілген және тиісті жарияланымдармен расталған.

1. The Open Chemical Engineering Journal (Процентиль 29%, Q3), журналындағы «The development of a technology for the purification of sodium chloride by removing impurities using the phosphate method» мақаласында натрий хлоридін фосфатты әдіспен тазартып, жетілдірілген технологиялық сызба дайындау жайында мәліметтер келтірілген.

2. ҚР ҰҒА Хабаршысы журналындағы «Purification Of Technical Sodium Chloride From The Tasty Tuz Deposit Of The Republic Of Kazakhstan» мақаласында натрий хлориді кенін кенін барий карбонаты арқылы тазалау және процес барысындағы оңтайлы параметрлерді анықтау жөнінде мәліметтер келтірілген.

3. «Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra» журналындағы «Methods for purifying table salt from the Bakhyt-Tany deposit» мақаласында әдеби шолуды

дайындау, галит минералының физико-химиялық талдау нәтижелері және натрий хлоридін әкті, әкті-содалы, фосфатты әдістермен тазалау процесіндегі тұздың магний және кальций иондарынан тазалану дәрежелерін салыстыру туралы мәліметтер келтірілген.

4. «Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra» журналындағы «Potash Ore Processing: Technology Research and Physicochemical Properties» Сатимола кенінен алынған сильвинит кенінің физико-химиялық талдау нәтижелері және кенді кенді галургиялық тазалау процесі, нәтижелері туралы мәліметтер келтірілген.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Жұмыс 106 беттен, кіріспеден, 5 бөлімнен, қорытындыдан және 5 қосымшалардан тұрады. Диссертацияда 45 сурет, 33 кесте және 122 әдебиеттер тізімі бар.