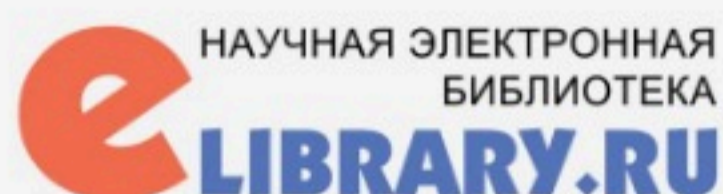


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND OF HIGHER EDUCATION THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

М. ӘУЕЗОВ АТЫНДАҒЫ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН УНИВЕРСИТЕТІ
ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АУЭЗОВА
M. AUEZOV SOUTH KAZAKHSTAN UNIVERSITY



ISSN 2616-6429
KAZPOST 76085



AUEZOV
UNIVERSITY
1943

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМ ЖАРШЫСЫ
ВЕСТНИК НАУКИ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА
SOUTH KAZAKHSTAN SCIENCE HERALD

№ 4 (32) 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND OF HIGHER EDUCATION THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

М. ӘУЕЗОВ АТЫНДАҒЫ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН УНИВЕРСИТЕТІ
ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АУЭЗОВА
M. AUEZOV SOUTH KAZAKHSTAN UNIVERSITY

**ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМ ЖАРШЫСЫ
ВЕСТНИК НАУКИ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА
SOUTH KAZAKHSTAN SCIENCE HERALD**



№4 (32)

ШЫМКЕНТ 2025

ISSN 2616-6429

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМ ЖАРШЫСЫ

ВЕСТНИК НАУКИ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

SOUTH KAZAKHSTAN SCIENCE HERALD

№4 (32) 2025

Меншік иесі: М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Бас редактор: Ахмед-Заки Д.Ж. - М. Әуезов атындағы ОҚУ Басқарма төрағасы-ректор, т.ғ.д., профессор.

Редакциялық алқа мүшелері: Сүлейменов Ұ.С. – ҒЖ және И жөніндегі проректор, т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Изабелла Новак – х.ғ.д., профессор, Познань қ. Адам Мицкевич университеті, Польша; Аврамов К.В. – т.ғ.д., профессор, «Харьков политехникалық институты» ұлттық техникалық университеті, Украина; Соловьев А.А. – ф.-м.ғ.д., профессор, М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей; Емелин А.В. – ф.-м.ғ.д., профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік университеті, Ресей; Богуслава Леска - х.ғ.д., профессор, Познань қ. Адам Мицкевич университеті, Польша; Полина Прокопович – PhD, Кардифф университеті, Ұлыбритания; Меор Мохаммед Фаред – қауымдастырылған профессор, Путра Малайзия университеті, Малайзия; Ивахненко А.П.- PhD докторы, профессор, Мұнай зерттеу орталығы, Хериот-Ватт университеті, Ұлыбритания; Сучкова Е.П. – т.ғ.к., доцент, "Үшінші мыңжылдық биотехнологиясы" халықаралық ғылыми орталығы, Ресей; Елизавета Фаслер-Кан - PhD докторы, профессор, Базель университеті, Австрия; Радюк С.Н. - PhD докторы, ассоциациялық профессор, Оңтүстік методистік университеті, АҚШ; Жонго Ок - PhD докторы, профессор, Сеул ұлттық техникалық университеті, Корея; Евлаш В.В. – т.ғ.д., профессор, Харьков мемлекеттік азық-түлік технологиясы және сауда университеті, Украина; Потапов В.А. – т.ғ.д., профессор, мемлекеттік биотехнологиялық университеті, Украина; Марфенин Н.Н. - б.ғ.д., профессор, М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей; Сайдаматов Э.М. – ф.-м.ғ.к., доцент, М.В. Ломоносов атындағы ММУ Ташкент филиалы, Өзбекстан; Каримов Э.Ё. – б.ғ.к., бас ғылыми қызметкер, Өзбекстан Республикасы Ғылымдар Академиясы өсімдіктердің генетикасы және тәжірибелік биологиясы институты, Өзбекстан; Адилев Б.Ш. - б.ғ.к., бас ғылыми қызметкер, Өзбекстан Республикасы Ғылымдар Академиясы өсімдіктердің генетикасы және тәжірибелік биологиясы институты, Өзбекстан; Мирзаев Ш.Ш. – з.ғ.к., доцент, М.В. Ломоносов атындағы ММУ Ташкент филиалы, Өзбекстан; Муродова С. -б.ғ.д., профессор, Мирзо Ұлықбек атындағы Өзбекстан Ұлттық университетінің Жизақ филиалы; Жұрынов М.Ж. - х.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан; Чоманов У.Ч. – т.ғ.д., профессор, ҚР ҰЖҒА академигі, Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан; Рскелдиев Б.А. – т.ғ.д., профессор, ҚР Ұлттық Жаратылыстану ғылымдары академиясының корреспондент-мүшесі, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан; Таева А.М. - т.ғ.д., доцент (қауымдастырылған профессор), Алматы технологиялық университеті, Қазақстан; Тултабаева Т.Ч. - т.ғ.д., доцент, ҚР АШҒА академигі; Касенов А.Л. - т.ғ.д., профессор, Шәкәрім университеті; Амирханов К.Ж. - т.ғ.д., профессор, Шәкәрім университеті; Тимурбекова А.К. – т.ғ.к., профессор, ҚазҰАЗУ, Қазақстан; Тултабаев М.Ч. - т.ғ.д., профессор, Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Қазақстан; Айменов Ж.Т. – т.ғ.д., профессор, ҚР ҰЖҒА академигі, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Исмаилов Б.Р.– т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Жантасов К.Т.– т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Надилов К.С. – х.ғ.д., профессор; М.Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Жекеев М.К. - т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Назарбекова С.П. – х.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Протопопов А.В. -т.ғ.д. профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Таймасов Б.Т. - т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Волненко А.А. - т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Голубев В.Г.–т.ғ.д., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Сәрсенбі Ә.М. – ф.-м.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Туленов А.Т. - т.ғ.к., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан.

**ХИМИЯЛЫҚ ИНЖЕНЕРИЯ
ХИМИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ
CHEMICAL ENGINEERING**

ӘОЖ 581.5

<https://doi.org/10.54251/2616-6429.2025.04.n01>

Г.Т. Бозшатаева*, **Г.К. Турабаева**, **А.Т. Байкенжеева**
б.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
п.ғ.к., аға оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
б.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
***Корреспондент авторы:** bozshataeva69@mail.ru

УРБАНОФЛОРАНЫҢ ҚАЛА ЖАҒДАЙЫНА БЕЙІМДЕЛУІ

Түйін

Мақалада Шымкент қаласының урбанофлорасында жүргізілген зерттеулер негізінде өсімдіктердің қала ортасына әсері және өздерінің де осы жағдайларға бейімделу процестері қарастырылған. Қала жағдайында экологиялық ахуалды жақсартуда урбанофлораның маңызы зор. Қала урбанофлорасында канцерогенді заттар мен шаңды сіңіретін, оларға төзімді өсімдік түрлерін анықтау мен өсіру өзекті мәселе болып табылады. Себебі, өсімдіктер, әсіресе, ағаштәрізді өсімдіктер эоклиматты түзу, ауадағы заттарды тұндыру қызметтерін атқарады. Урбанофлораның қала ортасына әсері олардың ауаны тазалау, температуралық режимді реттеуге, топырақты қорғау мен биоалуантүрлілікті сақтаудағы рөліне байланысты анықталады. Зерттеу нәтижелері бойынша төмендегі қорытындылар жасалды: қала ортасына бейімделу өсімдіктердің құрылысының көрсеткіштерінің өзгеруі арқылы жүреді, салыстырмалы түрде таза аулада өскен Сирень өсімдігінің лептесіктерінің саны – 162, ал автомагистраль бойында өсетін өсімдіктердің лептесіктерінің саны – 95 құрады; урбанофлора қала ортасының температуралық режиміне әсер етеді, өсімдіктер ауа температурасын 2-4 градусқа төмендетеді; өсімдіктер шаңды сіңіре отырып, ауаны тазартады, Сирень өсімдігінің жапырағының құрылыс ерекшеліктеріне байланысты қарағашпен салыстырғанда шаңды көбірек сіңіретіндігі анықталды.

Кілттік сөздер: қала ортасы, урбанофлора, температуралық режим, устыцелер, бейімделу, сирень, қарағаш, өсімдік жамылғысы, шаңдану, дендрофлора

Кіріспе. Қазіргі қоғамның дамуында қалалардың агломеррацияларының іріленуі үздіксіз жүріп отыр. Адамдардың мегаполистерге қарай қоныс аударуы, қалалардың инфрақұрылымдарының жетілуі мен өндіріс орындарының дамуы қоршаған ортаға әсер етеді. Бұл экологиялық жағдайлардың шиеленісуіне әкеледі. Қарқынды урбанизация процесі экологиялық мәселелердің туындауының, атап айтқанда ауа-райының көрсеткіштерінің өзгеруіне, қоршаған ортаның ластануына, өсімдіктер мен жануарлар дүниесінің көптүрлілігінің кемуіне әкелуде [1-3].

Қала жағдайында экологиялық ахуалды жақсартуда урбанофлораның маңызы зор. Әсіресе, мегаполистердің ауа, топырақ ортасын сауықтыру мен тазартуда жасыл желектердің орны ерекше. Қала урбанофлорасында канцерогенді заттар мен шаңды сіңіретін, оларға төзімді өсімдік түрлерін анықтау мен өсіру өзекті мәселе болып табылады. Себебі, өсімдіктер, әсіресе ағаштәрізді өсімдіктер эоклиматты түзу, ауадағы заттарды тұндыру қызметтерін атқарады [4].

Жұмыстарының мақсаты урбанофлораның қала ортасына бейімделуі мен оған өзінің әсерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу объектілері ретінде Шымкент қаласының территориясында өсетін, урбанофлораның құрамына кіретін кең таралған өсімдіктер Кәдімгі сирень және қарағаштар,

Шымкент дендрологиялық бағының өсімдіктері таңдап алынды.

Шымкент қаласының аумағындағы өсімдіктердің фотосинтетикалық аппаратына, атап айтқанда лептесіктердің санына, күйіне қала ортасының әсері мен өз кезегінде өсімдіктер жамылғысының қала ортасының температуралық режиміне әсерін зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Қала ортасының ерекшеліктерінің бірі – бұл «жылу аралдары» құбылысы, урбандалған жүйенің температурасы ауылдық елді мекендермен салыстырғанда әлдеқайда жоғары болуымен сипатталады. Бұл тас және шыны, пластик құрылыс материалдарынан салынған биік ғимараттар, асфальт, бетон жамылғылардың жазда күннен қызып кетуі, урбанофлораның жеткіліксіздігінің салдары болып табылады.

Ал, қыста керісінше өсімдіктер ауылдық жерлермен салыстырғанда температуралық режимінің төмен болуынан зардап шегеді. Себебі, қалаларда түскен жапырақтарды сыпырып әкету арқылы ағаш тамырларының қосымша жылу көзінен айырылады. Ғалымдар көрсетуі бойынша асфальт жабынының қасиеттерінің ерекшелігіне байланысты ол топырақтың -13 градусқа дейін тоңуына әкеледі, бұл өз кезегінде қалада өсетін өсімдіктердің тамырларына қолайсыз әсер етеді.

Шымкент қаласының жасыл желегін қалыптастыруға бағытталған бірқатар жобалар жүргізілуде. Бірақ қаланың орналасу орнының ауа-райына байланысты, су тапшы аймақ және температуралық режимнің жоғары болуына байланысты мәселелер туындайды. Сонымен қатар Қазақстан қалаларына тән экологиялық мәселелердің негізгісі ретінде - ауа бассейнінің ластануы Шымкент қаласы үшін де өзекті болып табылады.

Зерттеу әдістері мен нысаны. Урбанофлора қала ортасының жағымсыз әсеріне ұшырай отырып, оған бейімделеді. Олар қоршаған ортадағы экологиялық өзгерістерге құрылысындағы, тіршілік процесстеріндегі және т.б. өзгерістер арқылы жауап береді.

Зерттеу жұмыстарында қала ортасының әртүрлі ластану деңгейіндегі аумақтарында өсетін өсімдіктер және салыстырмалы түрде таза аудандар ретінде магистральды жерлерден алыс аулада және дендрологиялық саябақта өсетін өсімдіктер таңдап алынды. Қала территориясында өсетін сирень өсімдігінің жапырақтарындағы устьицалардың саны мен күйі зерттелді. Ластанған және таза аумақтардан жиналған жапырақтар арнайы ыдыстарға салынып, алынған жері туралы белгілер қойылады. Устьицалар саны микроскоп арқылы зерттелді. Бір мм куб аудандағы устьица саңылауларының саны мен күйі, мөлшері есепке алынды. Әрбір зерттеу аумағынан алынған жапырақтардағы устьицалардың орташа саны, орналасуы, күйі тіркеліп отырды.

Урбанофлораның қаланың жылулық режимінде температураны төмендетуге әсерін зерттеуге бағытталған тәжірибелер жасалды. Арнайы инфрақызыл термометрдің көмегімен жасыл желек бар аймақ ретінде дендрологиялық саябақ пен ашық бетон не асфальтты магистральдардың жанындағы температуралық режим өлшенді. Температура күндізгі уақытта он екі мен он бес сағат уақыттарында өлшенді.

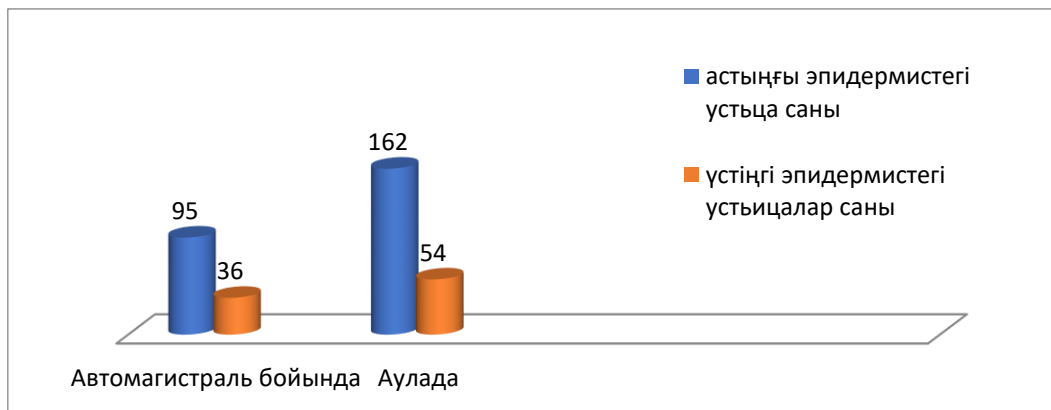
Магистральдар мен өндіріс орнына жақын жердегі және салыстырмалы түрде таза трассадан алыс аула мен дендросаябағындағы өсімдіктердің жапырақтарында жиналған шаңның мөлшері есепке алынды.

Нәтижелер мен талқылау. Устрицалардың жұмысы циркадтық ритмдерге бағынады [5]. Олардың ашылып-жабылуы, саны, күйі қоршаған ортаға бейімделуі барысында өзгеруі мүмкін. Зерттеу аумақтарынан жиналған жапырақтардағы устьицалардың орташа санын есептеп, 1-ші кестеге енгізіліп отырды.

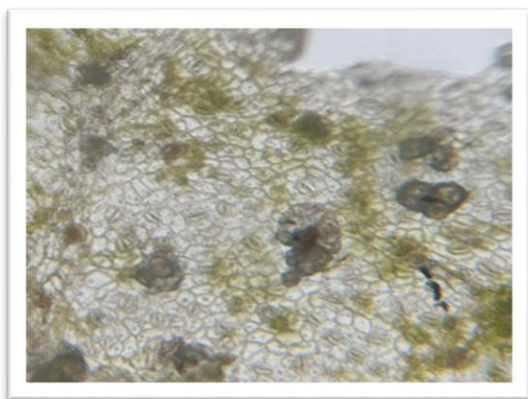
Кесте 1 – Зерттеу аумағынан жиналған Кәдімгі сиреннің жапырағындағы устьицалардың орташа саны

Зерттеу аумағы	Жапырақтың астыңғы эпидермисіндегі устьицалардың саны, 1 мм ³	Жапырақтың үстіңгі эпидермисіндегі устьицалардың саны, 1 мм ³
Автомагистраль бойынша өскен Кәдімгі сирень өсімдігі	95	36
Көшеден алыс аулада өсетін Кәдімгі сирень өсімдігі	162	54

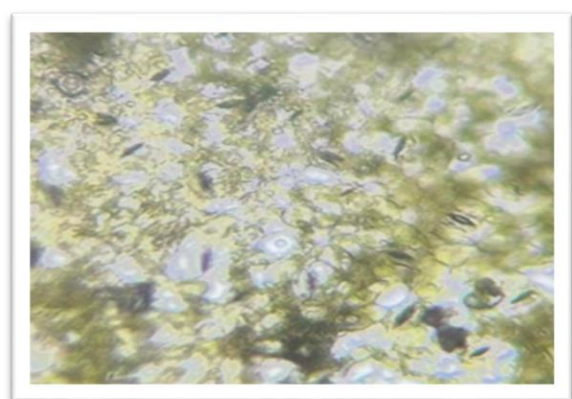
Кестедегі көрсеткіштер мен 1-ші суреттен таза аумақтардың өсімдігінің жапырақтарындағы лептесіктер саны, автомагистральдардың бойында өскен өсімдік жапырақтармен салыстырғанда, көп екенін көрсетті.



Сурет 1. Зерттеу аумақтарында өсетін Сирень өсімдігінің жапырақтарындағы устьицалардың орташа саны

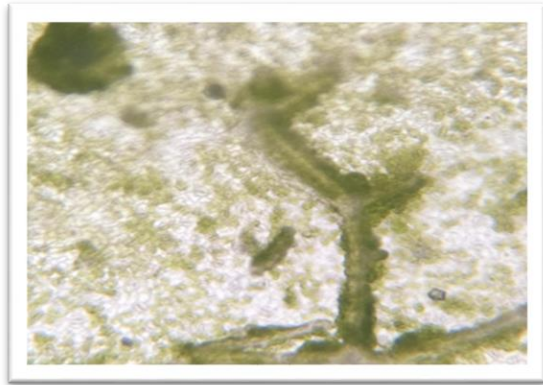


А

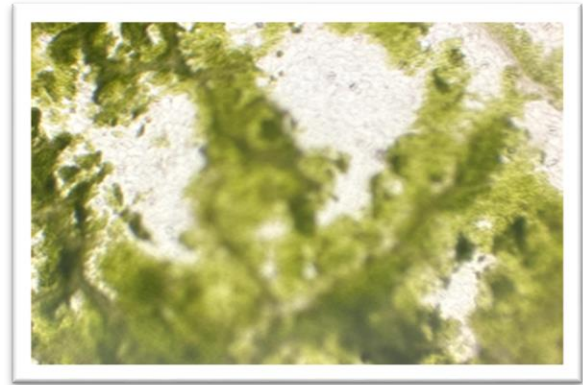


Б

Сурет 2. Автомагистраль бойында өскен Сирень өсімдігінің устьицалары: А- жапырақтың астыңғы эпидермисі, Б- жапырақтың жоғарғы эпидермисі



А



Б

Сурет 3. Көшеден алыс, аулада өскен Сиреннің устьицалары: А- төменгі эпидермистегі устьицалар, Б- жоғарғы эпидермистегі устьицалар

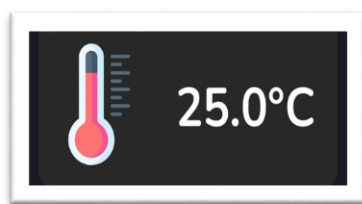
Зертте нәтижелері қала ортасына өсімдіктердің бейімделетінін көрсетеді. Белсенді көлік қозғалысы болатын көшенің жағасында өсетін урбанофлора өкілдерінің, нақтылағанда, Сирень өсімдігінің лептесіктерінің саны кемітіндігін көруге болады, яғни бұл өсімдіктердің қоршаған ортаның ластануы мен транспирацияның жылдамдығын реттеуінің қажеттілігімен түсіндіріледі.

Лептесіктердің қозғалысын шаң мен ауадағы газдар бітеуі мүмкін. Ал автомагистральдардан алыс, қорғалған ауладағы өскен Сирень өсімдігінің жапырақ тақтасындағы лептесіктердің санының көп болуы анықталды, яғни бұл мұнда газ алмасуға кедергінің аз болуымен түсіндіруге болады.

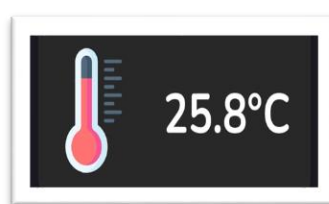
Устицалардың жағдайы қоршаған орта сапасының индикаторы ретінде қолданылуы мүмкін.

Урбанофлораның қала ортасының температуралық режиміне әсерін зерттеу мақсатындағы зерттеулер ашық және айтарлықтай ыстық ауа-райы жағдайында жүргізілді.

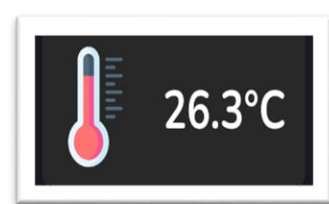
Шымкент қаласының белсенді көлік қозғалысымен сипатталатын автомагистраль аумағы мен дендрологиялық бақ зерттеу территориясы ретінде таңдап алынды. Өлшеулер түскі 13-00 уақытында жүргізілді. Өлшеулер 3-рет қайталанды. Өлшеулер 4 және 5 суреттерде көрсетілген.



А



Б



С

Сурет 4. Шымкент дендрологиялық бағындағы әр түрлі нүктелердегі температуралық көрсеткіштері: А – жасанды көл жағалауындағы температура; Б – ағаштардың акөлеңкесіндегі жердің температурасы; С- дендрологиялық бақтағы жүгіру жолының температурасы

температурасын 2-4 градусқа төмендетеді; өсімдіктер шаңды сіңіре отырып, ауаны тазартады, Сирень өсімдігінің жапырағының құрылыс ерекшеліктеріне байланысты қарағашпен салыстырғанда шаңды көбірек сіңіретіндігі анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Төлеуова А.М. Урбанизация: әлеуметтік және экономикалық аспектілері. Шымкент: Оңтүстік полиграфия, 2021, 215 б.
2. Қалмырзаев Ж.К. Урбанизация және тұрақты даму. Қарағанды: Болашақ, 2021, 178 б.
3. Есенбекова А.Т. Қала экологиясы және урбанизация үдерістері. Тараз: ТарМУ баспасы, 2022, 204 б.
4. Оспанова Г.С. Экология. 2-том. Оқулық. Алматы: New book, 2021, 264б.
5. Гуляева Е.Н. Адаптация фотосинтетического аппарата растений к условиям приморских территории Белого моря. Диссертация биол. ғылым.канд. Петрозаводск, 2022, 139б.
6. Тарасова Ж.Г. Пылезадерживающая способность листьев древесно-кустарниковых пород в связи с созданием санитарно – защитных насаждений //Бюл. Ботан. сада, 2023, Б. 71 - 76
7. Our World in Data. Urbanization. – <https://ourworldindata.org/urbanization>. -03.06.2025

References

1. Toleuova A.M. Urbanizaciya: aleumettik zhane ekonomikalyk aspektileri. Shymkent: Ontustik poligrafiya, 2021, 215 b.
2. Kalmyrzaev Zh.K. Urbanizaciya zhane tyrakty damu. Karagandy: Bolashak, 2021, 178 b.
3. Esenbekova A.T. Kala ekologiyasy zhane urbanizaciya yderisteri. Taraz: TarMU baspasy, 2022, 204 b.
4. Ospanova G.S. Ekologiya. 2-tom. Okulyk. Almaty: New book, 2021, 264b.
5. Gulyaeva E.N. Adaptaciya fotosinteticheskogo apparata rastenij k usloviyam primorskih territorii Belogo morya. Dissertaciya biol. gylym.kand. Petrozavodsk, 2022, 139b.
6. Tarasova Zh.G. Pylezaderzhivayushhaya sposobnost' list'ev drevesno-kustarnikovyx porod v svyazi s sozdaniem sanitarno – zashhitnyx nasazhdenij //Byul. Botan. sada, 2023, B. 71 - 76
7. Our World in Data. Urbanization. – <https://ourworldindata.org/urbanization>. -03.06.2025

Г.Т. Бозшатаева*, Г.К.Турабаева, А.Т.Байкенжеева

к.б.н., доцент, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
к.п.н., ст. преподаватель, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
к.б.н., доцент, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*Автор для корреспонденции: bozshataeva69@mail.ru

АДАПТАЦИЯ УРБАНОФЛОРЫ К ГОРОДСКИМ УСЛОВИЯМ

Аннотация

В статье рассматривается влияние растений на городскую среду и процессы их адаптации к условиям на основе исследований, проведенных в урбанофлоре города Шымкент. Большое значение в улучшении экологического состояния в городских условиях имеет урбанофлора. В городской урбанофлоре актуальной проблемой является определение и посадка устойчивых к ним видов растений, поглощающих канцерогенные вещества, пыль. Это связано с тем, что растения, особенно древовидные, выполняют функцию образования экоклимата, осадения веществ в воздухе. Влияние урбанофлоры на городскую среду определяется их ролью в очистке воздуха, регулировании температурного режима, защите почв, сохранении биоразнообразия. По результатам исследования были сделаны следующие выводы: адаптация к городской среде происходит за счет изменения структуры растений, количество устьиц сирени, растущих в относительно чистом районе составило - 162, а растущих вдоль автомагистрали – 95; урбанофлора влияет на температурный режим городской

среды, растения понижают температуру воздуха на 2-4 градуса; растения очищают воздух, поглощая пыль, установлено, что листья сирени из-за особенностей строения поглощает пыли больше, чем с вязом.

Ключевые слова: городская среда, урбанофлора, температурный режим, устьица, адаптация, сирень, вяз, растительность, пыльность, дендрофлора

G.T. Bozshatayeva*, **G.K. Turabayeva**, **A.T. Baikenzheyeva**

candidate of Biological Sciences, associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Kazakhstan

candidate of Pedagogical Sciences, senior lecturer, M. Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Kazakhstan

candidate of Biological Sciences, associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Kazakhstan

*Corresponding author's email: bozshataeva69@mail.ru

ADAPTATION OF URBANOFLOTA TO URBAN CONDITIONS

Abstract

The article examines the influence of plants on the urban environment and the processes of their adaptation to conditions based on research conducted in the urban flora of Shymkent. Urban flora is of great importance in improving the ecological condition in urban conditions. In urban urban flora, an urgent problem is the identification and planting of plant species resistant to them, absorbing carcinogens and dust. This is due to the fact that plants, especially tree-like ones, perform the function of forming an ecoclimate, depositing substances in the air. The influence of urban flora on the urban environment is determined by their role in air purification, temperature regulation, soil protection, and biodiversity conservation. According to the results of the study, the following conclusions were drawn: adaptation to the urban environment occurs due to changes in the structure of plants, the number of lilac stomata growing in a relatively clean area was 162, and growing along highway 95; urban flora affects the temperature regime of the urban environment, plants lower the air temperature by 2-4 degrees; Plants purify the air by absorbing dust, and it has been found that lilac leaves absorb more dust than elm trees due to their structural features.

Keywords: urban flora, urban environment, temperature regime, stomata, adaptation, lilac, elm, vegetation, dustiness, dendroflora.

М.А. Дюсебаева*

х.ғ.д, профессор, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*Корреспондент авторы: moldyr.dyusebaeva@kaznu.kz

СОЗАҚ КЕН ОРНЫНЫҢ АС ТҰЗЫН БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ ҚОСПАЛАРДАН ТАЗАРТУ ҮРДСІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ЛИТИЙДІ БӨЛУ

Түйін

Тұздың әлемдік өндірісі 2019 жылы 330 млн.тоннадан асып жаңа жетістікке жетті. Азия елдері 2019 жылы 160 млн.тоннадан астам көлемде ас тұзын пайдаланып, барлық өндірілетін натрий хлоридінің ең ірі тұтынушысы болып табылады. Бұл көрсеткіш аймақтық химиялық және өнеркәсіптік орындарға, сондай-ақ халық санына байланысты. Әлемдік хлор өндірісі 2018 жылғы 72,9 млн.тоннадан 2028 жылы 98 млн. тоннаға дейін немесе орташа есеппен 25,1 млн. тоннаға, жылына шамамен 3% - ға өседі деп болжануда. Сондықтан жоғары таза натрий хлоридіне деген әлемдік нарықтың қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін өндіріске одан әрі жаңа технологияларды енгізу және ас тұзын қоспалардан тазарту әдістерін зерттеу ұсынылады.

Қаныққан ас тұзы ерітінділерінің сулы - тұзды жүйелерінің фазалық тепе - теңдігі 100 - 108,5°C температурадағы *Ca* және *Mg* хлоридтері мен сульфаттарының қоспаларының қатысуымен зерттелді және натрий хлоридінің кристалдану аймақтары анықталды. *NaCl* тазарту және литийді бөлу әдістері жасалды.

Кілттік сөздер: ас тұзы, натрий хлориді, кальций сульфаты, магний сульфаты, кристалдау.

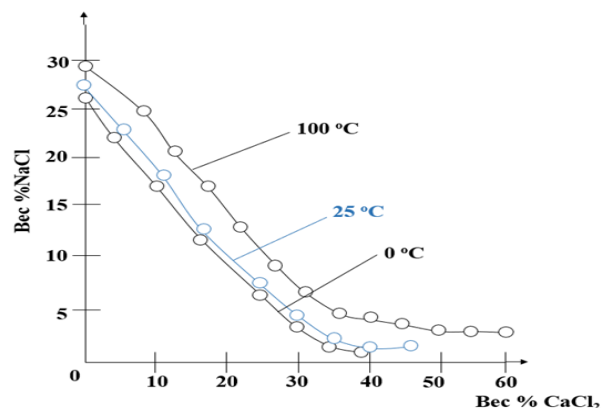
Кіріспе

Қазіргі уақытқа дейін натрий хлоридін тазалаудың түрлі тәсілдері зерттелді. Тұздықтардан ас тұзын алудың келесі тәсілдері әзірленді:

- 1) кальций хлоридімен тікелей құю арқылы;
- 2) $CaCl_2$ қатысуымен тұздың политермиялық қайта кристалдау.

Екі жағдайда да таза, ұсақ кристалды тұз алынады және ерітінділерді буландыру бойынша қымбат операция жойылады [1].

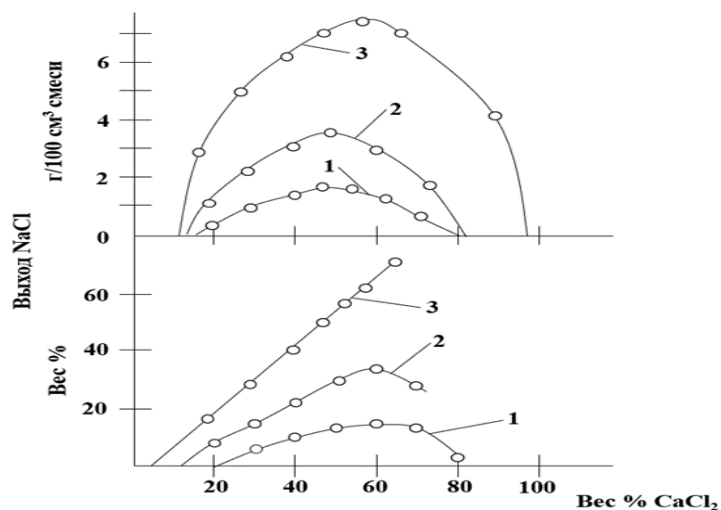
Аталған тәсілдердің теориялық негізі 1-суретте $CaCl_2$ ерітінділерінде *NaCl* ерігіштік диаграммасы болып табылады, одан *NaCl* абсолютті ерігіштігі азаяды, ал ерігіштіктің температуралық коэффициенті ерітіндіде $CaCl_2$ концентрациясы жоғарылаған кезде өседі.



Сурет 1 - $CaCl_2$ ерітіндісіндегі *NaCl* ерігіштігі.

NaCl шығысы толығымен 2-суретте көрсетілгендей аралас тұздықтардың

концентрациясы мен салыстырмалы мөлшеріне байланысты [2].



Сурет 2 - 25,36% NaCl (тұз = 26,29% кезінде) бар CaCl₂ ерітіндісі бар тұздықты ығыстырғанда NaCl шығысы 31,5% (1) 35% (2) және 40% (3)

Тазалықтың жоғары дәрежелі тұзы (99,9% NaCl және одан да көп) тұздың техникалық сорттарын және NaCl*2H₂O қайта кристалданумен, сондай-ақ тұзды тұз қышқылымен өңдеу кезінде дайындайды[3].

Кесте 1-Құрамында түрлі CaCl₂ бар NaCl ерітінділерінің қайнау температурасы кезінде қаныққан ерітіндіні 0°C дейін салқындатқандағы NaCl шығысы [4].

CaCl ₂ құрамы, г/100 г H ₂ O	NaCl ерігіштігі г/100 г H ₂ O		Қайнау температурасы, °C	C _t / C ₀	NaCl шығымы
	0°C, C ₀	T _{қай.} , C _t			
0	35,6	39,7	107,7	1,15	4,1
20	17,2	52,2	109,2	1,52	9,0
40	4,0	13,6	113	3,40	9,6
58	0,8	7,4	119	9,25	6,6

Материалдар мен әдістер

Құрамында 98,2% негізгі заты бар NaCl - "чда" маркалы дистилденген сумен экстрагироваланды және белгілі әдістеме бойынша кристалданды. NaCl ерітінділері тұндырады, центрофугалау, содан кейін булады. Барлық түскен NaCl кристалдары жатыр ерітіндісінен декантация арқылы бөлініп, вакуумда 100°C кезінде екі сағат бойы кептірілді. Алынған кристалды NaCl негізгі заттың 99% құрайды және жақсы қалыптасқан, жылтыр кристалдар болып табылады [5].

Кесте 2-NaCl ерігіштігі

Температура, °C	NaCl, %	Температура, °C	NaCl, %
21,2	24,42	60	27,07
0	26,28	80	27,55
20	26,39	100	28,15
40	26,68	180	30,99

Тұздықтардың химиялық құрамын анықтау белгілі әдістермен жүргізілді. Натрий мен калий жалынды фотометрия әдісімен, хлор - Фольгардт, кальций, магний және SO_4^{2-} - иондарды өлшеу әдісімен анықталды [6]. Ыстық әлсіз қышқылдан (рН = 4-6) сүзілген SO_4 тұздығы барий сульфаты түрінде $BaCl_2$ ерітіндісімен тұндырылған, жуылған, кептірілген және өлшенген. Кальций иондарын кальций карбонаты түрінде Na_2CO_3 ерітіндісімен шығарды. Магний күйдіргіш натриймен сілтілі (рН= 10 - 12) ерітіндіден $Mg(OH)_2$ түрінде тұнады [7].

Нәтижелер және талқылау

Талдау нәтижелері бастапқы тұздардағы кальций, магний және SO_4^{2-} - иондардың жоғары құрамын көрсетеді, ол химиялық таза ас тұзына ҚР МЕМСТ талаптарын қанағаттандырмайды және ауыр металдардың, барийдің, темірдің, калийдің, мышьяқтың және аммоний тұздарының жоқтығын көрсетеді.

Жұмыстың көптеген авторлары тұздың техникалық сорттарын және $NaCl \cdot 2H_2O$ қайта кристалдануын (99,9% және одан да көп тазалықты) алуды, сондай-ақ HCl тұзын өңдеу кезінде көрсетеді. Алынған $NaCl$ химиялық таза. Натрий хлоридінің жатық ерітіндісін бастапқы көлемнің жартысына дейін қайтадан буландырады, түскен кристалдарды бөліп, кептіреді, сұрыптайды [6, 8].

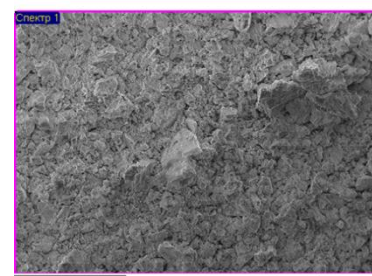
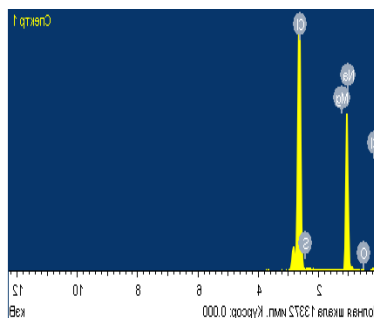
Жүргізілген талдау әдістемелері:

1. Барийлі-карбонатты
2. $NaCl$ жоғары деңгейде тазалықты алудың тұзқышқыл тәсілі
3. Натрий хлоридін алудың реактивсіз тәсілі
4. Жоғары дәрежелі таза натрий хлоридін алудың барий-сілтілі әдісі.

Кесте 3. Ас тұзын зерттеу нәтижелері

№	Еріту әдісі \ зерттелетін көрсеткіштер	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_3^{2-}	Fe_2O_3
1	2	3	4	5	6	7
1	$NaCl$ МЕСТ бойынша	59,44%	0,2%	0,32%	0,79%	0,01%
2	$NaCl$ қаныққан ерітіндіде кристалданған	59,59%	0,07%	0,11%	0,28%	0,014%
3	$NaCl$ қаныққан ерітінді + 1 мл $HCl + H_2O$ 100мл дейін	58,92%	0,04%	0,09%	0,20%	0,032%
4	$NaCl$ қаныққан ерітінді+ 5 мл $HCl + H_2O$ 100мл	58,66%	0,06%	0,15%	0,3%	0,067%
5	$NaCl$ қаныққан ерітінді+ 1,5 мл $HCl + H_2O$ до 100мл	58,45%	0,07%	0,15%	0,44%	0,023%
6	$NaCl$ қаныққан ерітінді +25 мл 1н $HCl + H_2O$ 100мл дейін	59,81%	0,08%	0,17%	0,54%	0,032%
7	$NaCl$ қаныққан ерітінді + 50мл 0,05н $HCl + H_2O$ 100мл дейін	58,07%	0,12%	0,22%	0,59%	0,04%
8	$NaCl$ қаныққан ерітінді+ 20мл 0,05н $HCl + H_2O$ 100мл	57,49%	0,06%	0,05%	0,24%	0,09%
9	$NaCl$ қаныққан ерітінді + 20мл $H_2O + 1мл 0,1нNaOH + 1мл 10\% Na_2CO_3 + H_2O$ 100мл	57,81%	0,06%	0,18%	0,44%	0,014%
10	$NaCl$ қаныққан ерітінді+ 20мл $H_2O + 0,5мл 0,1нNaOH + 2 тамшы 10\% Na_2CO_3 + H_2O$ 100мл дейін	60,32%	0,07%	0,13%	0,37%	0,016%

Элемент	Салм. %	Атомды, %
O	1.05	1.91
Na	36.91	46.90
Mg	0.21	0.25
S	0.00	0.00
Cl	61.72	50.85
Ca	0.11	0.08
Жалпы	100.00	



Сурет 3. Алынған ас тұзының химиялық құрамы

Қорытынды

Қорыта айтқанда бұл жұмыста Созақ кен орнының ас тұзының орташа химиялық құрамы және оны қоспалардан тазарту әдістері зерттелді. Жоғары температура кезінде натрий хлоридінің қатысуымен әдебиетте және зерттелген жүйелерді кальций магний, натрий сульфаттары мен хлоридтерінің қатысуымен талдау қаныққан тұздықтарды ыстық сүзу кезінде натрий хлоридін тазартудың принципті мүмкіндігін көрсетеді, CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4 , KCl . Алайда, натрий хлоридін 2-3 қайта кристалдау кезінде жүргізілген көптеген тәжірибелер ерітіндіден сульфат-иондарды толық алып тастамауын және нәтижесінде олардың мақсатты өнімде химиялық таза ас тұзына қойылатын талаптарды қанағаттандырмайтын мөлшерде болуын көрсетеді. Әдеби деректер және натрий хлоридінің қатысуымен зерттелген сулы-тұз жүйелері негізінде техникалық ас тұзын терең тазартудың үш тәсілі әзірленді: барий-карбонатты, тұзды - қышқылды және барий-сілтілі. Алынған өнімдердің шығуы 75%-дан 91,5% - ға дейін құрайды және өнімнің құрамында 99,5- 99,91% дейін негізгі зат бар. Тазартылған тұздың құрамындағы 72-78 мг/кг литий хлоридін экстракция жасау арқылы бөліп алуға болады. Экстракция процессі кезінде литий хлоридінің экстрактқа өту дәрежесі 98,9-99,8% құрайды және ол қосымша өнім болып саналады. Алынған литий концентратынан литий тұздары алынады.

Әдебиеттер тізімі

1. Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Стоев Н.Д., Производства соды. М.: Химия, 1986, 312 с.
2. Bertrain В.М. Salt. Mining Eng., 2010, Vol. 42, No. 6, P. 572-574.
3. Способ очистки натрия хлорида. Заявка 2012117705/05. РФ, ФГУП. Опубликовано: 2013.10.20
4. Способ получения поваренной соли. Заявка 93008171/26. РФ, АО «Уралкалий» Опубликовано: 2006.03.20
5. Способ получения хлорида натрия. Заявка 2011121143/05. Нидерланды, АКЦО Нобель Н.В. Опубликовано: 2014.01.20
6. Способ извлечения натрия из рассолов. Заявка 2231506. Великобритания, МКИ В 01 39/02. Опубл. 21.11.10 г.
7. Шихеева Л.В., Нечепуренко В.Я., Макарова Л.В., Данилов Н.П. Способ выделения сульфата натрия из сульфат-хлоридных растворов. М.: Академия, 2009, 127 с.
8. Chirico Antony N. Process for recovery of chemicals from saline water. Pat. USA. No. 854811 опубл. 25.12.09.

References

1. Zajcev I.D., Tkach G.A., Stoev N.D., Proizvodstva sody. M.: Himiya, 1986, 312 s.
2. Bertrain B.M. Salt. Mining Eng., 2010, Vol. 42, No. 6, P. 572-574.
3. Sposob ochistki natriya hlorida. Zayavka 2012117705/05. R\F, FGUP. Opublikovano: 2013.10.20
4. Sposob polucheniya povarennoj soli. Zayavka 93008171/26. R\F, AO «Uralkalij» Opublikovano: 2006.03.20
5. Sposob polucheniya hlorida natriya. Zayavka 201121143/05. Niderlandy, AKCO Nobel' N.V. Opublikovano: 2014.01.20
6. Sposob izvlecheniya natriya iz rassolov. Zayavka 2231506. Velikobritaniya, MKI V 01 39/02. Opubl. 21.11.10 g.
7. SHiheeva L.V., Nechepurenko V.YA., Makarova L.V., Danilov N.P. Sposob vydeleniya sul'fata natriya iz sul'fat-hloridnyh rastvorov. M.: Akademiya, 2009, 127 s.
8. Chirico Antony N. Process for recovery of chemicals from saline water. Pat. USA. No. 854811 opubl. 25.12.09.

М.А. Дюсебаева*

д.х.н, профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
*Корреспондент авторы: moldyr.dyusebaeva@kaznu.kz

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ СОЗАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОТ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ И ВЫДЕЛЕНИЕ ЛИТИЯ

Аннотация

Мировое производство соли достигло нового рекорда более 330 млн. тонн в 2019 году. Азия является самым крупным потребителем хлорида натрия из всех регионов, в объеме более 160 млн. тонн в 2019 году. Обусловлен этот факт региональными химическими и промышленными секторами, а также численностью населения. Прогнозируется, что мировое производство хлора вырастет с 72,9 млн. тонн в 2018 году до 98 млн. тонн в 2028 году или же в среднем на 25,1 млн. тонн, около 3% в год. Поэтому целесообразно исследование способов очистки поваренной соли для дальнейшего введения в производство чтобы удовлетворить потребности мирового рынка в высокочистом хлориде натрия.

Изучены фазовые равновесия водно- солевых систем растворов насыщенной пищевой соли, в присутствии примесей хлоридов - и сульфатов Са и Mg при температурах 100 - 108,5°C и найдены области кристаллизации хлорида натрия. Разработаны методы очистки NaCl и разделения лития.

Ключевые слова: поваренная соль, хлорид натрия, сульфат кальция, сульфат магния, кристаллизация.

М.А. Dyusebaeva*

doctor of Chemical Sciences, Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
*Corresponding author's email: moldyr.dyusebaeva@kaznu.kz

INVESTIGATION OF THE PURIFICATION PROCESS OF THE SALT OF THE SOZAK DEPOSIT FROM INORGANIC IMPURITIES AND THE RELEASE OF LITHIUM

Abstract

Global salt production reached a new record of more than 330 million tons in 2019. Asia is the largest consumer of sodium chloride of all regions, with more than 160 million tons in 2019. This is due to the regional chemical and industrial sectors, as well as the size of the population. Global chlorine production is projected to grow from 72.9 million tons in 2018 to 98 million tons in 2028, or an average of 25.1 million tons, about 3% per year. Therefore, it is advisable to study methods for cleaning table salt for further introduction into

production to meet the needs of the world market in high-purity sodium chloride.

Phase equilibria of water-salt systems of solutions of saturated food salt in the presence of impurities of chlorides and sulphates of Ca and Mg at temperatures of 100-108.5°C were studied and areas of crystallization of sodium chloride were found. Methods for cleaning NaCl have been developed and lithium separation.

Keywords: table salt, sodium chloride, calcium sulfate, magnesium sulfate, crystallization.

Р.А. Козыкеева*

т.ғ.к., доцент, Ө. Жәнибеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, Шымкент,
Қазақстан

*Корреспондент авторы: kozykееva@bk.ru

ҚАҚТАЛҒАН СОДА ӨНДІРІСІНІҢ ДИСТИЛЛЕР СҰЙЫҚТЫҒЫ ЖАРТЫ ГИДРАТТЫ КАЛЬЦИЙ СУЛЬФАТЫН АЛУ ПРОЦЕССИН ЗЕРТТЕУ

Түйін

Қақталған сода өндірісінде үлкен мөлшерде дистиллер сұйықтығы бөлінеді және ол толығымен қайта өңделмейді. Ол өндіріс қалдығы ретінде қалдықтар қоймасында жиналуда. Мұндай қалдықты жан жақты өңдеу толық жолға қойылмаған, сондықтан оның тиімді өңдеу жолдарын зерттеп қарастыру қажет. Дистиллер сұйықтығының құрамындағы кальций хлориді мен натрий сульфатының әрекеттесу реакциясының термодинамикалық көрсеткіштері температур 0-100°C (273-373K) аралығында есептеліп реакциялардың ΔG_r^0 мәні теріс санға тең және ол кальций хлориді мен натрий сульфатының әрекеттесіп NaCl , $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MgSO_4 және NaOH түзілу мүмкіндігін көрсетеді. Температура өскен сайын реакцияның жүру мүмкіндігі төмендейді, өйткені ΔG_r^0 теріс мәні азаяды. Зерттеу нәтижесінде тұнбаның негізгі құрамында CaO және SO_4^{2-} кальций сульфаты $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ қосылысы түрінде болатындығы зерттеліп анықталды. Кальций хлоридінің натрий сульфатымен әрекеттесіп температура 95°C ыдырау дәрежесі 96,4% құрады. Тұнбаның құрамындағы $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ түзілуі РФА және РЕМ арқылы талдау жасалып дәлелденді.

Кілттік сөздер: қақталған сода, дистиллер сұйықтығы, гипс, жартыгидратты кальций сульфаты.

Кіріспе

Қақталған сода Қазақстанда шығарылмайды және тапшы өнім болып табылады және де халық шаруашылығының көптеген салаларында қолданылады. Химиялық өндірістерге қолданылатын қақталған сода Қазақстан Республикасында жылына 700 мың тоннаны құрайды, ал Орталық Азия Республикаларын есептегенде бұл қолдану саны 2-3 есеге артады. Қақталған сода өндірісін ұйымдастыру үшін Оңтүстік аймақта үлкен табиғи шикізат қорлары – натрий хлоридінің, натрий сульфатының, әк тасының және Ақтау қаласында аммиак өндірісі қойылған. Осыған орай оңтүстік аймақта қақталған сода өндірісін ұйымдастыру қолға алынуда [1, 2].

Қақталған сода өндіретін аммиакты әдістің де үлкен көлемде қолданылғанымен оның да айтарлықтай кемшіліктері де бар: 1 тонна содадан 10 м³ заласыздандырылмайтын хлоридті сұйықтықтар, құрамында кальций карбонаты, кальций және натрий хлоридті шлам түзіледі.

Материалдар мен әдістер

Теориялық талдау

Қазіргі уақытта қақталған сода өндірістері жұмыс істеп тұрған Қытай, Индия, Польша, Украина и Ресей жатады және онда жалпы мөлшері 1,0 млрд. тонн қатты кальций- и карбонат құрамды қалдық жиналған. Жыл сайын оның құрамы 1,0-1,5 млн. тоннаға ұлғайуда және ол қошаған ортаны, өзендер мен көлдерді, егістік алқаптарды ластауда. Мұндай мәселелер дүние жүзі бойынша сода зауыттарында байқалады [1].

Экологиялық және қаржылық есептеулер қалдықты қайта өңдеуде айтарлықтай келесі жетістіктер бар екенін көрсетті:

- өзендерге құйылатын дистиллер сұйықтығының мөлшерін қысқарту (1% азайту, немесе 42 x 10³ м³ жылына);
- Бұл тұнбаға түскен тұздарды тұз өндіру өнеркәсіптерінде қолдануға әсер етеді;
- тұз қышқылын тұтынуды 2,1% азайтады (NaCl қайтаруды 26,8 x 10⁹ г/ ж).

- Пайдалы кіріс жылына 135 000 евроны құрайды. Жалпы тікелей келетін пайда жылына 363 000 евроны құрайды.

Көптеген әлемнің дамыған елдерінде қақталған соданы Сольве әдісімен алады [1]. Қақталған соданы үлкен мөлшерде химиялық, металлургиялық, мұнай химиялық, шыны және жуғыш құралдар салаларында қолданады. Химиялық өндірістерде орто, полифосфаттар және натрий гидроксиді өндіретін салаларда айтарлықтай мөлшерде соданы қолданады. 1991жылдың мәліметтері бойынша ТМД және шетелдерде 70 – тен астам сода өндіретін зауыттар бар, олардың негізгілері әлемнің 34 елдерінде орналасқан [2,3]. Осылармен қатар зауыттардың маңайындағы территорияларға 2800 млн. тоннадан астам құрамында хлор ионы бар қалдықтар жиналған. Тек қана Ресейдің өзінде 40 млн.тоннадан астам құрамында кальций және карбонат иондары бар қатты қалдықтар жиналған және жыл сайын 28 – 30млн. м³ құрамында хлор ионы бар қалдықтар түзіледі, осының барлығы қоршаған ортаны айтарлықтай ластауда.

Бірақта бұл әдіс те кейбір кемшіліктерімен сипатталады: натрийдің қолданылуы 2/3, ал хлор және кальцийді іс жүзінде қоданбайды. Осыдан барып 1 тонна сода алғанда шығарылатын 10м³ ағын сулары, ал ағынның құрамы: 10-14% CaCl₂, 5-7% NaCl және т.б. зиянды қоспалардан тұрады, және де залалсыздандыруды қажет етеді; энергияның шығыны айтарлықтай (эк тасын күйдіруге кеткен); капиталдың көп шығыны (қондырғылардың ірілігі).

Польша ғалымдары лабораториялық жағдайда таза реагенттерден 25% күкірт қышқылын және натрий сульфатын пайдалана отырып дистиллерлі шлам өндеу мүмкіндігін зерттеді. Ертінді ортасының рН 11-ден 3-ке азайта отырып және ақырын араластырып 250 мкм кристаллды өлшемдегі гипс алды. Дегенмен хлор иондарын 0,1% NaCl дейін шаюға тонна гипске 11,4 тонн су шығындалады, ал 0,01% NaCl құрамды 1,0 тонна гипске 22,9 тонна су қажет, сонымен қатар натрий сульфатының және күкір қышқылының қымбат реагенттері қолданылады[4].

Дистиллерлі сұйықтықты утилизациялау сұрақтары бойынша тағы да басқа жұмыстар көптеп келтірілген [5-8]. Бұл жұмыстарда экономикалық пайдадан басқа, экологиялық артықшылықтардың бар екені байқалады.

Қытай ғалымдары Yanmin Shen и Tiangui Wang [9] натрий сульфаты тұзын пайдаланып дистеллерлі сұйықтықтың моделдік құрамынан натрий хлориді ертіндісін алуды зерттеді және 45-75°C температура аралығында 90%-ға Ca²⁺ ионының шөгуі жүрген стехиометриялық санында 20 мин. аралықта натрий сульфатын бөлек қосқан кезде үрдістің ұзақтығы 50 мин, ал натрий сульфатының артық мөлшері Ca²⁺ ионының тұнбаға түсуін баяулатады. Дегенмен, осы мақалада гипстің сүзу жылдамдығын, Қ:С қатынасының әсері, алынған натрий хлориді ертіндісінің құрамы зерттелмеген.

Жүргізілген қысқаша аналитикалық шолу әлемде табиғи натрий сульфатын пайдану арқылы дистиллерлі сұйықтықты қайта өндеу технологиясының жоқ екендігін көрсетті.

Тәжірибелік бөлім.

Кальций хлориді мен натрий сульфатының әрекеттесуі нәтижесінде бірнеше реакция жүруі мүмкін. Бастапқыда натрий сульфатымен кальций хлориді әрекеттесіп келесі (1) реакция бойынша жүреді. Бұл реакцияның жүру мүмкіндігін Гиббс энергиясын (ΔG_T^0) температура 0-100°C (273-373K) есептеуді арнайы Outokumpu компаниясы жасаған программа HSC-51комплексі, программа Reaction Equations пайдаланып қосылыстардың мәні ΔH_T^0 және S_T^0 арқылы есептейді [10].

Қосылыстардың термодинамикалық есептеулері Гиббс энергиясының (ΔG_T^0) температураға (t) қатысты реакциялардың мәндері кесте 1 көрсетілген.

Кесте 1 – Гиббс (ΔG_T^0) энергиясының температураға тәуелділігі

1. $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCl}_2 + 0,5\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaCl} + \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$					
T, °C	ΔH_T^0 , кДж	ΔS^0 , Дж/К	ΔG_T^0 , кДж	K	LogK
0	-76,251	-9,703	-73,6	1,19E+14	14,076
10	-88,937	-56,102	-73,051	3,00E+13	13,477
20	-89,595	-58,388	-72,479	8,23E+12	12,916
30	-90,238	-60,546	-71,884	2,44E+12	12,387
40	-90,866	-62,582	-71,268	7,74E+11	11,889
50	-91,478	-64,505	-70,633	2,62E+11	11,418
60	-92,074	-66,323	-69,978	9,39E+10	10,973
70	-92,655	-68,041	-69,306	3,56E+10	10,551
80	-93,221	-69,667	-68,618	1,41E+10	10,15
90	-93,772	-71,206	-67,913	5,88E+09	9,769
100	-94,309	-72,666	-67,194	2,55E+09	9,407
2. $\text{CaCl}_2 + \text{MgCl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{\text{TB}} + \text{MgSO}_4 + 4\text{NaCl} + 2\text{NaOH}$					
T, °C	ΔH_T^0 , кДж	ΔS^0 , Дж/К	ΔG_T^0 , кДж	K	Log(K)
0	-70,213	-13,252	-66,593	5,44E+12	12,736
10	-95,578	-106,027	-65,556	1,24E+12	12,095
20	-96,886	-110,567	-64,473	3,08E+11	11,489
30	-98,159	-114,838	-63,346	8,24E+10	10,916
40	-99,394	-118,845	-62,177	2,36E+10	10,372
50	-100,595	-122,622	-60,97	7,18E+09	9,856
60	-101,766	-126,19	-59,725	2,32E+09	9,365
70	-102,908	-129,57	-58,446	7,90E+08	8,898
80	-104,026	-132,78	-57,135	2,83E+08	8,452
90	-105,12	-135,834	-55,791	1,06E+08	8,026
100	-106,192	-138,747	-54,418	4,15E+07	7,618

Кесте көрсетілгендей температур 0-100°C (273-373K) аралығында реакция 1 және 2 ΔG_T^0 мәні теріс санға тең және ол кальций хлориді мен натрий сульфатының әрекеттесіп NaCl, $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MgSO_4 және NaOH түзілу мүмкіндігін көрсетеді.

Температура өскен сайын реакцияның жүру мүмкіндігі төмендейді, өйткені ΔG_T^0 теріс мәні азаяды. Алынған термодинамикалық мәліметтер тәжірибе жүргізуде қолданылып ескерілді.

Зерттеуге табиғи натрий сульфаты және дистиллер сұйықтығы қолданылды. Шикізаттың минералды құрамы: Na_2SO_4 - 92,95%; CaSO_4 – 3,2%; $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - 0,57%; Fe_2O_3 - 0,09%; Al_2O_3 - 0,40%; е.з. - 1,42%; ылғал - 0,56%.

Тәжірибеде зерттеуге 200 г дистиллер сұйықтығы; натрий сульфатының шығыны 84÷100% стехиометрия бойынша. Процесте ыдыртау уақыты 15 ÷ 60 минут, процестің температурасы 70-95°C құрайды.

Нәтижелер мен талқылау.

Зерттеу нәтижелері келесі 2 және 3 кестеде көрсетілген. 2 кестеде көрсетілгендей температура 70°C ден 95°C жоғарылағанда ерітіндідегі Ca^{2+} ионы өзгеріссіз 0,13-0,16% аралығында болады, ал қоспа заттар Fe^{3+} және Al^{3+} 0,001-0,003% аралығында болып ыдырау дәрежесіне әсер етпейді. Қалған қоспалар Ca, Mg, Fe, Al және е.з. кальций сульфатымен бірге тұнбаға түседі.

Кесте 2 – Температураның кальций хлоридінің ыдырау процессіне әсері

№	Температура °C	Сұйықтық құрамы, масс.%							Ыдырау дәрежесі, %
		Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Na^+	Cl^-	Fe^{3+}	Al^{3+}	
1	70	0,157	0,71	0,002	6,97	9,57	0,002	0,003	97,0
2	80	0,132	1,02	0,001	8,41	9,39	0,002	0,002	94,6
3	90	0,158	0,79	0,001	5,93	7,39	0,001	0,001	96,4
4	95	0,161	0,12	-	7,36	10,1	0,001	0,001	93,6

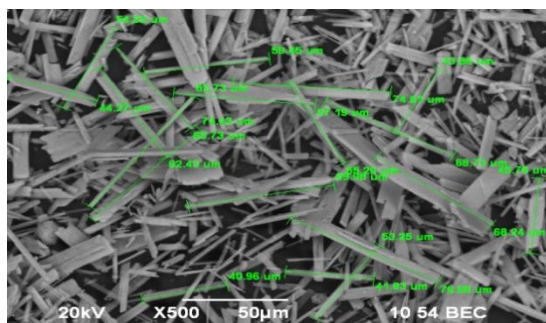
Кесте 3 температура 70-95°C және процестің уақыты 45 минутта алынған тұнбаның құрамы көрсетілген.

Кесте 3 – Тұнбадағы кальций сульфатының құрамы

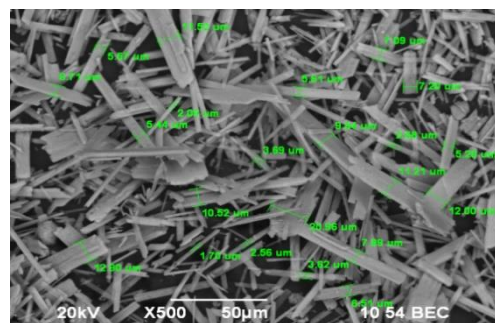
№	Температура, °C	Тұнбаның құрамы, масс.%								Ыдырау дәрежесі, %
		CaO	SO_4^{2-}	MgO	Na_2O	Cl	CO_2	Fe_2O_3	H_2O	
1	90	35,18	61,19	0,14	0,54	0,17	1,04	0,62	0,37	96,4
2	95	37,04	58,94	0,14	0,62	0,24	1,04	0,76	0,24	93,6
3	100	36,76	59,02	0,13	0,82	0,31	1,04	0,75	0,22	92,6

Кесте 3 көрсетілгендей тұнбаның негізгі құрамында CaO және SO_4^{2-} кальций сульфаты қосылысы түрінде болады. Сонымен қатар тұнбада аздаған мөлшерде қоспа заттар MgO 0,13÷0,14%, Fe_2O_3 0,61÷0,76%, Al_2O_3 0,71÷0,89%, SiO_2 0,08÷0,09% кездеседі. Температура 95°C кальций хлоридінің ыдырау дәрежесі 96,4% құрады. Зерттелген температура 90-95°C аралығында жарты гидратты кальций сульфаты түзілетін температур 95°C болып саналады.

Кальций сульфатының кристаллы және оның өлшемдері РЭМ түсірілген микрофотографияда көрсетілген (сурет 1,2). Кристалды орташа өлшемі және меншікті беті сканерлі фотоседиментограф ФСХ-6 жабдығында жүргізілді.

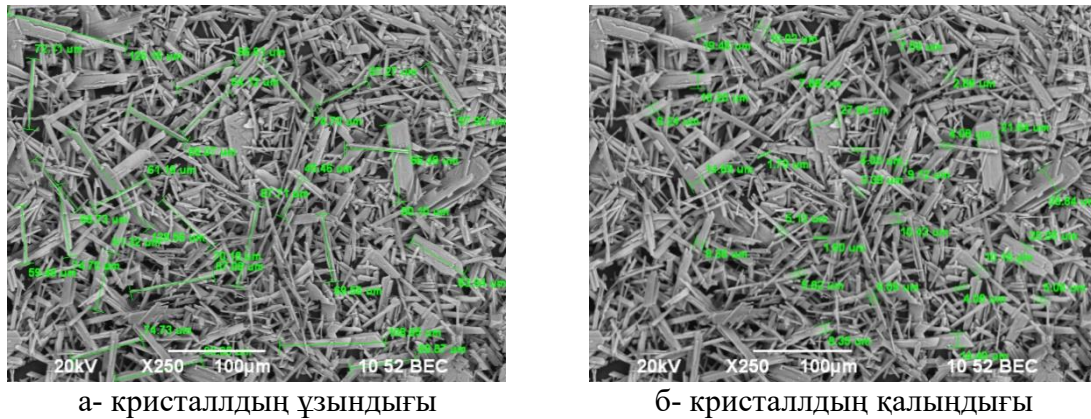


а- кристаллдың ұзындығы



б- кристаллдың қалыңдығы

Сурет 1 – Температура 90°C алынған жарты гидратты кальций сульфатының микрофотографиясы



а- кристаллдың ұзындығы

б- кристаллдың қалыңдығы

Сурет 2 - Температура 95°C алынған қосгидратты кальций сульфатының микрофотографиясы

Сурет 2 және 3, көрсетілгендей кальций сульфаты температура 90°C және 95°C негізінен ұзартылған призма түрінде кристаллға түседі және кристалдың көпшілігі жарты гидратты ине тәрізді кристалл түрінде призма алаңында орналасқан кальций сульфатына жатады. Тұнбада тек қана гипстен басқа жарты гидраттың түзілуі байқалады. Температура 95°C түзілген кристалдың өлшемі аздап үлкендеу келеді және оның орташа шеңбері 49,6 мкм құрайды және кристалдары жіңішке келеді.

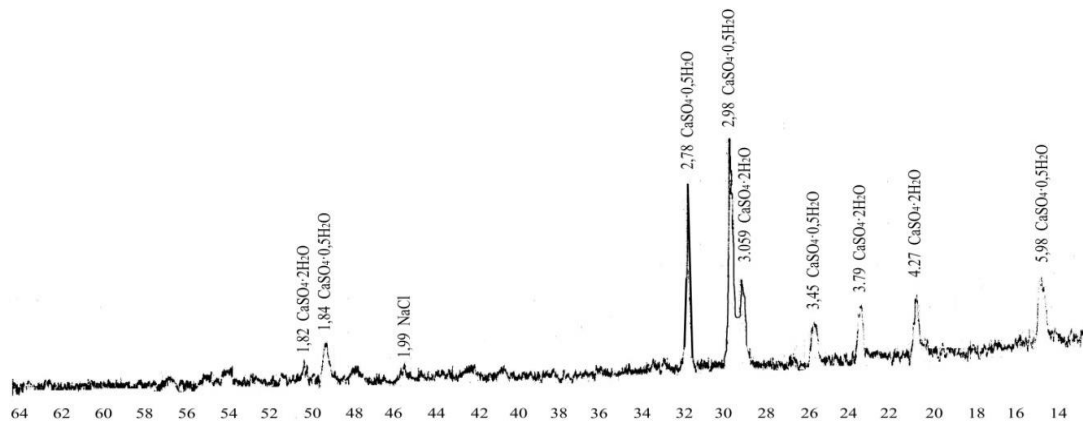
Тәжірибе нәтижесінде алынған көрсеткіштер бойынша түзілген тұнба кальций сульфатын ДТА, РФА и ИК-спектроскопиялық талдау әдістерімен зерттеулер жүргізілді (сурет 3, 4).

Температура 90°C алынған тұнбада (сурет 3), эндотермиялық эффект 146-170°C, гипстің дегидратациясына сәйкес келеді. ДТА талдауы бойынша температура 95°C алынған тұнбаның дифференциальды сызығында (сурет 3), анық эндотермиялық эффект 160-180°C байқалып $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ дегидратациясына сәйкес келеді, өйткені жартыгидратты кальций сульфатының сусызданып ангидритке өткенін көрсетеді. Сонымен суреттер 3 көрсетілген дериватограмма температура 95°C жарты гидратты кальций сульфатының түзілгенін дәлелдейді.



Сурет 3 - Температура 95°C алынған гипс- $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ДТА талдауы

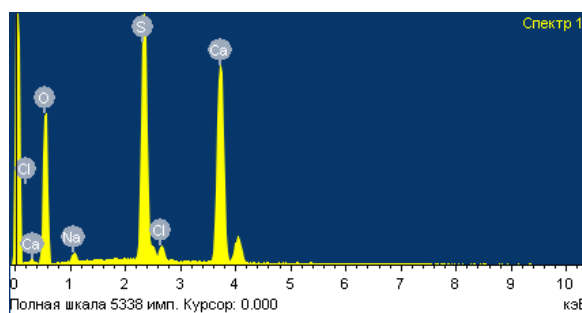
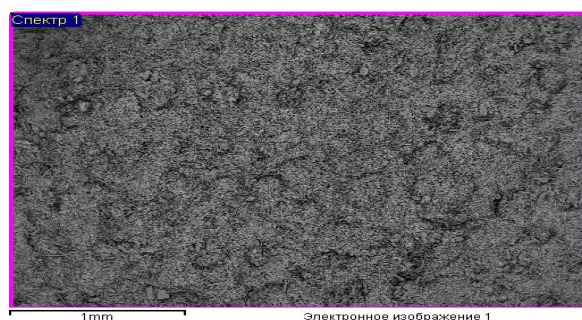
Келесі 4 суретте тұнбаның дифрактограммасы құрамында кристаллогидрат $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ қатысты дифракциялы максимум $d=1,82, 3,05, 3,79, 4,27 \text{ \AA}$ және $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ қатысты дифракциялы максимум $d=1,84, 2,78, 2,98, 3,45, 5,98 \text{ \AA}$ сәйкес байқалады, сондай ақ NaCl дифракциялы максимум $d=1,99 \text{ \AA}$ сәйкес келеді.



Сурет4 - Температура 95°C алынған жартыгидратты гипстің дифрактограммасы

Сумен шайылған кальций сульфаты $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ кристалының ұзындығы 41,15 - 70,42 мкм және қалыңдығы 1,70 - 20,88 мкм құрайды. Тұнбаның элементті құрамы суретте 5 көрсетілген.

Элемент	Салмағы %	Атомды %	Қосылыс, %
O	56.48	74.48	
Na	0.12	0.16	
S	18.61	12.25	
Cl	0.09	0.05	NaCl-0,14
Ca	24.44	12.87	CaSO ₄ ·0,5 H ₂ O-87,92



Сурет 5 - Температура 90°C сумен шайылған жартыгидратты гипстің элементті құрамы

Сумен жуылып шайылған тұнбаның құрамында NaCl-0,14% және 87,92% $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ бар екендігі анықталды.

Нәтижесінде шайылған жартыгидратты кальций сульфатының құрамында $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ және $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ кездесетіндігі анықталды. Сондықтан толық жарты гидратты гипсті алу үшін қоспа жарты және қосгидратты кальций сульфатын температура 140-160°C қақтау қажет.

Қорытынды

Дистиллер сұйықтығының құрамындағы кальций хлориді мен натрий сульфатының әрекеттесу реакциясының термодинамикалық көрсеткіштері температур 0-100°C (273-373K)

аралығында есептеліп реакциялардың ΔG_T^0 мәні теріс санға тең және ол кальций хлориді мен натрий сульфатының әрекеттесіп NaCl , $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MgSO_4 және NaOH түзілу мүмкіндігін көрсетті. Температура өскен сайын реакцияның жүру мүмкіндігі төмендейді, өйткені ΔG_T^0 теріс мәні азаяды.

Зерттеу нәтижесінде тұнбаның негізгі құрамында CaO және SO_4^{2-} кальций сульфаты $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ қосылысы түрінде болатындығы зерттеліп анықталды. Кальций хлоридінің натрий сульфатымен әрекеттесіп температура 95°C сыдырау дәрежесі $96,4\%$ құрады. Тұнбаның құрамындағы $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ түзілуі РФА және РЕМ арқылы талдау жасалып дәлелденді.

Әдебиеттер тізімі

1. Крашенинников С.А. Технология соды М.: Химия, 2001, 304с.
2. Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Стоев Н.Д. Производство соды. Переизд. М.: Химия, 2003, 312с.
3. Исарев Л.А. Содовая промышленность за рубежом // Обзорная информация, серия «Содовая промышленность», М. НИИТЭХИМ, 2014, С. 25-28.
4. Kasikowski T., Buczkowski R., Cichosz M. Utilization of synthetic soda-ash industry by products // Int. J. Production Economics, 2008, no. 112, pp. 971-984.
5. Kasikowski T., Buczkowski R., Cichosz M., Lemanowska E. Combined distiller waste utilization and combustion gases desulphurization metod // Resources, Conservation and Reccycling, 2007, 51, pp. 665-690.
6. Туктарова М.Р., Опарина Ф.Р., Исламутдинова А.А. Утилизация дистиллерной жидкости с получением волластонита. /Сборник материалов 63-ей научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: Кн.2. Уфа: УГНТУ, 2012, С.370-372.
7. Насыров Р.Р., Дамиев Р.Р. Метод переработки основного отхода производства кальцинированной соды № // Башкирский химический журнал, 2008. Том 15.3, pp. 95-100.
8. Yanmin Shen, Tiangui Wang. NaCl Brine Preparation from Distiller Waste and Na_2SO_4 // Advanced Materials Research, 2011, Vols. 233-235, pp. 897-902.
9. ROINE., Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium software with Extensive Thermochemical Database, Pori: Outokumpu Research OY, 2012, pp. 433-435.

References

1. Krasheninnikov S.A. Tekhnologiya sody M.: Himiya, 2001, 304s.
2. Zajcev I.D., Tkach G.A., Stoev N.D. Proizvodstvo sody. Pereizd. M.: Himiya, 2003, 312s.
3. Isarev L.A. Sodovaya promyshlennost' za rubezhom // Obzornaya informaciya, seriya «Sodovaya promyshlennost'», M. NIITEKHIM, 2014, С. 25-28.
4. Kasikowski T., Buczkowski R., Cichosz M. Utilization of synthetic soda-ash industry by-products. // Int. J. Production Economics, 2008, no. 112, pp. 971-984.
5. Kasikowski T., Buczkowski R., Cichosz M., Lemanowska E. Combined distiller waste utilization and combustion gases desulphurization metod // Resources, Conservation and Reccycling, 2007, 51, pp. 665-690.
6. Tuktarova M.R., Oparina F.R., Islamutdinova A.A. Utilizaciya distillernoj zhidkosti s polucheniem vollastonita. /Sbornik materialov 63-ej nauchno-tekhnicheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh: Kn.2. Ufa: UGNTU, 2012, С.370-372.
7. Nasyrov R.R., Damiev R.R. Metod pererabotki osnovnogo othoda proizvodstva kal'cinirovannoj sody № // Bashkirskij himicheskij zhurnal, 2008. Tom 15.3, pp. 95-100.
8. Yanmin Shen, Tiangui Wang. NaCl Brine Preparation from Distiller Waste and Na_2SO_4 // Advanced Materials Research, 2011, Vols. 233-235, pp. 897-902.
9. ROINE., Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium software with Extensive Thermochemical Database, Pori: Outokumpu Research OY, 2012, pp. 433-435.

Р.А. Козыкеева*

к.т.н., доцент, ЮКПУ имени У. Жанибекова, Шымкент, Казахстан

*Автор для корреспонденции: kozykееva@bk.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУВИДРАТНОГО СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ЖИДКОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ

Аннотация

Дистиллерная жидкость производства кальцинированной соды выделяется в большом количестве и полностью повторно не перерабатываются. Ею направляют и складывают накопитель отходов. Комплексная переработка таких отходов до сих пор не решена, поэтому необходимо исследовать и разработать эффективные методы переработки. Термодинамическое взаимодействие хлорида кальция дистиллерной жидкости с сульфатом натрия и (ΔG_r^0) реакции рассчитаны в интервале температур 0-100°C (273-373K), и имеет отрицательные значения, что свидетельствует о возможности протекания реакции взаимодействия хлорида кальция с сульфатом натрия с образованием NaCl, CaSO₄·0,5H₂O, CaSO₄·2H₂O, MgSO₄ и NaOH. С увеличением температуры термодинамическая вероятность образования CaSO₄·2H₂O уменьшается ввиду уменьшения отрицательного значения ΔG_r^0 . В процессе исследования определены основное содержание осадка, которая состоит из CaO и SO₄²⁻. Взаимодействие хлорида кальция с сульфатом натрия протекает при температуре 95°C и степень разложения составляет 96,4%. Содержание в осадке CaSO₄·0,5H₂O подтверждены методом РФА и РЭМ.

Ключевые слова: кальцинированная сода, дистилляционная жидкость, гипс, сульфат кальция полувидратный

R.A. Kozykeyeva*

Cand.Tech.Sci., Associate Professor, U. Zhanibekov South Kazakhstan Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan

*Corresponding author's email: kozykееva@bk.ru

STUDY OF THE PROCESS OF OBTAINING HALF-HYDRATE CALCIUM SULFATE FROM A DISTILLER LIQUID FOR THE PRODUCTION OF SODA ASH

Abstract

Distiller liquid of soda ash production is released in large quantities and is not completely re-processed. It is directed and stored by the waste storage. Complex processing of such waste has not yet been solved, so it is necessary to study and develop effective methods of processing. Thermodynamic interaction of calcium chloride distillation liquid with sodium sulfate and (ΔG_r^0) reaction calculated in the temperature range 0-100 °C (273-373K), and has negative values, which indicates the possibility of the reaction of interaction of calcium chloride with the sodium sulfate with the formation of NaCl, CaSO₄·0,5H₂O, CaSO₄·2H₂O, MgSO₄, and NaOH. With increasing temperature the thermodynamic probability of formation of CaSO₄·2H₂O is reduced due to the decrease of negative values ΔG_r^0 . During the study, the main content of the sediment, which consists of CaO and SO₄²⁻, was determined. The interaction of calcium chloride with sodium sulfate proceeds at a temperature of 95 °C and the degree of decomposition is 96.4%. The contents in the sediment of CaSO₄·0,5H₂O confirmed by XRD and SEM.

Keywords: smoked soda, distiller liquid, gypsum, semihydrate calcium sulfate

А.О. Сеитманбетова*, **А. Қалдыбаева**
аға оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
*Корреспондент авторы: seitmanbetova.aiman@mail.ru

ЕРМЕН ӨСІМДІГІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ФАРМАКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІ

Түйін

Ащы ермен (ащы ермен лат. *Artemisia absinthium*)- күрделі гүлділер тұқымдасына жататын, ермен туысына жататын көп жылдық тамырсабақты шөптектес өсімдік. Қазақстанда ермен туысының 84 түрі өседі. Қазақ гүл бапкерлері киелі ермен гүлін күрделі гүлдер тұқымдасына жатқызады. Көпжылдық шөптектес өсімдік деп біледі.

Киелі ермен гүлінің биіктігі 20-45 сантиметр шамасында келеді. жер астындағы тамыр сабағы, көген тамыры көлденең өседі, ағаш тектес болып өзгереді. Тамыры топырақ түсті, иісі жағымды. Сабағындағы сансыз бұтақтары көлбей көтеріле өседі. Жалғыз сабақты болады. Қызыл күрең не жасыл түсті келіп, сыртында ақ түсті мақта тәріздес түктері болады. жапырақтары кезектесіп не қарама-қарсы орналасады, төңкерілген жұмыртқа формалы, қауырсын айырықты. Кішкентай жапырақтары таспа тәрізді, қандауыр формалы, сағақсыз. Қысқа бұтақтары сабақ бойында дөңгелене өседі. Шоқбас гүл шоғыры сабағына қолтықтай өсіп, жиі орналасады. Сыртынан қарағанда жұмырлау түтік тәрізді көрінеді. Гүлі кішкене, сары түсті. Қыркүйек, тамыз айларында гүлдейді. Гүл кездегі киелі ерменді қазақ малшылары «айжамал гүлді ермен», «гүл ермен», «ерменгүл» деп те атайды. Гүл ашқанда сұлулық, әсемдік шегіне жеткен кезі, дәрілік қуаты асқан кезі.

Кілттік сөздер: ермен өсімдігі, гликозидтер, флавоноидтар, Илік (таниндер) заттар, Эфир майлары, Микроэлементтер, Фитонцидтер, Дәрумендер.

Кіріспе

Киелі ерменнің жер шарында кең тараған 200-дей түрі бар. Олар биік, ұлы таулардың шөпті жерлерінде, таудың күнгей беттерінде, самырсынды орман арасында өседі. Қазақ емшілері киелі ерменнің барлық шөбі дәрі деп біледі. Ермен піскен кезде, гүлдеген тұста, жазда, күзде қазып алып, жіппен буып, көлеңкеде кептіреді. Кейін ұсақтап турап, дәрі ретінде қолданады. Бұл гүлден жасалған дәрілердің қасиеті – ащылау дәмді, жылы райлы, уытсыз. Ыстықты басады, уытты қайтарады, тамақты сіңіреді. Жылан шаққанға киелі ерменнен бір сәрі суға қайнатып не суға бұқтырып ішеді. Киелі ерменді суға қайнатып алып, оның суымен жылан шаққан жерді жуса уы қайтады, тез жазылады. Есекжемге, түрлі себептермен ісіп ауырған адамдарға ем болады

Ерменде екі түрлі ащы зат түзетін абсинтин және анабсинтин дейтін екі түрлі ащы глюкозид, С витамині, аздаған тері илерлік заттар, 0,5% эфир майы болады. Майының түсі жасыл, көк, улы, әрі қауіпті келеді. Ерменнің фироцидтік қасиеті бар. Оның ерітіндісін езінді не шай ерітіндісі түрінде тәбет ашу үшін және асқазанның жұмысын жақсарту үшін ішеді. Ермен дәрі-дәрмектерін дәрігердің көрсетілген бұйрығымен ғана ішу керек.

Соңғы ғасырларда адамдар екі түрлі нәрсемен қоректенетін болады: 1- нанмен, 2- сі дәрі-дәрмекпен. Болашақта ауру түрі мен аурудың саны көбеймесе азаймайтын болады. дегенмен, ежелші кезден бері ауру түрлері болған, алайда табиғаттың тазалығы және таза табиғи өніммен қоректенген соң, көп еңбектенген соң, дәрілерді қолданған өзінде табиғи жолдармен емделген соң, адамдар тез жазылып, сауығып кетіп отырған. Сондай емдік әрі өте пайдалы өсімдіктер түрлерін көп зерттеп, жан-жақты іздеу барасында терең мағлұматтар білген. табиғи өнімдерді тағам, күн-көріс, әрі дәрумендер, әрі дәрі-дәрмектер ретінде пайдаланған. көптеген аурулардың түрлерін алдын-алған. Қауіпті аурулармен күресе білген. сондай әрі пайдалы, әрі

жанға дауа, әрі емге, әрі мал-азықтары ретінде қолданған өсімдіктің бір түрі – жусан. Жусанның пайдасы өте зор, ол барлық ауруға ем. оның дәлелдерін зертханалық жұмыстар, ғылыми жұмыстар жүргізіп отырғанда аңғаруға болады.

Материалдар мен әдістер

Өсімдіктер әлемі – адамзатқа таныс әрі тылсым сырларға толы тіршілік саласы. Көптеген шөптердің арасында жусан ерекше орын алады. Оның ащы дәмі мен өткір иісі бала кезден-ақ есте қалады. Бұл өсімдіктің ғасырлар бойы халық медицинасында, салт-дәстүрде және күнделікті тұрмыста атқарған рөлі орасан. Көзге қарапайым көрінгенімен, оның пайдасы мен мәдени мағынасы тереңде жатыр. Төменде жусан өсімдігі жайлы қызықты әрі пайдалы деректерді ұсынамыз.

Ерменнің бүгінгі күнде пайдасы мен зиянын анықтай келе, еременнің денсаулыққа шипа, емге дауа, жараларға мықты ем екенін білеміз – сол себептен де *Artemisia Absinthium* ащы еременнің фармакологиялық құрамын жан – жақты қарастырып шықтық.

XVII ғасырда Россия елінде еременнің шырынын жараларға жағып, жуып тазалап, тез жараның ізі кету үшін пайдаланған. Ермен сұйықтығына батырылған дәке не марлымен жараны таңып, емдеп отырған. Ертеде адамдар еременді қайнаған сумен түрлі ыстығы көтерілген қызба ауруларға, қарынішек бұрылып, түйіліп ауырғанда, ішкі ортада газ толып, күпсіленіп түйіліп қатты ауырғанда, дезбактериоз, дезинтерия, т.б. аурулармен ауырғанда дәкемен малып, ыстық суға басып, жараларды таңып едейтін болған. Әдетте еремен шалфей, жалбыз шөптері мен күнбағыс жапырақтарына араластырылып, ауру жан қызбалы іш ауруымен ауырған кезінде пайдаланылады.

Еремен астралылар тұқымдасына жатады, оның 400-ден астам түрі бар. Бұл өсімдік Антарктидадан басқа барлық құрлықта өседі және қатал ортаға жақсы бейімделген. Қазақ тіліндегі «Ермен» сөзі көне түркі түбірінен тараған. Ол ащы, шипалы өсімдік деген мағына береді және дәмі аз мөлшерде-ақ тез аңғарылады. Бұл өсімдік микробқа қарсы және қабынуға қарсы қасиеттерімен белгілі. Жара, күйік, тері ауруларын емдеуде оның сығындысы жиі қолданылады. Ертеде үйді тазартып, аурудан қорғау үшін жусанды түтіндеткен. Оның иісі жын-шайтанды қашырады деп сеніп, рухани қорғаныш ретінде пайдаланған. Жусан шайы ас қорытуды жақсартып, тәбетті ашады. Оның ащы дәмі асқазан сөлінің бөлінуін ынталандырып, зат алмасуды белсенді етеді. Ең танымал түрлерінің бірі — ащы жусан. Ол медицинада кеңінен қолданылып, ресми дәрілік заттардың құрамына енеді. Гүлденіп тұрған жусан өткір иіс шығарады, ол ащы шөп пен шайыр иісін еске салады. Бұл иіс кепкен соң да сақталып, хош иісті өнімдерге қосылады. Қытай медицинасында жусан моксатерапияда қолданылған. Қыздырылған жусанмен денедегі нүктелерді ысытып, ауруды жеңілдеткен. Жусан тұнбасы ішек құрттарымен күресуге көмектеседі. Оның антисептикалық қасиеті ағзаны жұмсақ әрі тиімді тазартады. Қазақтың байырғы салттарында жусаннан жасалған шоқты үйге іліп қойған. Бұл үйді көз тиюден, тіл-көзден қорғайды деп сенген. Ауыл шаруашылығында жусан зиянкестермен күресте қолданылады. Оның қайнатпасын өсімдіктерге бүркіп, тли мен басқа да жәндіктерді жояды. Кейде жусанның микродозасы ет тағамдарына қосылады. Ол ерекше ащылау дәм беріп, тамақты жеңіл қорытуға көмектеседі. Жусаннан атақты ішімдік — абсент дайындалады. Бұл сусын ерекше ащы әрі сергітетін қасиетке ие, бірақ оны мөлшермен ішу керек. Бұл өсімдік табиғи жәндікке қарсы құрал болып саналады. Оның бұтақтары киім арасына, үйге қойылып, маса, көбелек, бүрге секілді зиянкестерден қорғайды. Жусан жел мен құрғақшылыққа төзімді. Ол шөл және жартылай шөл аймақтарда топырақты бекітіп, эрозиядан қорғайды. Ұзақ уақыт қолданғанда жусан негізіндегі дәрілер жанама әсер тудыруы мүмкін. Сондықтан оны мөлшермен, маман кеңесімен қабылдау қажет. Жусан құрамында иммунитетті күшейтетін табиғи заттар бар. Әлсіреген ағзаға арналған шөптік қоспаларда ол жиі кездеседі. Әдеби шығармаларда жусан көбіне туған жердің, сағыныштың, тазалықтың символы ретінде бейнеленеді. Ол жүректегі терең сезімдерді жеткізудің көркем құралына айналған. Жусан –

қазақ даласының айрықша иісі мен ащы дәмімен есте қалатын өсімдігі. Ол дәрілік, тұрмыстық әрі рухани мәнге ие. Табиғаттың бұл ерекше сыйы ежелден бүгінге дейін өзінің маңызын жоғалтпай келеді. Оны тереңірек таныған сайын, табиғатқа деген құрмет пен қамқорлық арта түседі.

Олар негізінен таралуы бойынша - *Artemisia Absinthium* ащы Ермен Европа, Солтүстік Африка, батыс Азиядан пайда болған деп табылады. Қазақстанның барлық аудандарында кездеседі, тек қана құмды шөлейт аймағында өспейді. Ерменнің Қазақстанда 81 түрі өседі. Қазақстан Флора бойынша Солтүстік Қазақстан облысының аймағында 24 түрі таралған [1]. Жусанның ең көп таралған кеппешөптерінің түрлері: бөрте жусан (*A. Austriaca* L.), ащы жусан (*A. absinthium* Jacq.), қара жусан (*A. vulgaris* L.), жазық жусан (*A. campestris* L.), сұр жусан (*A. glauca* Pall.), жапырақты жусан (*A. latifolia* Ledeb.) және т.б.

Табиғаттағы орны: олар әрбір жерде өсіп-өніп жатады, және оңай таралып, көбейіп жатады. Мысалы, Білгал–сүйгіш арамшөп ретінде ауыл маңында, жол бойында, бақта, бау–бақшада, егістік, тыңайған және шалғынды жерде, орманда, бұта аралығында, таудың төменгі, орта белдеуінде қаптап өседі. таулы аймақтарда өте қаптап өседі, Кейде үлкен қау құрып өседі, әсіресе тау алқаптарында. Қоры. Өте көп кездесетіндіктен есептелмеген, себебі өндіріске деген табиғи шикізаты жеткілікті [2].

ЕРМЕННЕН жасалған ДӘРІ 41 ауруға ем болады

Қазақта «Ерменді жерде ер өлмейді» деген мақал бар. Ол текке айтылмаған. Себебі ерменнің емдік қасиеті жетерлік. Қазақта оны 41 ауруға ем деген түсінік қалыптасқан.

Ерменнің (полынь горькая) ми қан тамырлары тарылғанда, құлақ шуылдағанда, бас ауырғанда және көз қарауытқанда тигізер пайдасы өте көп. Оның бүйрек, бауыр, асқазан және тік ішек жараларының барлық түріне, қаназдыққа және қант диабетіне тигізер шипасы мол.

Осылардан жазылу үшін ерменнің дәнін кептіріп, ұнтақтайды. Сосын бір қасығын 100 грамм балға араластырып, асқазан, ішек және тік ішектен қан кеткенде қолдану керек. Бұл дәріні күн сайын шай қасықпен 3 рет қабылдаса, қан кету тиылады, іштегі жара тез жазылады.

Ерменнің жапырағы да ем. Оның ұнтағынан бір шай қасық алып, 3 литр қайнаған суға шай сияқты демдейді. 8 сағаттан соң сүзіп, үстіне 200 грамм сірке суын араластыру керек. Бұл дәріні асқазан және ішек жаралары, геморрой, тоқ ішектегі полит, қылтамақ сияқты ауруларға, сонымен қатар жатырдан қан кеткенде, бауыр мен көк бауыр ауырғанда да қолдануға болады. Ондайда күніне 3 рет, тамақ алдында 30 граммнан ішу керек. Бір айдан соң 20 күн демалып, емді қайтадан бастаған жөн.

Ерменнің тамырын ұнтақтап, оның 100 граммын 3 литр суда жарты сағат қайнатып тұндырады. Бұдан кейін үстіне 200 грамм сірке суын қосып, шайқап араластырады. Бұл дәріні қуыққа суық тигенде, қуық түйіліп ауырғанда, бүйрек пен жатыр төмен түскенде, үлкендердің кіші дәреті тоқтамағанда және еркек безі қабынғанда пайдалануға болады. Сондай-ақ онымен әйелдер бедеулігін емдеуге де болады. Ол үшін күн сайын екі рет, 30 граммнан ішеді. Ал жатыр мойын жарасын жазу үшін таңертең және кешке онымен жуып- шайыну керек.

Ерменнің тіршілікте пайдасы.

Ермен ерте кезден белгілі өсімдік, оны жеген малда, ауырған адам да пайдаланған. Біздің жеріміз бай өсімдіктер әлемі ертеден-ақ адам баласына қызмет етіп келеді. Қазақстан тұрғындары тірі табиғатпен дәстүрлі байланыста, олар ертеден-ақ өздерінің айналасындағы өсімдіктерді және олардың күнделікті тұрмыстағы пайдасы туралы жақсы білген. Солардың бірі – ащы ермен.

Әлемдегі, біздің жеріміздегі ең ащы өсімдік – ермен, алайда оның пайдасы өте көп, ол сол ащылығымен санитарлық, тазалық жұмыс орындарында таза дәке, марлі, мақта алуда, сонымен қатар залалсыздандыруға, түрлі қауіпті ауруларға қарсы тұратын емдік шөптесін өсімдік. Латинецтер, ағылшындар бұл шөпті артемизия деп атайды. Бұл шөптесін өсімдігі ежелдегі бері пайдаланып келеді. Оны грек Құдайы өздерінше солай атаған Артемид

тапқандықтан, бұл өсімдікті артемизия деп те атаған. Сол дәуірден бері бұл өсімдік түрлі ауруларға қолданып келген. Ащы жусан дәрілік өсімдік, медицинада келесі ауыруларды емдеуге пайдаланылады.

Нәтижелер және талқылау

Қазіргі қоғамда ең көп тараған қатерлі рак ауруына ем: Қазақ елінде ғалымдар бұл өсімдіктен, өзіміздің жерімізде тұрған жергілікті ерменнен дәрі жасап шығарды. Қоғамның күрт өзгеруі экологиялық түрлі проблемалардың күрт көбеюі, бүгінгі таңда түрлі қауіпті аурулардың көбеіп бара жатқандығы бәрімізді қатты алаңдатууда. Сондай аурулардың бірі-жатыр қатерлі ісік аурулары, рак аурулары. Сондай аурулардың мықты емі-ермен. Ерменнен көптеген зерттеулер жүргізіп, көптеген жазылмас ауруларды емдеуге болары анық. Тек қана мықты ізденіс пен көптеген зерттеу жұмыстарын жүргізу қажет болып тұр. Оның ащы сусыны, ащы сөлі мен шырыны сөзсіз осындай қауіпті ауруларға ем болар еді. Қатерлі ісік ауруы күннен күнге өрши түсуде, себебі, барлық жерде радиациялық толқынды сәулелер көптеп қолданылуда, ғылым техника дамыған сайын олардың толқындары қатты пайдалануда. Ал ол көптеген қауіпті ісік ауруларын туғызуда. Солармен күресу үшін фармацевтер осы ерменнен дәрі-дәрмектер ойлап тапса.

Ащы ерменді ата-бабамыз ертден-ақ әр түрлі ауруларға қолданған. Бастың сақинасына, аяқ-қол сырқырағанда буланған. Асқазан ауруына тұнбасын ішкен. Халық медицинасында:

1. Тамаққа тәбет ашуға; 2. Асқазан бүріп ауырғанда; 3. Аяқ астынан дене құрысып, қалтырап діріл пайда болғанда (лихорадка); 4. Әсіресе аяқтағы көктамыр бадырайып шығып білініп тұрғанда; 5. Қан жасушалары азайғанда; 6. Бауыр, көкбауыр ауырғанда; 7. Суық тигенде; 8. Ұйқы қашқанда; 9. Іштегі паразит құрттарды түсіруге және т.б. Ветеринария саласында қоюлау тұнбасын паразит жәндіктерді құрту үшін жағады. Күйіс қайыратын малдардың күйіс қайыруы бәсеңдесе ұнтағын ұнға, тұзға, суға араластырып береді.

Тұнбасын дайындау тәсілі

1 қасық шөбін 5 ас қасық спиртке (1/5) салып 7 күнге қояды. Дайын болған тұнбаны астан 30мин бұрын 15 тамшыдан күніне 3 рет ішеді. Судағы еріткішін немесе еріген күйін алу үшін шөбінің 1 шай қасығына 2 стакан қайнап тұрған ыстық су құйып 20 минут тұндырады. Дайын болғанда асқа дейін 30мин бұрын стаканның 1/4 бөлігіндей мөлшерде күніне 3 рет ішеді. Ерменнің дәрісін қабылдауды бір айдан асырмай арасында 1-2 апта үзіліс жасау керек. Тіпті спирттік, арақ пен шарапқа тәуелділікті де ащы ерменмен емдеу: Алкогольге тәуелділікті емдеу үшін шөптер қоспасын жинау қажет. Оның осы шөптесін дәрінің құрамында ең маңызды бөлігі-80 пайыздай бөлігі осы ащы жусанг немесе ащы ерменнің өзі болып табылады. Оны дайын түрінде суға қайнатып сұйық түрін күнде ішіп отырады. Кемінде 30 күндей болуы тиіс.

Ұл-қыз, әйел адамның жатырындағы миома, киста ісік ауруларын емдеп отырған: Миома-бұл қазіргі уақытта ащы жусанның тұнбасымен емделетін қатерлі емес ісік. Дайындау тәртібі: Екі ас қасық шикізатқа 1/2 литр спирт немесе арақ құю арқылы жасалынады. 10 күн бойы тұндырылады. Бұл тұнбаны күніне екі рет 1 шай қасықтан ас қабылдау барысында қолданады. Емдеу курсы – 14 күнге созылады. Кейіннен бір ай үзіліс жасап, оң нәтиже көрсетпесе емдеу курсы қайталауға болады. Тұнбаны тоңазытқышта сақтау қажет. Сипатталған емдеулерді қолдану кезінде есте сақтау қажет: қан аздық, жүктіліктің кез-келген айында және емізу кезінде тек қана жусан емес, басқа да токсинді қасиеттері бар шөптерді дәрігердің рұқсатынсыз алдын-ала қолдануға болмайды.

Ермен шырынынан адам ағзасындағы қалдық тағамдарды, тағамдарды жақсы қорытады, аппетит ашады. Оның сөлінен көптеген дәрі-дәрмектер жасайды. Ол түрлі микроағзалар туғызатын ауруларға қарсы тұрады. Антисептикалық қасиеті бар. Фармакологиялық және т.б. өндіріс орындарында олардың шырынынан түрлі дәрілік заттар жасайды. Оның жаңадан алынған сөлін қараңғы да құстай отырып, туберкулезге қарсы дәрі-дәрмек жасайды. Ерменні тұнбасы, шырыны, сөлі толықтай тәбетті ашады, қарынды тоқ қылып жүреді. Сондай-ақ,

демікпе, асқазан сөл аурулары, ішек аурулары, асқазан ойық ауруларына да шипа болып табылады. Россияда алғашқы кездерден бастап ақ, 3000 жыл бұрын осы өсімдікті көп қолданған, түрлі ауруларды емедеп отырған. Оның ащы сөлі жүйке жүйесін тынышталдырыған, бас аурулары, бассақинасы, тіс аурулары қолданған. Борсық, бал майларын қосып, туберкулез ауруын емедеген.

Ерменнің ем болады аурулары және қолданулы.

Иммунитет көтеруде: 500 гр жаңа кесілген жусанның сөлін грек жаңғағымен араластырып ет тартқыштан өткіземіз. Оған 1,5 стакан бал араластырып, тамақтан соң бір асқасықтан күніне үш мезгіл 1 ай ішу керек. Демікпеге жас жусанды езіп шырынын күніне үш рет әр ретте 5мг ішеді.

Ермен өсімдігі асқазан қатты ауырғанда, сонымен қатар аппетит ашатын да қасиеті бар. Асқазан жараларын, ойық жара, т.б. ауруларға да ем болып табылады.

Қорытынды

Болашақта тіпті түрлі бұрын соңды болмаған аурулар көбейетіні анық, сол кезде осы ерменнің пайдасын көптегі көретін болады. Қарапайым ғана есік алда, су жағасында өсетін өте ащы ермен өсімдігінен қаншама маңызды заттар, дәрі-дәрмектер, препараттар, бинт, марлевка, мақта, шыт маталар залалсыздандыру үшін, санитарлық жағдайлар сақтау үшін өндіріліп отырады. Мүмкін болашақта әлі де толық зерттеліп бітпеген көптеген ауруларға ем болатын шығар. Ермен улы ащы өсімдік болғандықтан ол көбінесе, тұмау, короновирус сияқты қауіпті жұқпалы ауруларға, ангинаға, мұрын пысылдап, көзден тамшылар ағып қатты грипповат етіп отырғанда, ми ауырғанда, сүйек буын қақсағанда, жараларды таңған кезде, қан тоқтамай жатқанда залалсыздандыру үшін антисептикалық жағдайлар үшін мүмкін қолданар. Жалпы кез-келген шөптесін, ағаш өсімдіктеріне көптеген дәрі-дәрмектер витаминдер, минералды заттар, т.б заттар көптеп алуға болады. Сондықтан барша жасыл өсімдіктер әлемін сақтап, құрметтеп, қорғап және көбейтіп отыру қажет.

Әдебиеттер тізімі

1. Турмуханова М.Ж. Синтез биологически активных соединений. – Алматы, 2002. –71 с.
2. Щелкунов А.В., Абдыкалыков М.А., Ли М.Л. Химия и технология лекарственных препаратов. – Караганда: Санат, 2001.
3. Кенжетаева С.О. 2-Амино-4-фенилтиазолдың жаңа күкіртқұрамды туындыларын синтездеу туралы. Органикалық химия. 2013. №4(72), Б. 4-8
4. Инновационные технологии в фармацевтическом образовании: обучение и контроль. Учебно-методическое пособие. – Шымкент, 2012.- 175с.
5. Т.Ә. Арыстанова Жалпы фармацевтикалық химия: оқу құралы. Алматы, Эверо, 2020.
6. Соколов Р.С. Химическая технология :Учебное пособие в 2т.-М.: ВЛАДОС, 2000.- Т. 1 - 368с; Т.2 - 448с.
7. ҚР Мемлекеттік фармакопеясы. Т.1.- Алматы: «Жібек жолы» баспа үйі, 2008,-592 б.
8. Р.С. Вартанян. Синтез основных лекарственных средств. М.: МИА, 2004 – 845 с.
9. А.Т. Солдатенков, Н.М. Клядина, И.В. Шендрик. Основы органической химии лекарственных веществ. М.: Химия. 2001 – 192 с.

References

1. Turmuhanova M.Zh. Sintez biologicheskij aktivnyh soedinenij. – Almaty, 2002. –71 s.
2. Shhelkunov A.V., Abdykalykov M.A., Li M.L. Himija i tehnologija lekarstvennyh preparatov. – Karaganda: Sanat, 2001.
3. Kenjetaeva S.O. 2-Amino-4-feniltiazoldyñ jaña kükirtqūramdy tuyndylaryn sintezdeu turaly. Organikalıyq himia. 2013. №4(72), B. 4-8

4. Innovacionnye tehnologii v farmacevticheskom obrazovanii: obuchenie i kontrol'. Uchebno-metodicheskoe posobie. – Shymkent, 2012.- 175s.
5. Т.А. Arystanova Jalpy farmasevtikalyq himia: oqu qūraly. Almaty, Evero, 2020.
6. Sokolov R.S. Himicheskaja tehnologija :Uchebnoe posobie v 2t.-M.: VLADOS, 2000.- T. 1 - 368s; T.2 - 448s.
7. QR Memlekettik farmakopeiasy. T.1.- Almaty: «Jibek joly» baspa üii, 2008,-592 b.
8. R.S. Vartanjan. Sintez osnovnyh lekarstvennyh sredstv. M.: MIA, 2004 – 845 s.
9. A.T. Soldatenkov, N.M. Kljadina, I.V. Shendrik. Osnovy organicheskoy himii lekarstvennyh veshhestv. M.: Himija. 2001 – 192 s.

А.О. Сеитманбетова*, А. Калдыбаева

старший преподаватель, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
преподаватель, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*Автор для корреспонденции: seitmanbetova.aiman@mail.ru

РАСТЕНИЕ ЭРМЕН И ЕГО ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Аннотация: Полынь горькая (лат. *Artemisia absinthium*) — многолетнее растение семейства астровых, род полынных. Произрастает на пастбищах и лугах, супесях, в лесах и горных районах Мангистау. Высота 60—100 см, иногда достигает 120 см. Корень толстый. Цветки мелкие, собраны в соцветия. Цветки мелкие, собраны в соцветия. Цветёт и плодоносит в июле – июне. Полынь – лекарственное растение, применяемое в медицине. Благодаря горькому вкусу полыни люди верили, что это растение впитывает в себя всю горечь страданий, поэтому полынь обладала двумя свойствами: исцелять человека от болезней и успокаивать душу. Для приготовления лекарств собирают верхушки и листья полыни. Часть листьев срезают до 25 сантиметров до цветения. Безлистные стебли полыни также собирают в мае и июне. Безлистные стебли полыни также собирают в мае и июне. Лекарственные виды полыни легко отличить от нелекарственных. Нижняя сторона нелекарственных листьев блестящая, серебристая, а верхняя — коричневая или зелёная. Полынь горькая содержит два вида горьких гликозидов: абсент и анабсент, витамин С, небольшое количество полезных для кожи веществ и 0,5% эфирного масла. Масло имеет зеленовато-голубой цвет и ядовито.

Полынь обладает пиретроидным действием. Её раствор пьют в виде отвара или чая для возбуждения аппетита и улучшения работы желудка. Препараты полыни следует принимать только по назначению врача.

Ключевые слова: полынь, гликозиды, флавоноиды, дубильные вещества, эфирные масла, микроэлементы, фитонциды, витамины.

A.O. Seitmanbetova*, A. Kaldybayeva

Senior Lecturer, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Lecturer, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

*Corresponding author's email: seitmanbetova.aiman@mail.ru

THE ERMEN PLANT AND ITS PHARMACOLOGICAL PROPERTIES

Abstract

Wormwood (*Artemisia absinthium*) is a perennial plant in the Asteraceae family, genus Artemisiaceae. It grows in pastures and meadows, sandy loams, forests, and mountainous areas of Mangystau. Height: 60–100 cm, sometimes reaching 120 cm. The root is thick. The flowers are small, collected in inflorescences. It blooms and bears fruit in July–June. Wormwood has a special value as a medicinal plant. Its infusion is often used to improve digestion and stimulate food intake. Prospective search for plant material with medicinal properties among seed plants. For this, it has its own variety, distribution and large reserves of raw materials. Wormwood bitter *Artemisia Absinthium* is used in folk medicine. This is due to the unique chemical

composition of *Artemisia Absinthium*. The medicinal properties of the herb are explained by the fact that it is enriched with natural biologically active components. In the aerial part, biologically active components show the highest concentration during the flowering period.

Key words: wormwood, glycosides, flavonoids, tannins, organic acids, essential oils, trace elements, phytoncides, vitamins.

O. Sergiyenko*

Cand.Tech.Sci., Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, Russia

*Corresponding author's email: o.sergienko@mail.ru

STUDYING THE ELECTROCHEMICAL BEHAVIOUR OF RED PHOSPHORUS IN HYDROCHLORIC ACID SOLUTION

Abstract

Elemental phosphorus is an interesting subject for electrochemical research. Situated in the middle of the third period, it exhibits equal capacity for both oxidation and reduction reactions. This paper presents the results of a study of the oxidation reaction of red phosphorus using a composite phosphorus-graphite electrode in a hydrochloric acid solution under galvanostatic conditions. The influence of key electrochemical parameters, such as current density and electrolyte concentration, on the phosphorus oxidation current efficiency was studied. Optimal conditions for the oxidation process were determined. It was shown that in the presence of chloride ions, competitive anodic formation of active chlorine occurs, significantly affecting the mechanism and products of phosphorus oxidation. The obtained study results demonstrate that, during anodic polarization, elemental phosphorus in aqueous solutions is directly oxidized to form hypophosphite-, phosphite-, and phosphate-ions.

Keywords: phosphorus production, elemental phosphorus, composite electrode, electrolysis, chloride-ions, catalyst, phosphorus compounds

Introduction

Phosphorus sludge is formed during the condensation of yellow phosphorus, as a result of incomplete purification of the exhaust dust and gas components [1]. It is known that sludges with a phosphorus content of at least 45-50% are processed into thermal phosphoric acid by incineration in cyclone apparatuses. However, during sludge incineration, slag is formed from the mineral portion of the sludge, which is a secondary waste, and the resulting acid contains suspended solids and lower forms of phosphorus [2,3].

Therefore, the aim of this research was to develop a rational and cost-effective technical solution that would maximize the recycling of phosphorus production waste and by-products, yielding environmentally safe end products.

This research focuses on a specific approach to studying the electrochemical properties of elemental phosphorus in aqueous solutions. This method is used to develop approaches to utilization of phosphorus production waste and producing environmentally friendly phosphorus-containing compounds.

The novelty lies in the fact that, as a result of studying the anodic oxidation of elemental phosphorus, electrochemical methods for the neutralization of phosphorus production waste were developed for the first time.

Materials and Methods

Experimental part

To study the electrochemical oxidation of elemental white phosphorus, electrolysis was carried out under galvanostatic conditions. Phosphorus-graphite electrodes were used as the anode, and a graphite rod was used as the cathode. The experiments were carried out in a glass cell, with the anode-cathode space separated by an MK-40 cation exchange membrane. A rectifier DSPS-305DM served as the current source. A schematic diagram of the setup is presented in [4]. Solutions of various concentrations in the range of 0.25–1.25 mol/l were used as the electrolyte.

All experiments were carried out on a phosphorus-graphite electrode with a phosphorus content of 50.0% by mass. Electrolysis was carried out in a 100 cm³ vessel equipped with a water jacket for cooling. The duration of electrolysis was considered in the range from 0.25 to 1.0 hours. Quantitative analysis was performed on the products of single oxidation of phosphorus of varying degrees of oxidation that had passed into the solution, hypophosphite ions P(+1) by permanganometric method, phosphite ions P(+3) by iodometric method, and phosphate ions P(+5) by the method of I.P. Moizhe's photometric method [5,6].

Results and discussion

Based on the values of standard potentials [7], the following reactions may occur on the surface of the electrode when the phosphorus is polarized:



To study the anodic oxidation of elemental phosphorus in chloride solutions, the influence of hydrochloric acid concentration, current density, and electrolysis duration on the current efficiency of phosphorus oxidation was investigated.

The anodic oxidation of phosphorus in chloride solutions can be explained as follows: at a certain polarisation, chlorine is released on the graphite electrode according to the reaction (4).

The chlorine released at the anode partially dissolves in the electrolyte and is hydrolysed according to the reaction:



Reaction equilibrium constant:

$$K = \frac{[H^+] \cdot [Cl^-] \cdot [HClO]}{[Cl_2]}$$

at 25°C is 3.9·10⁻⁴. With an increase in the concentration of chlorine and hydrogen ions, the equilibrium concentration of hypochlorous acid decreases. Thus, the phosphorus-graphite electrode in the anode space of the electrolyser can be oxidised with chlorine and hypochlorous acid according to the following reactions:



In which, as can be seen, chlorine ions are formed again, i.e. the process proceeds catalytically. This is evidenced by the results of the experimental data obtained.

An increase in the concentration of the hydrochloric acid solution has a positive effect on the oxidation current efficiency of elemental phosphorus (Figure 1). Electrolysis was carried out at a current density of 100 A/m² and electrolysis duration of 0.25 hours. The maximum oxidation rate of elemental phosphorus is reached at [HCl] = 1.25 mol/L, and the current efficiency of phosphate-ion formation is 60%, i.e. the phosphate- and hypophosphite-ions formed in the solution have time to

oxidise to phosphate-ions. We assume that the chloride-ions present in the solution have a catalytic effect and accelerate the oxidation process of elemental phosphorus. Thus, our assumptions are confirmed by the literature data.

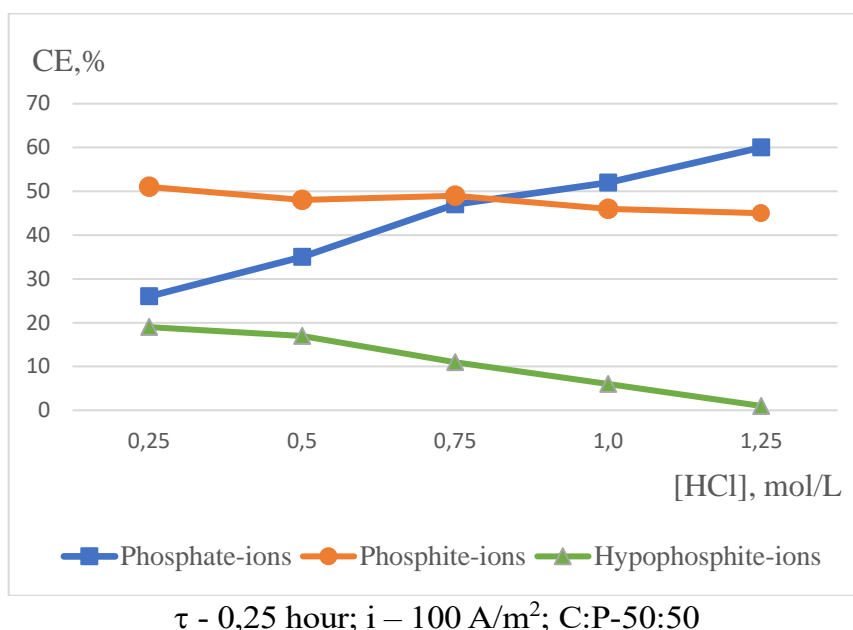


Fig. 1. Effect of hydrochloric acid concentration on the current efficiency of phosphorus oxidation

The effect of current density on the anodic oxidation of elemental phosphorus is shown in Figure 2. Electrolysis conditions: electrolysis duration 0.25 hours, electrolyte concentration 1.0 mol/l. As the current density increases, the current efficiency of phosphate ion formation decreases from 57% to 35%. This is due to the fact that as the current density increases, the process of gaseous chlorine evolution at the anode intensifies and, as a result, the rate of active chlorine molarisation exceeds the rate of its interaction with phosphorus, and gaseous chlorine is removed from the sphere by the reaction (4).

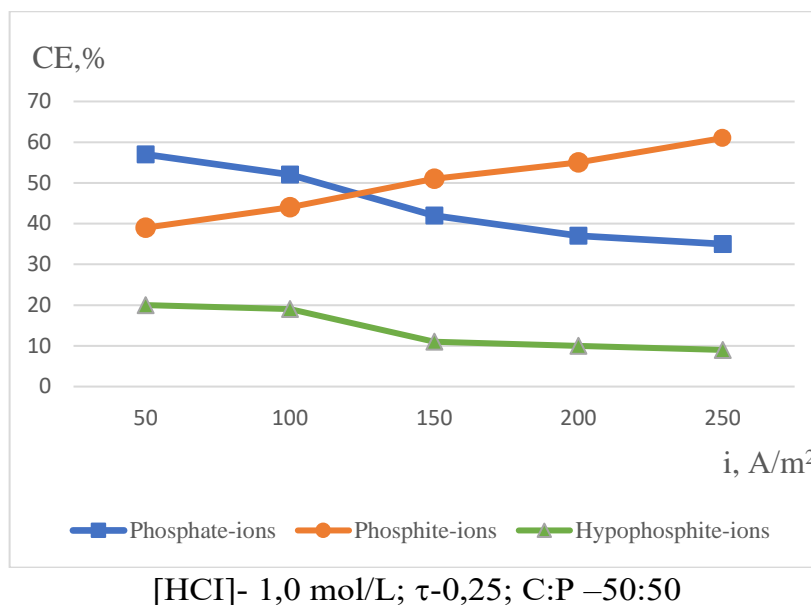


Fig.2. Effect of current density on the oxidation current efficiency of phosphorus in hydrochloric acid solution

The effect of electrolysis duration on the anodic oxidation of phosphorus in the range from 0,25 to 1,25 hours was also considered under conditions of 0.25 mol/L and 50 A/m². With an increase in the duration of electrolysis, the current efficiency of phosphate ion formation initially increases (up to 0,75 hours), but further increases in the duration of electrolysis lead to a significant decrease in current efficiency.

Conclusions

For the first time, the anodic oxidation of elemental phosphorus under galvanostatic conditions has been studied. The effects of current density and electrolyte concentration on the phosphorus oxidation current efficiency have been investigated. Under optimal conditions, the current efficiency of anodic oxidation of elemental phosphorus is 75% in HCl solutions. During a prolonged process, the concentration of discharging ions in the anode space decreases and the current efficiency of elemental phosphorus oxidation decreases. It is also visually observed that during prolonged electrolysis, the electrolyser heats up, which lead to the destruction of the electrode under study, since the melting point of white phosphorus is only 44%.

Thus, we have investigated the anodic oxidation of elemental white phosphorus for the first time and demonstrated the catalytic action of chloride ions on the anodic process.

References

1. Tleuov A. Waste Management of Phosphorus Industry Enterprises. A Textbook. – Shymkent, 2015. – 176 p. (in Russ)
2. Tleuov A.S., Shevko V.M., Tleuova S.T. Solutions to the Problem of Processing and Utilization of Oil Sludge // Journal of Science and Education of South Kazakhstan. –2003. - No. 32. –P. 167-169. (in Russ)
3. Murzagaliev E.Sh., Bishimbayev V.K., Viktorov S.V. Sorption Hypothesis of the Mechanism of Sludge Formation and the Process of Sludge Suppression in the Electrothermal Production of Low-Arsenic Phosphorus // Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2008. – No. 1. – P. 41-48. (in Russ)

4. Tynyshbek A., Tukibayeva A., Asylbekova D. Study of the electrochemical behaviour of elemental phosphorus in sulphuric acid solutions//in thesis of XI International conference «ICITE-2025». –Shymkent, 2025, Vol.1. -С.185-189
5. Lurye Yu.Yu., Rybnikova A.I. Chemical Analysis of Industrial Wastewater. Moscow: Chemistry, 1974. pp. 94-96 (in Russ)
6. Guide to Analysis in the Production of Phosphorus, Phosphoric Acid, and Fertilizers // Ed. by I.P. Moyzhes. -Chemistry, 1973. -P.11-13 (in Russ)
7. Rotinyan A.L., Tikhonov K.I., Shoshina I.A. Theoretical electrochemistry // Ed. by A.L. Rotinyan, Chemistry, 1981. - 424 p. (in Russ)

О. Сергиенко*

т.ғ.к., доцент, АТМО университеті, Санкт-Петербург, Ресей

*Корреспондент авторы: o.sergienko@mail.ru

ТҰЗ ҚЫШҚЫЛЫ ЕРІТІНДІСІНДЕГІ ҚЫЗЫЛ ФОСФОРДЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ӘРЕКЕТІН ЗЕРТТЕУ

Түйін

Элементті фосфор электрохимиялық зерттеулер үшін қызықты объект болып табылады. Үшінші периодтың ортасында орналасқан фосфор тотығу және тотықсыздану реакциялары үшін бірдей қабілеттілік көрсетеді. Ұсынылып отырған жұмыста, гальваностатикалық жағдайда тұз қышқылы ерітіндісінді композициялық фосфор-графит электродты пайдаланып, қызыл фосфордың тотығу реакциясын зерттеу нәтижелері берілген. Фосфордың тотығуының ток бойынша шығымына негізгі электрохимиялық параметрлердің: ток тығыздығы және электролит концентрациясының әсерлері зерттеледі. Тотығу процесінің тиімді жағдайлары анықталды. Хлорид иондарының қатысында, белсенді хлордың бәсекеге қабілетті анодты түзілуі орын алатындығы көрсетілді, ол фосфордың тотығу механизмі мен өнімдеріне айтарлықтай әсер етеді. Алынған нәтижелер негізінде анодты поляризация кезінде сулы ерітінділердегі элементті фосфордың гипофосфит-, фосфит- және фосфат-иондарын түзе отырып тікелей тотығатындығы көрсетілді.

Кілттік сөздер: фосфор өндірісі, элементтік фосфор, композиттік электрод, электролиз, хлорид иондары, катализатор, фосфор қосылыстары.

О. Сергиенко*

к.т.н., доцент, университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

*Автор для корреспонденции: o.sergienko@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ КРАСНОГО ФОСФОРА В РАСТВОРЕ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ

Аннотация

Элементарный фосфор является интересным объектом для электрохимических исследований. Находясь в середине третьего периода, он в равной мере проявляет способность к реакциям как окисления, так и восстановления. В этой работе приведены результаты исследования реакции окисления красного фосфора в виде композиционного фосфор-графитового электрода в солянокислом растворе в гальваностатических условиях. Изучены влияние основных электрохимических параметров такие как плотности тока, концентрации электролита на выход по току окисления фосфора. Определены оптимальные условия процесса окисления. Показано, что в присутствии хлорид-ионов происходит конкурентное анодное образование активного хлора, что существенно влияет на механизм и продукты окисления фосфора. По полученным результатам исследования, показано, что при анодной поляризации элементарный фосфор в водных растворах непосредственно окисляется с образованием гипофосфит-, фосфит- и фосфат-ионов.

Ключевые слова: производство фосфора, элементарный фосфор, композитный электрод, электролиз, хлорид-ионы, катализатор, соединения фосфора.

A.S. Sidikov*

Doctor of Chemical Sciences, Professor. Gubkin Branch of the Russian State University of Oil and Gas in Tashkent, Tashkent, Republic of Uzbekistan

*Corresponding author's email: sidikov_a@mail.ru

STUDY OF THE CHEMICAL AND MINERAL COMPOSITION OF COMPLEX FERTILIZER

Abstract

This article shows that the use of technogenic waste as raw materials in the production of complex fertilizers not only improves the environmental situation of the region, but also allows you to create economically efficient production. In the non-ferrous metallurgy industries of our country, hundreds of millions of tons of industrial waste containing elements such as copper, zinc, magnesium, nickel, manganese, etc. have accumulated in the form of slag, sludge, etc. Every year, more than ten thousand tons of waste are added to these wastes. In this regard, research has been carried out on the processing of industrial waste.

Keywords: industrial waste, waste processing, Metallurgical slags, mineralogical composition, chemical reclamation, slag reclamation agents, chemical composition.

Introduction

The technological method and values of indicators for adding metallurgical slags to fertilizers are based on the features and special properties of metallurgical slags processing. The processes of adding metallurgical slag to ammophoska fertilizer obtained in laboratory conditions were studied. During the addition of microelements to the composition of fertilizers, various compound formation processes occur. Salts of microelements form several compounds with phosphate ions: $\text{Me}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $\text{MePO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $\text{Me}(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $\text{MeNPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, and these compounds have different solubility. It was found that in the $\text{CuO}-\text{H}_3\text{PO}_4-\text{H}_2\text{O}$ system at 25°C there are three different phosphoric acid salts of copper. At $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 20-57% P_2O_5 crystallizes, at 20-57% P_2O_5 , $\text{CuHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ crystallizes, and at higher concentrations, $\text{Cu}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ crystallizes.

Materials and Methods

To determine the chemical and mineral composition of the ammophoska obtained in the experimental conditions, X-ray, IR spectroscopic and differential thermal analyses were carried out.

X-ray phase analysis of the product (Figure 6) was performed on a DRON-5 diffractometer at a voltage of 25 kV, a current of 8 mA, and a counter speed of 2 degrees per minute. We determined the ratio of diffraction lines based on the interplanar spacing values and intensities of phosphate, calcite, α - quartz, and crystal hydrates[1,2]. These diffraction lines A_0 3.43; 3.16; 2.79; 2.71; 1.936; 1.877; 1.837; 1.780 correspond to iron salts, and A_0 3.03; 2.29; 1.908 interplanar spacings indicate the presence of calcium salts in the product. The diffraction line A_0 3.32 showed that it lies in quartz.

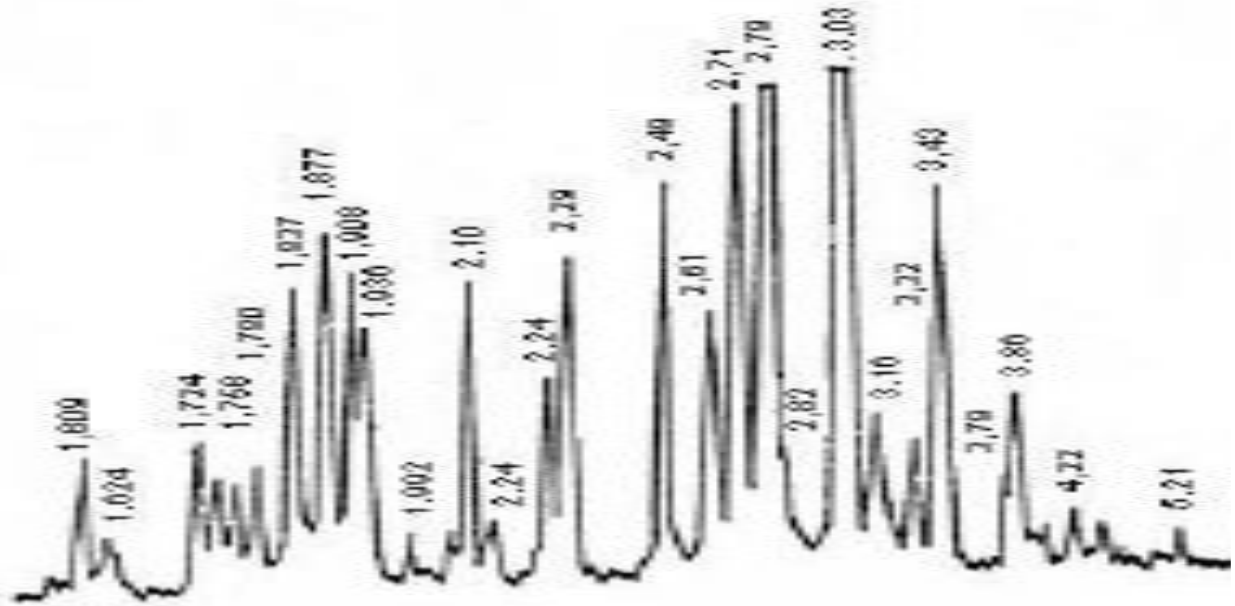


Figure 1. X-ray of the Ammofoska product

Results and Discussion

Identification of the mineral composition of the phosphate product was carried out by IR spectroscopy. IR spectra were carried out on a UR-20 device in the frequency range of 400-4000 cm^{-1} . (Fig. 2). The samples were prepared by compaction of KBr. In the IR spectra of phosphate, absorption lines of antisymmetric valence and deformation motion of the RO_4 ion are observed. The reduction of the correct tetrahedral symmetry of the RO_4 ion to CO_2 leads to its decomposition in the region of 566-600 cm^{-1} and 1026-1066 cm^{-1} . [3-5]. The frequencies of motion in the phosphate spectrum are 880; 1430 cm^{-1} belonging to calcium salts. The displacement of the RO_4 ion in the phosphate molecule to the CO_2 group can be explained by the shift of the maximum of the motion lines to the high-frequency region, which is accompanied by the occurrence of absorption lines characteristic of carbonates in the phosphate mineral. The weak and medium intensities at 2500 and 3320 cm^{-1} belong to crystalline water.

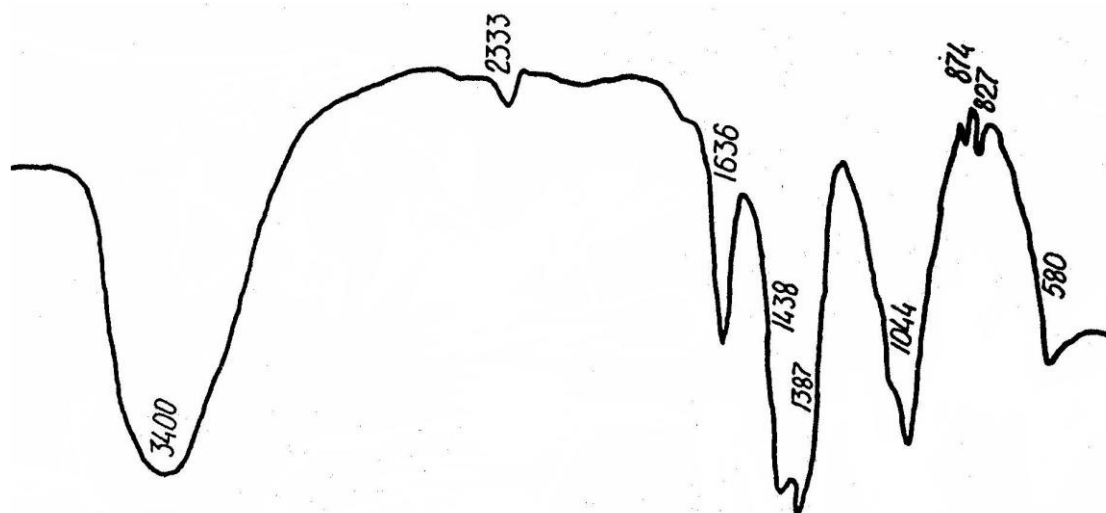


Figure 2. IR spectrum of the Ammofoska product

To obtain more detailed information about the composition and structure of individual components of phosphate fertilizer, solid-phase scanning electron microscopy (SEM) studies were conducted [6,7]. The analysis of electron microscopy studies showed that 12 chemical elements (O, Na, K, Mg, Al, Si, P, S, Ca, Fe, F, N) are present in the sample in different quantitative ratios. The amount of elements (Na, K, Mg), which make up the water-soluble part of phosphates, is significantly higher. The amount of sulfur in the form of sulfate is 2.24%. The amount of phosphorus, the main component, is from 9.04% (min) to 14.23% (max). This means 20.7% of the amount of P₂O₅. The amount of calcium is 8.37%, and aluminum is 8.68%. The amount of silicon is 46.85% (max). It is known that silicon is found only in natural minerals in the form of silicates. Therefore, it can be concluded that the presence of Si⁺⁴ ions in the sample occurs in the form of octahedral structural ions of silicon [SiO₆].

By means of the compositional-structural analysis of the SEM spectral results, we have confirmed that the components of phosphate fertilizer have natural features that are sensitive to changes in the pH of the environment. It was found that the phosphate components in the product are sensitive to hydrogen H⁺ ions.

The mineral composition and microstructure of the ammophoska obtained from the experiment, which contains industrial waste, shows the required amount of phosphorus, nitrogen, magnesium, potassium, and calcium. This, in turn, indicates the effectiveness of processing industrial waste to produce resource-saving fertilizers.

Conclusions

The raw materials required for the production of ammophoska are described. The process of obtaining ammophoska by neutralizing phosphoric acid of known concentration with ammonia water in two stages was studied in laboratory conditions. The results of experimental tests conducted on the production of complex fertilizer were compared with standard indicators.

To ensure the accuracy of the studied data, studies were conducted to determine the reactions of neutralization of phosphoric acid, i.e. the decomposition of phosphoric acid, and the main technological indicators of the process. In addition, ways of processing industrial waste slag were considered, and a scheme for obtaining fertilizers containing trace elements was proposed. The quality of the obtained complex fertilizer product was determined using modern methods of physicochemical analysis and crystal-optical analysis.

References

1. Technology of phosphorous and complex fertilizers / Ed. S. D. Evenchika and A. A. Brodskogo.- M.: Chemistry, 2000.- 464 p.
2. Fedyushkin, B.F. Mineral fertilizers with trace elements. Technology and application. -L.: Chemistry, 2001. -272 p.
3. Korenko, D. Productive use of mineral fertilizers.-M.: Rosselkhozizdat, 2000.-221 p.
4. Dovgopol, V.I. Metallurgical slags in agriculture. -M.: Metallurgy, 2001.-40 p.
5. 7. Dokholova, A.N., Karmyshov, V.F., Sidorina, L.V. Production and application of ammophoski.- M., "Khimiya", 2000. -240 p.
6. Mikheev, V.I. Rengenographic determination of minerals. - Gosgeoltekhizdat, 2002.-50 p.
7. Peshkova, V.M., Gromova, M.I., Methods of absorption spectroscopy in analytical chemistry. - M., 2000.-109 p.

А.С. Сидиков*

х.ғ.д., профессор, Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің (ФЗУ) филиалы. И. М. Губкина
Ташкент қаласында, Ташкент, Өзбекстан Республикасы

*Корреспондент авторы: laura.aykozova@mail.ru

КҮРДЕЛІ ТЫҢАЙТҚЫШТЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ МИНЕРАЛДЫ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Түйін

Бұл мақалада техногенді қалдықтарды кешенді тыңайтқыштар өндірісінде шикізат ретінде қолдану аймақтың экологиялық жағдайын жақсартумен қатар, экономикалық тиімді өндіріс құруға мүмкіндік беретіндігі туралы көрсетілген. Еліміздің түсті металлургия өндірістерінде жүздеген миллион тонна мыс, мырыш, магний, никель, марганец және т.б. элементтері бар өндіріс қалдықтары ретінде шлак, шлам және т.б. жинақталып қалған. Жыл сайын бұл қалдықтарға он мыңнан астам тонна қалдықтар қосылып жатыр. Осыған байланысты өндіріс қалдықтарын өңдеу бойынша зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Кілттік сөздер: өндірістік қалдықтар, қалдықтарды қайта өңдеу, Металлургиялық қождар, минералогиялық құрам, химиялық мелиорация, қожды мелиорациялау агенттері, химиялық құрам.

А.С. Сидиков*

д.х.н., профессор, Филиал Российского государственного университета нефти и газа (НИУ)
им. И.М. Губкина в городе Ташкент, Ташкент, Республика Узбекистан

*Автор для корреспонденции: laura.aykozova@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ

Аннотация

В данной статье показано, что использование техногенных отходов в качестве сырья при производстве комплексных удобрений не только улучшает экологическую ситуацию в регионе, но и позволяет создать экономически эффективное производство. В цветной металлургии нашей страны скопились сотни миллионов тонн промышленных отходов, содержащих такие элементы, как медь, цинк, магний, никель, марганец и др., в виде шлака, осадка и т. д. Ежегодно к этим отходам добавляется более десяти тысяч тонн. В связи с этим были проведены исследования по переработке промышленных отходов.

Ключевые слова: промышленные отходы, переработка отходов, металлургические шлаки, минералогический состав, химическая утилизация, шлакореактиваторы, химический состав.

А.А. Утебаев*, Л.Д. Айкозова, К.С. Назаркасым

т.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
т.ғ.к., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

*Корреспондент авторы: u.aseke.63@mail.ru

ДЕРМЕНЕ АЛҚАБЫ МЕН ӨСІМДІКТІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА ЖӘНЕ ЕМДІК ҚАСИЕТТЕРІНЕ ТАЛДАУ ЖАСАУ

Түйін

Ғылыми-зерттеу жұмысының негізгі мақсаты Дермене дәрілік шөптер алқабындағы «топырақ-өсімдік» жүйесіндегі химиялық элементтер мен фармокомпоненттердің қасиеттерін зерттей отырып Дермене алқабы мен өсімдіктің экологиялық жағдайына және емдік қасиеттеріне талдау жасау. Дермене өсімдігі бойындағы дәрілік қасиетті қосылыстарға сипаттама беру. Түркістан аймағындағы емдік қасиеттері бар өсімдіктердің, соның ішіндегі «дермене» өсімдігінің «топырақ-өсімдік» жүйесіндегі химиялық элементтердің сандық және сапалық құрамын анықтау, олардың жинақталуы мен миграциялық қасиеттерін зерттеу және Дармено алқабындағы дәрілік шикізаттың молдығына, немесе тапшылығын ғылыми негіздеу. Өсімдіктердің химиялық құрамын және дәрілік қосылыстардың қасиеттерін талдау, өсімдік кариотипінің өзгерістері, топырақ пен өсімдік құрамынан топырақ құрамын және ауыр металдарды қоса алғанда, химиялық элементтерді анықтау әдістері және топырақты кешенді талдау қарастырылады. Элементтердің Кс (биологиялық жинақталу коэффициенті) мен ПК (полярылық коэффициентін), сондай-ақ өсімдіктің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу арқылы дәрілік қоспалардың адам ағзасына енуі нәтижесінде жүретін процестердің ғылыми түсіндірмесі беріледі. Зерттеу жұмысында Дармино алқабының қазіргі жағдайы, ғылыми-зерттеу тақырыбының өзектілігі, дәрілік шөптер мен топырақтың рентгендік микроталдау әдістерін, зерттеу нысаны мен әдістері ретінде пайдалану, зерттеудің мақсаттары мен міндеттері бағаланып, оның ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығын атап өту.

Кілттік сөздер: Дермене дәрілік шөбі, фармокомпоненттер, химиялық элементтер, аккумуляция, миграция, ауыр металдар, өсімдік, топырақ, сандық және сапалық құрамы, биохимиялық талдау.

Кіріспе

Дермене шөбі ежелгі Русьтің Волынь жылнамасында айтылады[1]. Онда ұлы даланың оңтүстігіндегі аптап күн астында емдік жусан өсетіні баяндала келіп, оған: «түсі бозғылт, дәмі ащы, оның өткір иісін бір рет сезіп-білген адам мұны ешуақытта ұмытпайды» деген анықтама беріледі.

Түркістан облысы аймағындағы [2] емдік қасиеті бар өсімдіктердің, соның ішіндегі адам организміне маңызды ролі бар дермене алқабындағы химиялық элементтердің «топырақ-өсімдік» жүйесіндегі сандық және сапалық құрамын анықтау, олардың аккумуляциялық және миграциялық қасиеттерін, дермене өсімдігінің емдік қасиетін зерттеу, дәрілік шикізат алқабының сиреу себептеріне ғылыми негіздеме беру тақырыптың өзектілігін көрсетеді.

Түркістан облысы Арыс ауданы Дермене елдімекеніне қарасты жусанды алқаптан зерттеуге алынған дермене шөбінің, оның сабағы мен дәнегінің бойына жиналған химиялық элементтердің сапалық көрсеткіштерін зерттеу үлгілерінің анализдерін рентгендік микроанализінің нәтижелерін, құрғақ қалдықтары арқылы құрамындағы массалық үлесі басым элементтердің мөлшерлік көрсеткіштері бойынша талдау жасау арқылы баға беріледі. Сондықтан, ғылыми жұмыстың негізгі мақсаты мен міндетіне бүкіл әлемге танымал дермене алқабының қазіргі жағдайдағы күйін элементтердің миграциялық қасиеттері арқылы және дермене өсімдігінің биохимиялық құрамы арқылы оның дәрілік фармокомпоненттеріне

сипаттама беріп оның емдік қасиетін зерттеп және оған міндеттеме жүктелді.

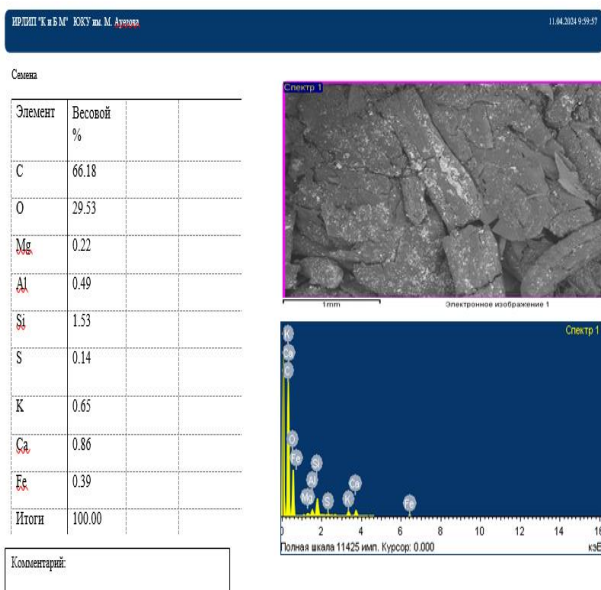
Материалдар мен әдістер

Ғылыми жұмыстың алдына қойып отырған бірінші мәселе – Дермене емдік шикізаттың құрамындағы химиялық элементтердің мөлшерлік және сапалық көрсеткіштерін анықтау. Екінші мәселе, табиғи объектілердің, яғни зерттеліп отырған өсімдіктердің экологиялық жағдайы мен емдік қасиеттеріне мониторинг жасау арқылы баға беру. Үшінші кезекте, дермене өсімдігінің алқабын жандандыру үшін химиялық элементтердің миграциялық қасиеттерін зерттеу жұмыстарын жүргізу. Бұл емдік қасиеті жоғары дермене алқабын мемлекеттік құнды бүкіл халықтық маңызы бар нысана ретінде және адам денсаулығы үшін таптырмайтын табиғи байлық ретінде практикалық маңыздылығы жоғары және үнемі бақылауда ұстауды қажет ететінін айқындап көрсету.

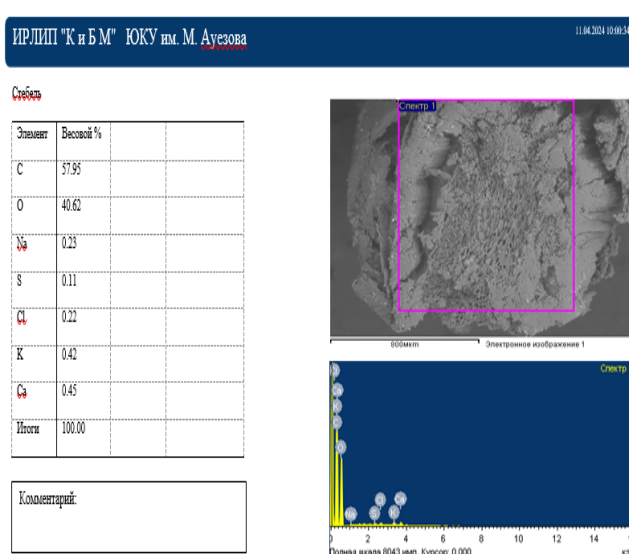
Зерттеу нәтижелерін және оларды талқылау

Түркістан облысы Арыс ауданы Дермене елдімекеніне қарасты жусанды алқаптың емдік қасиеті бар жусанның бір түрі дермененің химиялық құрамы мен элементтердің миграциялық қасиеттерін зерттеу, элементтердің Кс – биологиялық жинақтау коэффициенті мен Полярлық коэффициентін (ПК) және дермене өсімдігінің физика-химиялық қасиеттерін зерттей отыра адам ағзасына келтіретін емдік қасиеттерінің негізінде қандай процестер болатынын ғылыми тұрғыда түсініктеме беру үшін ғылыми жұмыстың негізгі мақсаты мен міндеттері айқындалды.

Дармено алқабынан алып келген дермене өсімдік сабағы мен оның дәнегінің құрам бірлігін анықтау барысында келесі элементтердің сапалық және сандық көрсеткіштері айқындалды.



Сурет 1. Дермене тұқымының химиялық құрам көрсеткіші



Сурет 2. Дермене өсімдік сабағының химиялық құрам көрсеткіші

Жусан (дермене) - көпжылдық, сирек біржылдық және екі жылдық шөптесін өсімдіктердің немесе Asteraceae тұқымдас бұталардың бір түрі. Биіктігі 10-60 см, кейде 1,5-2 м өзегі тік өрлейді немесе жантая жатады. Жазда және күзде гүлдейді. Гүлдері қос жынысты, сары. Гүл шоғыры себет тәрізді. Жемісі – дәнді. Қазақстанда 81 түрі бар; Олар шөлді және далалы аймақтардың барлық жерінде өседі. Жусанды жайылымдардың негізі. Көп жағдайларда шаруашылықта сирек, эндемикалық жусан – **цитварлы** дегенді білдіреді. Жусан

құрамында гликозидтер мен алкалоидтар бар және медицина мен ветеринарияда кеңінен қолданылады. Цитварлы жусанда эстрагонның жапырақтары мен сабақтары жеуге жарамды. Желмен ұшатын және гүлі аз жусандары - азықтық өсімдіктер. Жусан эфир майы, бояғыш, тағамдық, витаминге бай өсімдік ретінде де пайдаланады. Құмды бекіткіш цитварлы жусан Қазақстанның Қызыл кітабына енгізілген. [2-3]

Кесте 1 - Дермене алқабы мен өсімдігінің талдау нәтижелері

№	Талдау үлгілері	Элементтер %																	
		C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe	Na	Cl	P	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Co
1	Дермене дәнінде	66,18	29,53	0,22	0,49	1,53	0,86	0,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Дермене сабағында	57,95	40,62	-	-	-	0,11	0,42	0,45	-	0,23	0,22	-	-	-	-	-	-	-
3	Дермене алқабының топырағында	14,45	45,18	1,27	4,13	15,32	0,29	1,48	7,36	7,06	0,83	-	0,17	0,69	0,44	0,92	0,60	0,02	0,01
4	Кс – Биологиялық жиналу коэффициенті дәнінде	4,58	0,65	0,17	0,12	0,10	0,48	0,44	0,12	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Кс – Биологиялық жиналу коэффициенті сабағында	4,01	0,90	0	0	0	0,38	1,05	0,06	0	0,28	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Полярлық коэффициенті (ПК)	1,14	0,73	0	0	0	1,27	1,55	1,91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1. *Дермене топырағы–дермене сабағы-дермене дәнегі»* жүйесіндегі элементтердің көшіп қонуы (миграциясы) туралы айтылады.

Дермене өсімдігіндегі химиялық элементтердің орташа мөлшерінің топырақтағы орташа мөлшеріне қатынасы ретінде биоаккумуляцияны (биологиялық жинақтау коэффициентін) есептеу келесі формула бойынша жүргізілді:

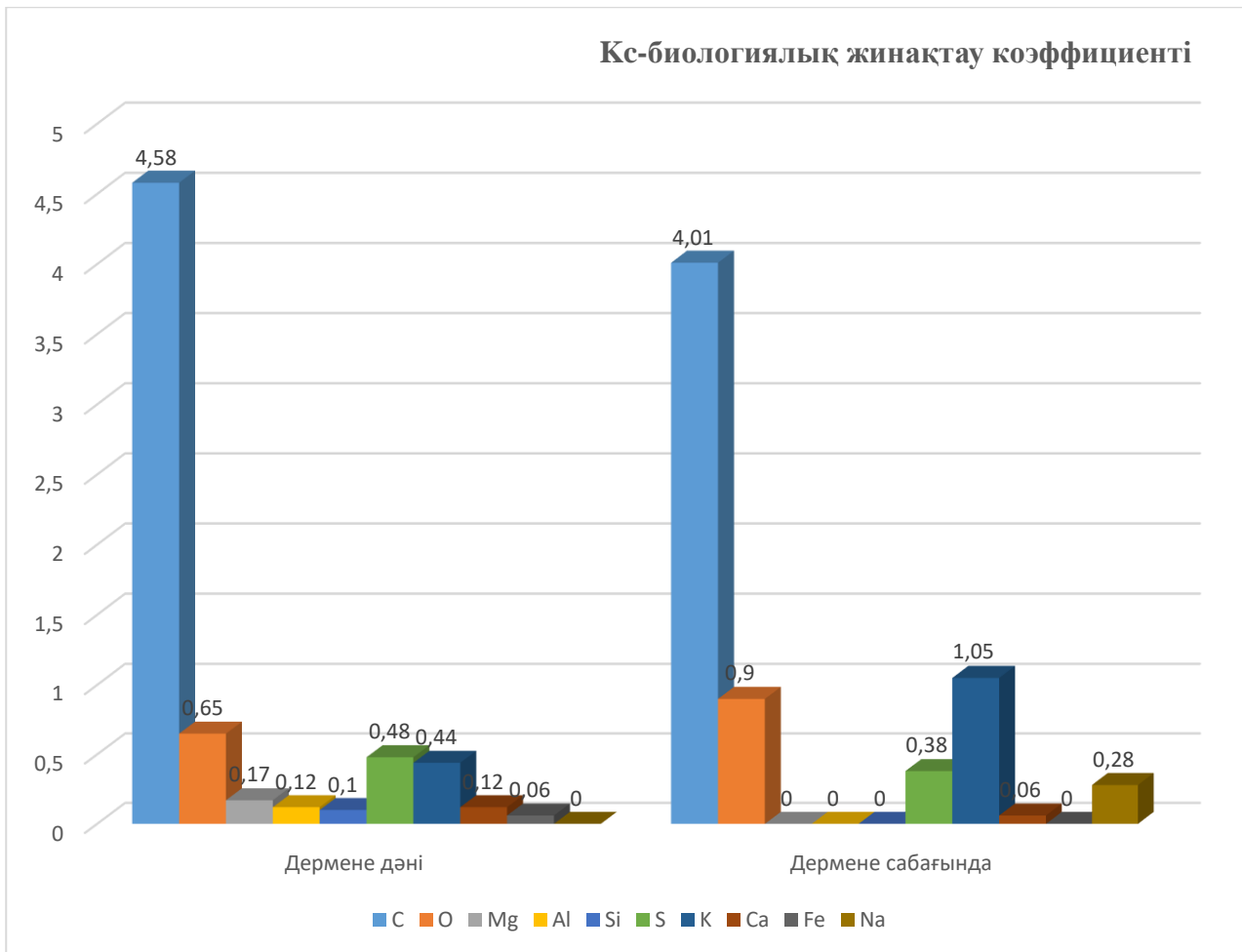
$$K_c = C_t / C_{cp} \quad (1)$$

мұндағы K_c – биологиялық жинақтау коэффициенті;

C_t – өсімдіктегі металл мөлшері, мг/кг;

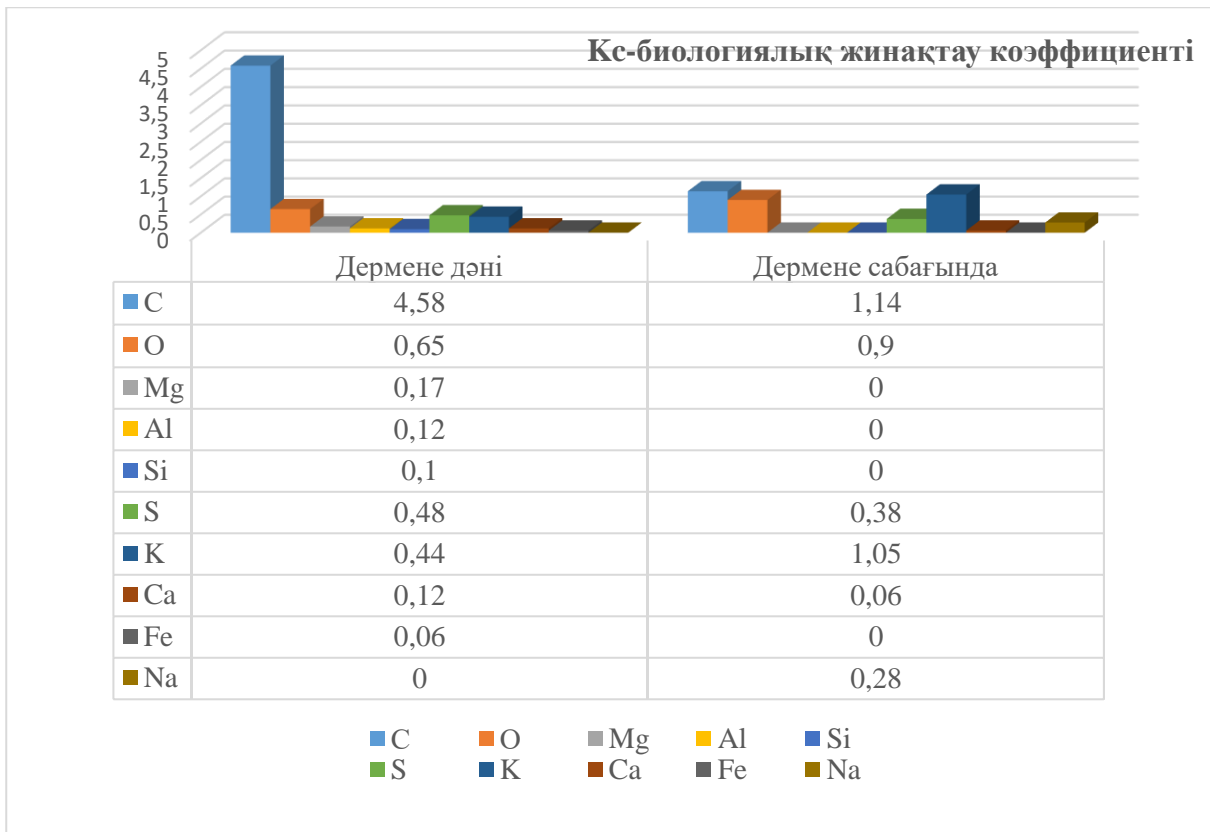
C_{cp} – топырақ жамылғысындағы элементтердің мөлшері, мг/кг.

2. *Кс – Биологиялық жиналу коэффициенті дәнінде* – бұл топырақтағы элементтердің дермене дәнегіне жинақталу мөлшерін айқындайды
3. *Кс – Биологиялық жиналу коэффициенті сабағында* - бұл топырақтағы элементтердің дермене сабағына жинақталу мөлшерін айқындайды
4. *Полярлық коэффициенті (ПК)* – дермене сабағындағы элементтердің оның дәнегіне өтуі мөлшерін анықтайды.



Сурет 3 – Кс-биологиялық жинақталу коэффициенті

Химиялық элементтердің дермене дәні мен сабағына жинақталу мөлшері арқылы қай элементтердің қайда жинақталуын байқауға болады. Мысалы, топырақтан дермене сабағына, одан кейін дәнегіне миграциялануы бойынша қарайтын болсақ: макроэлементтер C,S дәнегінде көп, Mg,Al,Si, Fe толық дәнегіне өтіп кеткен. Сабағында оттегі мен калий мөлшері көптеу, натрий толық сабағында, кальций аздап дәнегінде, сабағында одан екі есе төмен.



Сурет 4 - Дермене өсімдігіндегі химиялық элементтердің биоаккумуляциясы

Полярлық коэффициенті (ПК) - Өсімдіктің дәнегіндегі биомассасының сабағындағы биомассасына арақатынасын айтамыз.

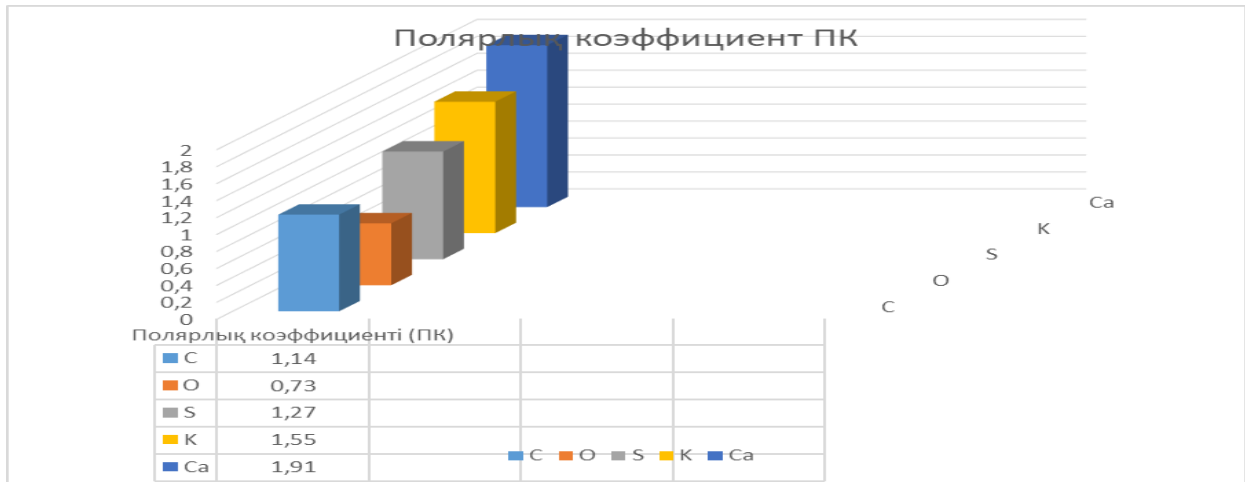
$$ПК = \frac{C_t}{C_{саб}} \quad (2)$$

мұндағы ПК – Полярлық коэффициенті;

C_t – өсімдіктегі элемент мөлшері, мг/кг;

$C_{саб}$ – өсімдік сабағындағы мөлшері, мг/кг.

Дермене өсімдік сабағы мен дәнегіндегі элементтердің полярлық коэффициенті



Сурет 5 - Дермене өсімдік сабағы мен дәнегіндегі элементтердің полярлық коэффициенті

Дермене дәнегімен сабағындағы элементтердің миграциялану қасиеттері $Ca > K > S > C > O$ активтілік қасиеттерін көрсетеді. Элементтердің активтілігі олардық қозғалғыштығын көрсетеді.

Дермене алқабы бойынша ауыр металдардың өсімдікке K_c – биологиялық жиналу коэффициентін есептеу. Қауіптілік деңгейін анықтау көрсеткіштерін байқасақ

Кесте 2 - Дермене алқабы бойынша ауыр металдардың өсімдікке K_c – биологиялық жиналу коэффициентін есептеу.

Элемент	Қауіптілік класы	ШМК			Дермене алқабы				
		топырақ	өсімдік	K_c	топырақ	Дермене дә- нінде	K_c	Дермене сабағында	K_c
Pb	1	32	0,5	0,015	0,60	0	0	0	0
Cu	2	3	0,045	0,015	0,44	0	0	0	0
Zn	1	23	0,45	0,020	0,92	0	0	0	0
Mn	3	0.1	0,2	2	0,69	0	0	0	0
Cd	1	0,5-2,0	0,03	0,06-0,015	0,01	0	0	0	0
Co	2	0,1	0,2	2	0,01				

Өсімдіктердегі ауыр металдардың орташа мөлшерін олардың топырақтағы орташа мөлшеріне қатынасы ретінде есептелді. K_c – Биологиялық жиналу коэффициенті

Кесте 3 – Ауыр металдардың әсер ету қауіптілік деңгейі

0,015	ШМК K_c аспаған қауіпсіз жағдайда жүруі
0,051	ШМК K_c асқан организмде жинақталу мөлшеріне қарай қауіпті болады
1	Қауіпті деңгей

Дермене алқабы бойынша шаруашылық алқаптағы өсімдіктердегі ауыр металл

мөлшерінің орташа мәндері негізінде ауыр металдардың организмде жинақталу мөлшеріне қарай қауіптілік деңгейі анықталды.

Бұл жерде байқайтынымыз топырақтағы ауыр металдардың өсімдікке өту қауіптілік деңгейі дермене өсімдігі үшін қауіпті емес. Өйткені топырақтағы ауыр металдардың ешқайсысы дермене сабағынада және дәнегінеде миграцияланбайды.

Дермене өсімдігінің құрамындағы емдік қасиетті заттарға сипаттама

Цитварлы жусан (дермене)- Орталық Азияның (оңтүстік Қазақстан) эндемикалық өсімдігі. Тәжікстандағы Сырдария, Арыс және басқа да өзендердің аңғарларында кездеседі.

Химиялық құрамы. Өсімдіктің ауа бөліктерінде **сесквитерпенді лактонды сантонин** (7% дейін [3]) және 1,5-3% **эфир майы** бар, оның құрамына **кинеол** және басқа **терпендер** (70-80% [3]), **камфора**, **карвакрол** кіреді.

Ол өзен аңғарларының бойында, шөлді жазықтарда және тау етегінде үлкен алқаптарда өседі.

Кесте 4. Дермене өсімдігінің құрамындағы емдік қасиетті заттарға сипаттама

Емдік қасиетті заттар	Құрам бірлігінің ерекшелігі
Сесквитерпендер	Терпен класының органикалық қосылыстарының үлкен тобы, оның құрамына C ₁₅ H ₂₄ -тен C ₁₅ H ₃₂ -ге дейінгі көмірсутектер, сондай-ақ олардың оттегі туындылары - спирттер, альдегидтер, кетондар (соңғылары) кіреді. әдетте сесквитерпеноидтар деп аталады.
Лактондар	сақинада -C(O)O- тобы бар гидроксикышқылдардың ішкі циклдік күрделі эфирлері: Лактондардың түрлері. Лактондарды түзетін гидроксикышқылдардың түріне байланысты β-, γ-, δ-, ε-лактондар және т.б., мысалы: β-пропиолактон (I, bp 155 °C), γ-бутиролактон (II, bp) 203 -204 °C), δ-валеролактон (III, қайнау температурасы 218-220 °C).
Сантонин	бұрын кеңінен қолданылған антигельминтикалық препарат; қауіпсіз өнімдерді жасағаннан кейін қолданыстан шығып қалды және әлемнің көптеген елдерінде тіркелмеген. Сантониннің жалпы формуласы C ₁₅ H ₁₈ O ₃ , молярлық массасы - 246,3.
Эфир майлары	1,5-3% - күшті иісі мен дәмі бар өсімдіктердің ұшпа биохимиялық қосылыстары бар майлы, суда ерімейтін сұйықтықтар. Эфир майлары өсімдіктерде түзіледі және олардың екіншілік метаболиттері болып табылады.
Цинеол	ментан оксиді – моноциклді терпен. Бұл атау құрылымы сәл өзгеше химиялық қосылыстар тобына жатады; табиғатта ең көп таралғаны 1,8-цинол, 1,8-эпокси-пара-ментан; сондай-ақ 1,4-цинеол. Цинеол эфир майларынан бөлініп алынады, сонымен қатар сұйылтылған қышқылдармен қыздыру арқылы 1,8-терпин немесе терпинеолды сусыздандыру арқылы алынады. Цинеол медицинада антисептиктер, қақырық түсіретін және тіс пасталары[5] құрамында эвкалипт майы[6], сонымен қатар жасанды эфир майларының құрамдас бөлігі ретінде қолданылады.
Камфора	табиғатта кең таралған, көптеген эфир майларының құрамына кіреді. Ол әсіресе камфора лаврының (Cinnamomum camphora),

	насыбайгүлдің, жусанның, розмариннің майында көп. Камфора лаврының эфир майы 19 ғасырда (d)– камфораның, табиғи (жапондық) камфораның негізгі көзі болды.
Карвакрол	Escherichia coli немесе Bacillus cereus сияқты кейбір бактериялардың өсуін баяулатады. Төмен уыттылығы, жағымды иісі мен дәмі карвакролды бактерияға қарсы агент ретінде пайдалануға мүмкіндік береді
Гликозидтер	молекулалары екі бөліктен тұратын органикалық қосылыстар: көмірсулар (пиранозид немесе фуранозид) қалдығы және көмірсусыз фрагмент (деп аталатын.агликон). Жалпы мағынада мыналарды гликозидтер ретінде қарастыруға болады:көмірсулар, екі немесе одан да көп моносахарид қалдықтарынан тұрады. Көбінесе кристалды, сирекаморфты заттар, суда және алкогольде жақсы ериді.
Алкалоидтар	топ құрамында азот бар органикалық қосылыстар табиғи шығу тегі (көбінесе өсімдік негізіндегі), негізінен гетероциклді, олардың көпшілігінің қасиеттері бар әлсіз негіздер; Оларға сонымен қатар биогенетикалық тұрғыдан негізгі алкалоидтармен байланысты кейбір бейтарап, тіпті әлсіз қышқыл қосылыстар да жатады.

Қорытынды

Дермене алқабының қазіргі күйі дермене өсімдігінің топырағы, сабағы мен дәнегіндегі химиялық элементтердің сандық және сапалық анализі, рентгендік микроталдау әдістері арқылы химиялық элементтердің миграциялануы негізінде элементтердің Кс – биологиялық жинақтау коэффициенті мен Полярлық коэффициентін (ПК) есептеп анықталып, олардың дермене сабағы мен дәнегіндегі активтік қатары, көш-қону мүмкіндіктері айқындалды. Дермене өсімдіктерінің химиялық құрамы және емдік қасиеті бар қосылыстардың қасиеттері талданды, өсімдіктердің кариотипіндегі өзгерістері, топырақ құрамы мен химиялық элементтердің және ауыр металдардың өсімдік құрамындағы мөлшері анықталып, олардың адам ағзасына қауіптілік дәрежесінің қауіпсіз деңгейі айқындалды.

Әдебиеттер тізімі

1. Дермене – дәрілік шөптің төресі. <https://turkystan.kz/article/72807-dermene-d-rilik-sh-pti-t-resi>. 2 маусым 2023ж
2. Дермене жусаны. <https://anatili.kazgazeta.kz/news/28540> Ана тілі. 26 Ақпан, 2015.
3. Дермене. Уикипедия — ашық энциклопедиясы. <https://kk.wikipedia.org/wiki>. 2023 ж. 8 желтоқсан.
4. Утебаев А.А. Биогеохимия және экотоксикология: пәнінен 5В060800-«Экология» мамандығы бойынша оқитын студенттеріне арналған. Оқулық – Шымкент, 2019. ОҚМУ ОӘК хаттамасы № 6, 26.03.2019г.
5. Есенаманова М.С. Биогеохимия және экотоксикология оқу құралы. Алматы: Эпиграф, 2015. - 240 б. http://www.lib.ukgu.kz/cgi-bin/irbis64r_01/cgiirbis_64.exe
6. Болысбекова С.М. "Экотоксикология" Оқу құралы. - Алматы: Эверо, 2015. - 220б. http://www.lib.ukgu.kz/cgi-bin/irbis64r_01/cgiirbis_64.exe
7. Сағатов К.С. "Биогеохимия": Оқу құралы / К. С. Сағатов- Алматы: Білім, 2014. - 440 б. http://www.lib.ukgu.kz/cgi-bin/irbis64r_01/cgiirbis_64.exe
8. Трушина Т.Г. "Биохимия және жалпы экология": Оқу құралы, Изд-во "Феникс",2014.416-б. http://www.lib.ukgu.kz/cgi-bin/irbis64r_01/cgiirbis_64.exe

9. Анализ растений. Доступно на: <https://agrotest.com/ru/uslugi/analiz-rastenij>

References

1. Dermene – дәрілік шөптің төресі. <https://turkystan.kz/article/72807-dermene-d-rilik-sh-pti-t-resi.2-mausym-2023j>
2. Dermene jusanу. <https://anatili.kazgazeta.kz/news/28540> Ана тілі. 26 Ақпан, 2015.
3. Dermene. Uikipedia — ашық ensiklopediasy. [https://kk.wikipedia.org/wiki.2023 j. 8 jeltoqsan](https://kk.wikipedia.org/wiki.2023_j.8_jeltoqsan).
4. Utebaev A.A. Biogeohimia және ekotoksikologia: pәнinen 5V060800-«Ekologia» mamandyғы boiynша oqıtyн studentterine арналған. Oqulyq – Şymkent, 2019. OQMU OÄK hattamasy № 6, 26.03.2019g.
5. Ezenamanova M.S. Biogeohimia және ekotoksikologia oqu qūraly. Almaty: Epigraf, 2015. - 240 b.
6. Bolysbekova S.M. "Ektoksikologia" Oqu qūraly. - Almaty: Evero, 2015. - 220b.
7. Saғatov K.S. "Biogeohimia": Oqu qūraly / K. S. Saғatov- Almaty: Bilim, 2014. - 440 b.
8. Truşina T.G. "Biohimia және jalpy ekologia": Oqu qūraly, İzd-vo "Feniks", 2014.416-b.
9. Analiz rastenij Dostupno na: <https://agrotest.com/ru/uslugi/analiz-rastenij>

А.А. Утебаев*, **Л.Д. Айкозова**, **К.С. Назаркасым**
к.т.н., доцент, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
к.т.н., профессор, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
преподаватель, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
*Автор для корреспонденции: u.aseke.63@mail.ru

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ЛЕЧЕБНЫХ СВОЙСТВ ДЕРМЕНСКОЙ ДОЛИНЫ И РАСТЕНИЯ

Аннотация

Основной целью научно-исследовательской работы является анализ экологического состояния и лечебных свойств Дерменской долины и растения с изучением свойств химических элементов и фармакокомпонентов в системе «почва-растение» дерменской долины лекарственных трав. Характеристика лекарственных священных соединений вдоль растения дермена. Определение количественного и качественного состава растений с лечебными свойствами Туркестанской области, в том числе химических элементов в системе «почва-растение» растения «дермене», изучение их накопления и миграционных свойств и научное обоснование обилия или дефицита лекарственного сырья в долине Дармено. Рассматриваются анализ химического состава растений и свойств лекарственных соединений, изменения кариотипа растений, методы определения химических элементов, включая состав почвы и тяжелых металлов из почв и растительных компонентов, а также комплексный анализ почв. Дается научное объяснение процессов, происходящих в результате попадания лекарственных добавок в организм человека, путем изучения КС (коэффициента биологического накопления) и ПК (коэффициента полярности) элементов, а также физико-химических свойств растения. В исследовательской работе оценивается современное состояние долины Дармино, актуальность темы исследования, использование в качестве объекта и методов рентгеновского микроанализа лекарственных трав и почв, цели и задачи исследования, подчеркивается его научная новизна и практическая значимость.

Ключевые слова: дерменская лекарственная трава, фармакокомпоненты, химические элементы, аккумуляция, миграция, тяжелые металлы, растительность, почва, количественный и качественный состав, биохимический анализ.

A.A. Utebaev*, **L.D. Aikozova**, **K.S. Nazarkasym**

Cand.Tech.Sci., Associate Professor, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Cand.Tech.Sci., Professor, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Lecturer, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

*Corresponding author's email: u.aseke.63@mail.ru

ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL STATUS AND MEDICINAL PROPERTIES OF THE DERMENSKAYA VALLEY AND PLANTS

Abstract

The main purpose of the research is to analyze the ecological status and medicinal properties of the Dermenskaya Valley and plants with the study of the properties of chemical elements and pharmaceutical components in the soil-plant system of the Dermenskaya valley of medicinal herbs. Characterization of medicinal sacred compounds along the plant derma. Determination of the quantitative and qualitative composition of plants with medicinal properties of the Turkestan region, including chemical elements in the soil-plant system of the dermene plant, study of their accumulation and migration properties and scientific justification of the abundance or shortage of medicinal raw materials in the Darmeno valley. The analysis of the chemical composition of plants and the properties of medicinal compounds, changes in plant karyotype, methods for determining chemical elements, including the composition of soil and heavy metals from soils and plant components, as well as a comprehensive soil analysis are considered. A scientific explanation of the processes occurring as a result of the ingestion of medicinal additives into the human body is given by studying the KC (coefficient of biological accumulation) and PK (coefficient of polarity) of the elements, as well as the physico-chemical properties of the plant. The research work evaluates the current state of the Darmino valley, the relevance of the research topic, the use of medicinal herbs and soils as an object and methods of X-ray microanalysis, the goals and objectives of the study, and emphasizes its scientific novelty and practical significance.

Keywords: Derma medicinal herb, pharmaceutical components, chemical elements, accumulation, migration, heavy metals, vegetation, soil, quantitative and qualitative composition, biochemical analysis.

ИНФОРМАТИКА, ИТ-ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ИНФОРМАТИКА, ИТ-ТЕХНОЛОГИИ
COMPUTER SCIENCE, INFORMATION TECHNOLOGIES

ӘОЖ 004.912

<https://doi.org/10.54251/2616-6429.2025.04.n08>

Б.Е. Айдәулет, Б.Ж. Умирзаков, Ж.Д. Изтаев*, К.Т. Айхынбай, Л.А. Агатаева
магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистр, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
***Корреспондент авторы: zhalgasbek71@mail.ru**

**КӘСПОРЫННЫҢ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰЖАТ АЙНАЛЫМЫ ЖҮЙЕЛЕРІН
ЖЕТІЛДІРУДЕ LLM ЖӘНЕ RAG МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНУ**

Түйін

Бұл мақалада кәсіпорынның электрондық құжат айналым жүйелерін жетілдіруде жасанды интеллект технологияларын қолданудың теориялық аспектілері қарастырылады. Атап айтқанда, табиғи тілдерді өңдеу саласындағы заманауи бағыттар, Large Language Model және Retrieval-Augmented Generation модельдерінің құжаттық ақпаратпен жұмыс істеудегі мүмкіндіктері талданады. Дәстүрлі электрондық құжат айналым жүйелерінің шектеулері көрсетіліп, оларды семантикалық іздеу және контекстке негізделген ақпаратты ұсыну тәсілдері арқылы жетілдірудің маңыздылығы негізделеді. RAG моделі тілдік модельдердің генерация мүмкіндіктерін нақты құжаттық деректермен біріктіру арқылы жауаптардың нақтылығын арттыратын тиімді тәсіл ретінде сипатталады. Сонымен қатар, бұл технологияларды қолданудың ақпаратты іздеу тиімділігіне, пайдаланушымен өзара әрекеттесуге және ақпараттық қауіпсіздік талаптарына ықпалы талқыланады. Зерттеу нәтижелері LLM және RAG модельдерін кәсіпорынның электрондық құжат айналым жүйелерін интеллектуалдандырудың перспективасы бағыты ретінде қарастыруға мүмкіндік береді, сондай-ақ олардың болашақта практикалық жүйелерде қолданылу әлеуетін айқындайды.

Кілттік сөздер: электронды құжат айналымы, EDMS, жасанды интеллект, табиғи тілдерді өңдеу, LLM, RAG моделі, ақпараттық жүйе.

Кіріспе

Кәсіпорын қызметінің барлық дерлік үдерістері құжаттық ақпаратпен тығыз байланысты болғандықтан, құжат айналымының тиімді ұйымдастырылуы басқару шешімдерінің сапасына, жұмыс өнімділігіне және ұйымның жалпы бәсекеге қабілеттілігіне тікелей әсер етеді. Дәстүрлі электрондық құжат айналымының ақпараттық жүйелері (Electronic Document Management Systems – EDMS) негізінен құжаттарды тіркеу, сақтау, тасымалдау және іздеу функцияларын орындауға бағытталған [1].

Алайда мұндай жүйелер құжаттардың мазмұнын терең семантикалық тұрғыдан талдау, мағыналық іздеу жүргізу, құжаттар арасындағы логикалық байланыстарды анықтау және басқарушылық шешімдерді қолдау сияқты интеллектуалды функцияларды толық қамтамасыз ете алмайды. Нәтижесінде кәсіпорын қызметкерлері құжаттармен жұмыс істеу барысында көп уақыт жоғалтып, адам факторының ықпалы артады [2].

Соңғы жылдары жасанды интеллект технологияларының, әсіресе табиғи тілдерді өңдеу (Natural Language Processing – NLP) саласының қарқынды дамуы мәтіндік ақпаратпен жұмыс істеудің жаңа мүмкіндіктерін ашты. Бұл бағытта үлкен тілдік модельдер (Large Language

Models – LLM) мәтінді түсіну, сұрақтарға жауап беру, қорытындылау және классификациялау сияқты күрделі тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді.

Дегенмен, LLM модельдерін тікелей қолдану барысында өзекті деректердің шектеулілігі және генерацияланған жауаптардың нақтылығы мәселелері туындайды. Осы шектеулерді шешуде Retrieval-Augmented Generation (RAG) моделі ұсынылады. Ол тілдік модельдің генерация мүмкіндіктерін кәсіпорын деректерімен біріктіп, сенімді әрі нәтижелер алуға көмектеседі. RAG моделі құжаттарды семантикалық іздеу арқылы іріктеп, алынған ақпаратты LLM көмегімен өңдеуге негізделген. Осы мақалада RAG моделін қолдану арқылы ЭКАЖ жетілдіру мүмкіндіктері зерттеледі. [3].

Материалдар мен әдістер

Кәсіпорындағы құжат айналымының ақпараттық жүйелері

Кәсіпорындағы құжат айналымы – ұйымның ішкі және сыртқы қызметін қамтамасыз ететін басқарушылық, ұйымдастырушылық және өндірістік үдерістердің маңызды құрамдас бөлігі. Құжаттық ақпаратты сақтау, өңдеу және пайдалану үдерістерін автоматтандыру кәсіпорын қызметінің тиімділігін арттырудың негізгі факторларының бірі болып саналады. Құжат айналымының ақпараттық жүйелері 1-кестеде көрсетілген кәсіпорындағы құжаттармен жұмыс істеуді автоматтандыруға арналған бағдарламалық-аппараттық кешендер ретінде қарастырылады. EDMS жүйелері кәсіпорындарда құжаттарды тіркеу, нұсқаларын бақылау, орындаушылар арасында бағыттау, қолжетімділікті басқару және іздеу сияқты базалық функцияларды орындайды.

Кесте 1 – Кәсіпорындағы құжат айналымының ақпараттық жүйелерін сипаттау

Критерий	Дәстүрлі EDMS жүйелері	Мәселе / шектеу	Интеллектуалдандыру қажеттілігі
Құжаттарды құрылымдау тәсілі	Метадеректерге (атауы, күні, авторы) негізделген	Мазмұндық байланыстар ескерілмейді	Мәтіннің мағыналық құрылымын талдау
Іздеу механизмі	Кілтсөздік және атрибуттық іздеу	Нәтиже дәлдігі төмен	Семантикалық және контекстік іздеу
Құжат мазмұнын өңдеу	Қолмен немесе шектеулі автоматтандыру	Уақыт шығыны жоғары	Автоматты талдау және түсіну
Құжаттарды жіктеу	Қолмен тағайындалады	Адам факторына тәуелді	Интеллектуалды классификация
Аналитикалық мүмкіндіктер	Есептік және статистикалық	Терең талдау жоқ	Мазмұнға негізделген аналитика
Пайдаланушымен өзара әрекет	Формалды интерфейс	Икемсіз сұраныстар	Табиғи тілдегі сұраныстар

Қазіргі таңда кәсіпорындарда қолданылатын құжат айналым жүйелерінің басым бөлігі құрылымдалған метадеректерге негізделген. Құжаттар әдетте атауы, күні, авторы, түрі және мәртебесі сияқты сипаттамалар арқылы жүйеленеді. Мұндай тәсіл құжаттарды формалды деңгейде басқаруға мүмкіндік бергенімен, олардың мазмұнын терең талдау және мағыналық байланыстарды анықтау мүмкіндігін шектейді.

Нәтижесінде пайдаланушылар қажетті ақпаратты табу үшін көптеген құжаттарды қолмен қарауға мәжбүр болады. Бұл өз кезегінде құжат айналым жүйелерін жетілдіруде жаңа технологиялық тәсілдерді, соның ішінде тілдік модельдер мен білімге негізделген архитектураларды қолданудың өзектілігін арттырады [4].

Large Language Model (LLM) мүмкіндіктері

Қазіргі таңда жасанды интеллект технологиялары деректерді өңдеу мен талдаудың тиімді құралдары ретінде әртүрлі салаларда, соның ішінде кәсіпорындарды басқару, өндірісті автоматтандыру және ақпараттық жүйелерді жетілдіру бағыттарында кеңінен қолданылуда. Жасанды интеллекттің маңызды құрамдас бөліктерінің бірі – NLP саласы.

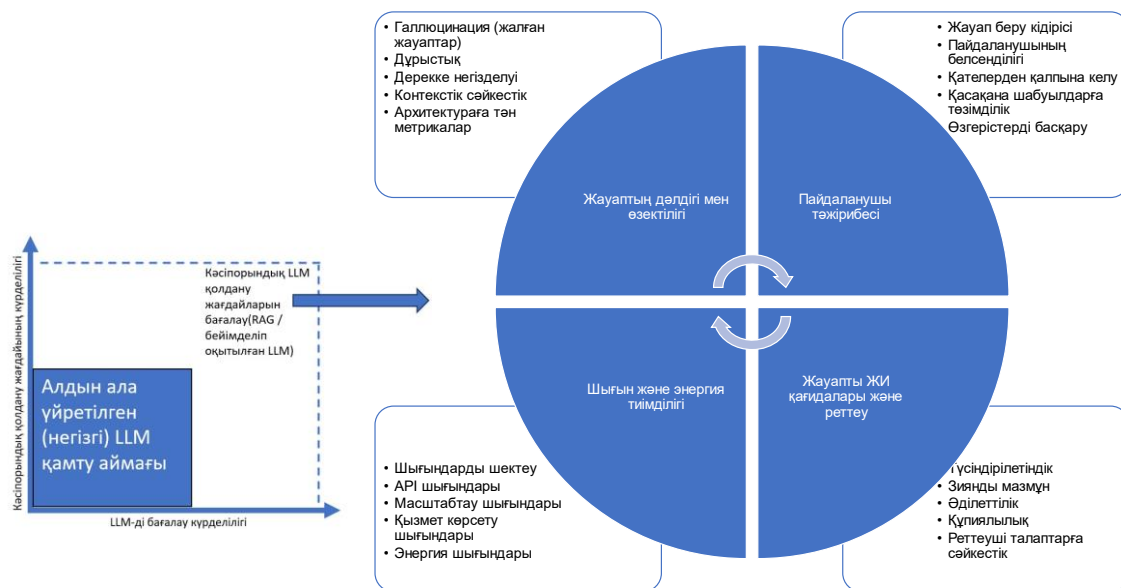
NLP адамның табиғи тілде ұсынылған мәтіндік немесе сөйлеу деректерін компьютерлік жүйелердің түсінуіне, талдауына және өңдеуіне мүмкіндік беретін әдістер мен алгоритмдер жиынтығын қамтиды.

Кәсіпорындардың ақпараттық жүйелерінде сақталатын деректердің басым бөлігі мәтіндік форматта болатындықтан, NLP технологияларын қолдану құжаттық ақпаратпен жұмыс істеуде аса өзекті болып табылады. 2-кестеде кәсіпорынның құжат айналым жүйелерінде NLP технологияларын қолдану бағыттары қарастырылады [5].

Кесте 2 – Құжат айналым жүйелерінде NLP технологияларын қолдану бағыттары

NLP міндеті	Қолданылатын әдістер	Құжат айналым жүйесіндегі қолданылуы	Алынатын нәтиже
Мәтінді алдын ала өңдеу	Токенизация, лемматизация, стоп-сөздерді жою	Құжат мәтінін машиналық өңдеуге дайындау	Деректердің бірізділігі және өңдеу сапасының артуы
Атаулы объектілерді тану (NER)	Машиналық оқыту, нейрондық желілер	Ұйым атауы, тұлға, күн, сома сияқты деректерді автоматты анықтау	Құжаттық ақпаратты құрылымдау
Құжаттарды автоматты классификациялау	Статистикалық модельдер, терең оқыту	Құжаттарды тақырыптар, типтер бойынша бөлу	Құжаттарды басқарудың тиімділігі
Мәтіндік ұқсастықты есептеу	Векторлық ұсынулар, embedding модельдер	Ұқсас құжаттарды анықтау және салыстыру	Ақпаратты іздеу дәлдігінің артуы
Семантикалық іздеу	Контекстке негізделген модельдер	Пайдаланушы сұранысына мағыналық тұрғыдан сәйкес құжатты табу	Іздеу нәтижелерінің сапасын жақсарту

Large Language Model (LLM) – үлкен көлемдегі мәтіндік деректер негізінде үйретілген, табиғи тілді түсіну және генерациялау қабілетіне ие нейрондық модельдер тобы болып табылады. LLM модельдерінің басты ерекшелігі – тілдік заңдылықтарды, мағыналық байланыстарды және контекстік тәуелділіктерді автоматты түрде үйрену қабілеті. LLM жүйелері 1-суретте көрсетілген үлгі бойынша бағаланады.



Сурет 1 – Кәсіпорындық LLM жүйелерін кешенді бағалау өлшемдері

LLM технологиялары кәсіпорынның құжат айналымының ақпараттық жүйелерін интеллектуалдандыруда негізгі рөл атқарады. Олар мәтіндік ақпаратты терең мағыналық деңгейде өңдеуге, пайдаланушымен табиғи тілде өзара әрекеттесуге және басқарушылық шешімдерді қолдауға жағдай жасайды. LLM модельдерінің тиімді қолданылуы оларды нақты деректермен интеграциялау механизмдерін енгізумен тығыз байланысты [6].

Retrieval-Augmented Generation (RAG) моделі

RAG моделінің жұмыс істеу үдерісі бірнеше негізгі кезеңнен тұрады. Алдымен кәсіпорынның құжаттары мәтіндік өңдеуден өткізіліп, семантикалық векторларға түрлендіріледі. Бұл кезеңде embedding модельдері қолданылады, нәтижесінде әрбір құжат векторлық кеңістікте ұсынылады. Кейін бұл векторлар арнайы векторлық дереккорда сақталады. 2-суретте көрсетілген модель бойынша пайдаланушы табиғи тілде сұраныс енгізген кезде, сұраныс та векторлық формаға келтіріліп, семантикалық ұқсастық негізінде ең релевантты құжаттар немесе мәтін үзінділері таңдалып алынады [7].



Сурет 2 – RAG моделінің кәсіпорынның электрондық құжат айналым жүйелеріндегі жұмыс істеу схемасы

Нәтижелер және талқылау

Кәсіпорынның құжат айналымының ақпараттық жүйелерінде RAG моделін қолдану бірқатар маңызды артықшылықтарға ие. RAG моделінің артықшылықтары мен оларды электронды құжат айналымы жүйесінде қолданудың оң нәтижелері 3-кестеде берілген.

Кесте 3 – Электрондық құжат айналым жүйелерінде RAG моделін қолданудың артықшылықтары

№	RAG моделінің артықшылықтары	Қолдану саласы	ЭҚАЖ нәтижесі
1	Құжаттарды білім қоры ретінде пайдалану	Регламенттер, нұсқаулықтар	Нақты құжаттарға негізделген жауаптар
2	Семантикалық іздеу	Құжаттарды іздеу және талдау	Іздеу уақытының қысқаруы
3	Табиғи тілде сұрақ-жауап	Қызметкерлермен өзара әрекеттесу	Қолдану ыңғайлылығының артуы
4	Ақпараттық қауіпсіздік	Ішкі корпоративтік деректер	Құпия деректердің қорғалуы
5	Адам факторын азайту	Құжаттарды өңдеу үдерістері	Қателіктердің төмендеуі

Дәстүрлі іздеу тәсілдері негізінен кілтсөздер мен метадеректерге сүйенеді, бұл құжаттардың мазмұнын терең семантикалық тұрғыдан ескеруге мүмкіндік бермейді. Ал RAG моделі семантикалық іздеуді тілдік модельдердің генерация мүмкіндіктерімен біріктіре отырып, құжаттық ақпаратты контекстке негізделген түрде пайдалануға көмектеседі. Осыған байланысты 4-кестеде электрондық құжат айналым жүйелерінде дәстүрлі іздеу мен RAG моделінің негізгі айырмашылықтары салыстырмалы түрде көрсетілген.

Кесте 4 – Электрондық құжат айналым жүйелерінде RAG моделі мен дәстүрлі іздеуді салыстыру

№	Салыстыру критерийі	Дәстүрлі іздеу	RAG моделі
1	Іздеу негізі	Кілтсөздер мен метадеректер	Семантикалық ұқсастық
2	Мазмұнды түсіну деңгейі	Шектеулі	Контекстке негізделген
3	Жауап ұсыну тәсілі	Құжаттар тізімі	Құжатқа негізделген жауап
4	Пайдаланушы сұранысы	Қатаң құрылымдалған	Табиғи тілде
5	Іздеу нәтижесінің нақтылығы	Орташа	Жоғары
6	Адам факторына тәуелділік	Жоғары	Төмен

RAG моделі кәсіпорынның құжат айналымының ақпараттық жүйелерін интеллектуалдандыруда шешуші рөл атқарады. Ол LLM модельдерінің жоғары тілдік мүмкіндіктерін нақты құжаттық деректермен үйлестіріп, мазмұнды, сенімді және контекстке негізделген ақпараттық қолдау көрсетеді. RAG моделін қолдану құжаттық ақпаратпен жұмыс істеудің сапасын арттырып, басқарушылық шешімдерді қабылдаудың тиімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді [8].

Жүргізілген теориялық талдау кәсіпорынның электрондық құжат айналым жүйелерін жетілдіруде LLM және RAG модельдерін қолданудың жоғары әлеуетін көрсетеді. LLM модельдерін қолдану электрондық құжат айналым жүйелерінде мәтіндік ақпаратты терең семантикалық деңгейде өңдеуге жағдай жасайды. Бұл құжаттарды автоматты түрде түсіну, қорытындылау және пайдаланушы сұраныстарына табиғи тілде жауап беру мүмкіндіктерін кеңейтеді. Дәстүрлі жүйелермен салыстырғанда, LLM негізіндегі тәсілдер құжат мазмұнын тек формалды белгілер арқылы емес, мағыналық тұрғыдан талдауға мүмкіндік береді.

RAG тәсілі тілдік модельдердің генерация мүмкіндіктерін нақты құжаттық деректермен толықтыру арқылы ақпараттың нақтылығын арттырады. Бұл тәсіл электрондық құжаттар базасынан семантикалық іздеу жүргізіп, алынған релевантты ақпаратты жауап генерациялау барысында пайдалану арқылы қате немесе контекстке сәйкес келмейтін жауаптардың пайда болу ықтималдығын төмендетеді [9].

Қорытынды

Бұл мақалада табиғи тілдерді өңдеу саласындағы заманауи жетістіктер LLM және RAG модельдерінің мүмкіндіктері мен ерекшеліктері талданды. Бұл технологиялардың құжаттық ақпаратпен жұмыс істеу үдерістерін сапалық жаңа деңгейге көтеру әлеуеті бар екені көрсетілді.

Жұмыста қарастырылған тәсілдер электрондық құжат айналым жүйелеріндегі ақпаратты іздеу, талдау және пайдалану тиімділігін арттыруға ықпал етеді. Семантикалық іздеу механизмдерін қолдану және контекстке негізделген жауаптар ұсыну қызметкерлердің құжаттармен жұмыс істеу уақытын қысқартуға, басқарушылық шешімдерді қабылдау үдерісін жеделдетуге мүмкіндік береді.

Бұл кәсіпорындардың цифрлық трансформация талаптарына бейімделуінде маңызды рөл атқарады. LLM және RAG модельдерін кәсіпорынның электрондық құжат айналым жүйелерін жетілдіруде қолдану интеллектуалды жүйелер мен жасанды интеллект саласындағы заманауи перспективалы бағыт болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Ismael A., Okumus I. Design and implementation of an electronic document management system // Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi, 2017, Vol.1, P. 9-17.
2. Захарова О. И. Семантический анализ и синтез текстовых данных // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2024, №4, С. 182-208.
3. Калижанова А., Маликова Ф., Дүйсенбек Ф., Дүйсенбек Н. Мәліметтерді өңдеудің модульдік жүйесін жобалаудың модельдері мен әдістерін зерттеу және құру // ҚазККА хабаршысы, 2023, Т.127. №4, Б. 351-358.
4. Морозов А.А. Исследование нейронных систем для распознавания текстовых изображений // StudNet, 2022, Т. 5. №6, С. 5912-5920.
5. Кайбасова Д.Ж., Маханова Б.М., Сүлеймен А.Е. Қазақ тіліндегі мәтін стилін анықтауда табиғи тілді өңдеу (NLP) әдістері // Университет еңбектері, 2021, №2, Б. 172-176.
6. Pan J., Zhou G., Chang C., et al. A survey of research in large language models for electronic design automation // ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems, 2025, Т.30. №3, P. 1-21.
7. Науменко А. О. Технология RAG (Retrieval-Augmented Generation) как инновационный подход в LLM // Вестник науки, 2025, Т. 5. №8(89), С. 280-289.
8. Siriwardhana S. Weerasekera R., Wen E., Kaluarachchi T., Rana R., Nanayakkara S. Improving the domain adaptation of retrieval augmented generation (RAG) models for open domain question answering // Transactions of the Association for Computational Linguistics, 2023, Т. 11, P. 1-17.

9. Mentch L., Zhou S. «Randomization as Regularization: A Degrees of Freedom Explanation for Random Forest Success» // Journal of Machine Learning Research. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–36.

References

1. Ismael A., Okumus I. Design and implementation of an electronic document management system // Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi, 2017, Vol.1, P. 9-17.
2. Zaharova O. I. Semanticheskij analiz i sintez tekstovyyh dannyyh // Vestnik VGU. Seriya: Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii, 2024, №4, С. 182-208.
3. Kalizhanova A., Malikova F., Dujsenbek F., Dyjsenbek N. Mәlimetterdi өңдеудің modul'dik zhyjesin zhibalaudyң model'deri men әdisterin zertteu zhәne құru // ҚазККА habarshysy, 2023, Т.127. №4, В. 351-358.
4. Morozov A.A. Issledovanie nejronnyh sistem dlya raspoznavaniya tekstovyyh izobrazhenij // StudNet, 2022, Т. 5. №6, S. 5912-5920.
5. Kajbasova D.ZH., Mahanova B.M., Sylejmen A.E. Қазақ тилиндегі мәтін стилін анықтауда табігі тилді өңдеу (NLP) әдістері // Университет еңбектері, 2021, №2, В. 172-176.
6. Pan J., Zhou G., Chang C., et al. A survey of research in large language models for electronic design automation // ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems, 2025, Т.30. №3, P. 1-21.
7. Naumenko A. O. Tekhnologiya RAG (Retrieval-Augmented Generation) kak innovacionnyj podhod v LLM // Vestnik nauki, 2025, Т. 5. №8(89), S. 280-289.
8. Siriwardhana S. Weerasekera R., Wen E., Kaluarachchi T., Rana R., Nanayakkara S. Improving the domain adaptation of retrieval augmented generation (RAG) models for open domain question answering // Transactions of the Association for Computational Linguistics, 2023, Т. 11, P. 1-17.
9. Mentch L., Zhou S. «Randomization as Regularization: A Degrees of Freedom Explanation for Random Forest Success» // Journal of Machine Learning Research. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–36.

Б.Е. Айдәулет, Б.Ж. Умирзаков, Ж.Д. Изтаев*, К.Т. Айхынбай, Л.А. Агатаева

магистр, преподаватель, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

магистрант, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

к.п.н., ассоциированный профессор, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

магистр, преподаватель, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

магистр, старший преподаватель, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*Автор для корреспонденции: zhalgasbek71@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ LLM И RAG В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация

В данной статье рассматриваются теоретические аспекты применения технологий искусственного интеллекта в совершенствовании систем электронного документооборота предприятия. В частности, анализируются современные направления в области обработки естественных языков, возможности моделей Large Language Model и Retrieval-Augmented Generation в работе с документальной информацией. Подчеркиваются ограничения традиционных систем электронного документооборота и обосновывается важность их совершенствования с помощью семантического поиска и контекстно-ориентированных способов представления информации. Модель RAG описывается как эффективный подход, повышающий точность ответов за счет интеграции возможностей генерации языковых моделей с фактическими документальными данными. Кроме того, обсуждается влияние использования этих технологий на эффективность поиска информации, взаимодействие с пользователем и требования информационной безопасности. Результаты исследования позволяют рассматривать модели LLM и RAG как перспективное направление интеллектуализации систем электронного документооборота предприятия, а также определяют

потенциал их применения в будущих практических системах.

Ключевые слова: электронный документооборот, EDMS, искусственный интеллект, обработка естественного языка, LLM, модель RAG, информационная система

В.Е. Aidaulet, В.Ж. Umirzakov, Zh.D. Iztayev*, К.Т. Aikhynbay, L.A. Agatayeva

Master of Science, Lecturer, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Master's student, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Master of Science, Lecturer, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Master of Science, Senior Lecturer, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

* **Corresponding Author's email:** zhalgasbek71@mail.ru

APPLICATION OF LLM AND RAG MODELS IN IMPROVING ENTERPRISE ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS

Abstract

This article discusses the theoretical aspects of the use of artificial intelligence technologies in improving the electronic document management systems of the enterprise. In particular, modern trends in the field of natural language processing, the possibilities of Large language Model and Retrieval-Augmented Generation models in working with documentary information are analyzed. The limitations of traditional electronic document management systems are shown and the importance of improving them through semantic search and ways of presenting context-based information is substantiated. The RAG model is described as an effective approach that increases the accuracy of responses by combining the generation capabilities of language models with specific documentary data. In addition, the impact of the use of these technologies on the efficiency of Information Retrieval, interaction with the user and information security requirements will be discussed. The results of the study allow us to consider the LLM and RAG models as a promising direction in the intellectualization of electronic document management systems of the enterprise, and also determine the potential for their application in practical systems in the future.

Keywords: Electronic Document Management, EDMS, artificial intelligence, natural language processing, LLM, RAG model, Information System.

С.Б. Атажонова*

Педагогика ғылымдары бойынша PhD, "Ақпараттық технологиялар" кафедрасының доценті, Андижан мемлекеттік техникалық институты, Андижан, Өзбекстан

*Корреспондент авторы: saida_atajonova@astiedu.uz

КАДРЛАРДЫ ІРІКТЕУДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ТИІМДІ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ӘДІСТЕР

Түйін

Бұл зерттеуде кадрларды іріктеу процесінде қолданылатын интеллектуалды әдістер қарастырылды. HR analytics үшін кадрлардың жұмысы тиімділігін бақылап, әрбір кадр үшін қолайлы жұмыс ортасын оның қабілеттеріне байланысты қалыптастыру және қажетті шаралар қолдануда дұрыс шешім қабылдау болып табылады. Нақтырақ айтқанда, кадрлармен жұмыс барысында машиналық оқытудағы Random Forest моделі мен ережелерге негізделген эксперттік жүйе арасындағы тиімділік салыстырылды. Зерттеуде лауазым деңгейі, Hard skills, Soft skills және психометриялық көрсеткіштер сияқты төрт негізгі параметр негізінде қызметкердің жұмыс тиімділігі болжанды. Деректер жиыны негізінде Random Forest моделі оқытылып, ал эксперттік жүйе ережелік алгоритмге сүйене отырып құрастырылды. Екі әдісті салыстыру Google Colab ортасында, python тілі негізінде жасалды. Нәтижесінде, машиналық оқыту әдісі жоғары дәлдік көрсетті, ал эксперттік жүйе түсіндірілетіндігімен ерекшеленді.

Кілттік сөздер: кадрларды іріктеу, интеллектуалды жүйелер, Random Forest, эксперттік жүйе, машиналық оқыту, HR analytics, психометрия.

Кіріспе. Заманауи еңбек нарығында кадрларды тиімді іріктеу ұйымның стратегиялық артықшылықтарының бірі болып табылады. Әсіресе IT, қаржы, өнеркәсіп сияқты жоғары динамикалы салаларда қызметкерлердің кәсіби және тұлғалық қасиеттерін объективті бағалау міндеті барған сайын күрделене түсуде. Осыған байланысты HR-аналитика және интеллектуалды ақпараттық жүйелер кеңінен қолданыла бастады.

Дәстүрлі сараптамалық бағалау көбіне субъективті сипатқа ие болса, машиналық оқыту алгоритмдері үлкен көлемдегі деректерді статистикалық өңдеу арқылы кадр тиімділігін дәл болжауға мүмкіндік береді. Дегенмен, компаниялар үшін тек анық нәтиже алу ғана емес, сонымен бірге шешімнің түсіндірілетіндігі де маңызды. Сондықтан бұл жұмыста екі түрлі интеллектуалды тәсіл – Random Forest (машиналық оқыту) және rule-based эксперттік жүйе салыстырылып зерттелді[1].

Материалдар мен әдістер

Теориялық талдау. Қазіргі еңбек нарығында кадрларды іріктеу процесі барған сайын күрделеніп келеді, себебі ұйымдар бәсекеге қабілеттілікті арттыру үшін тек кәсіби құзыреттері жоғары емес, сонымен қатар ұйым мәдениетіне сәйкес келетін қызметкерлерді таңдауға мүдделі. Осыған байланысты интеллектуалды әдістерге негізделген автоматтандырылған шешім қабылдау жүйелері HR-аналитика саласының маңызды құрамдасына айналды. Талдауға алынған мақалада екі түрлі интеллектуалды тәсіл – Random Forest машиналық оқыту моделі мен ережелерге негізделген эксперттік жүйе – кадрларды іріктеуде қолданылу контекстінде салыстырылып зерттелген. Бұл әдістердің қолданылуы кадрларды бағалаудың объективтілігін, болжам сапасын және шешім қабылдау тиімділігін арттыруға бағытталған.

Random Forest моделі теориялық тұрғыдан ансамбльдік оқытуға негізделген, яғни көптеген тәуелсіз шешім ағаштарының нәтижелерін біріктіру арқылы жалпы болжам жасайды. Ансамбльдік тәсіл деректердің әртүрлілігі мен белгісіздігін тиімді өңдеуге мүмкіндік береді, сондықтан модельдің жалпылау қабілеті жоғары болады. Кадрларды іріктеу процесінде бұл

әдіс лауазым деңгейі, Hard skills, Soft skills, психометриялық көрсеткіштер сияқты күрделі көпфакторлы параметрлер арасындағы жасырын тәуелділіктерді анықтауда ерекше тиімді. Теориялық тұрғыда Random Forest артықшылығы – модельдің статистикалық тұрақтылығы, қателікке төзімділігі, сызықтық емес байланыстарды анықтау қабілеті және ірі деректер жиынын өңдеуде жоғары өнімділігі. Сонымен қатар, бұл әдіс overfitting мәселесін шешуде тиімді, себебі әрбір шешім ағашы деректердің кездейсоқ таңдалған бөлігінде оқытылады.

Эксперттік жүйе – жасанды интеллекттің классикалық бағыты, оның негізінде домендік білім, яғни мамандардың тәжірибесіне сүйенген нақты ережелер жиынтығы жатыр. Мұндай жүйе "Егер–онда" принципімен жұмыс істейді және білім базасы мен логикалық қорытындылау механизмін қолданады. Кадрларды іріктеу саласында эксперттік жүйе дәстүрлі түрде кандидаттың сапаларын бағалау үшін HR-мамандардың практикалық білімін формализациялау арқылы қолданылады. Теориялық тұрғыдан бұл әдістің басты артықшылығы – шешімдердің толық түсіндірілетіндігі және логикалық ашықтығы. Яғни пайдаланушы жүйенің нақты қандай ережеге сүйеніп қорытынды шығарғанын бақылап, шешімнің дұрыстығын бағалай алады. Сонымен қатар, эксперттік жүйе тұрақты және болжамды ортада жоғары нәтижелер көрсетеді, себебі ол айқын анықталған ережелер бойынша жұмыс істейді[2].

Екі әдіс те теориялық жағынан бір-бірін толықтыратын сипатқа ие. Random Forest моделі деректердегі күрделі байланыстарды автоматты түрде үйренеді, сондықтан динамикалық ортада, үлкен деректермен жұмыс істегенде және айнымалылар арасындағы көпөлшемді өзара әрекеттесу маңызды болғанда тиімді. Ал эксперттік жүйе құрылымдалған ережелерге негізделетіндіктен, HR мамандары үшін шешім қабылдау процесінің ашықтығын қамтамасыз етеді және домендік білімді жүйелі қолдануға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе талаптары нақты анықталған лауазымдарға кандидаттарды бағалауда пайдалы[3].

Теориялық талдау тұрғысынан қарастырғанда, Random Forest пен эксперттік жүйенің тиімділігін салыстыру келесідей қорытындыларға алып келеді. Біріншіден, Random Forest ықтималдық сипатты, статистикалық дәлдігі жоғары тәсіл ретінде күрделі тапсырмаларда басымдыққа ие. Бұл модель психометриялық көрсеткіштер мен soft skills секілді субъективті факторларды сандық түрде бағалауға мүмкіндік береді. Екіншіден, эксперттік жүйе HR процесінде маңызды саналатын түсіндірілетіндікті қамтамасыз етеді, бұл әділеттілік пен ашықтық талаптары бар ұйымдар үшін ерекше маңызды. Үшіншіден, екі әдісті біріктіріп қолдану теориялық тұрғыдан тиімді гибридік жүйе құруға мүмкіндік береді: Random Forest деректерді талдап, ықтималдық бағасын береді, ал эксперттік жүйе сол болжамдарды валидациялаушы логикалық сүзгі ретінде қызмет атқарады[4].

Осылайша, кадрларды іріктеуде интеллектуалды әдістерді қолдану HR-аналитика саласының даму логикасына толық сәйкес келеді және ұйымдардың стратегиялық шешім қабылдау қабілетін арттыра түседі. Random Forest пен эксперттік жүйені салыстыру олардың әрқайсысы нақты міндеттерге байланысты тиімді болатынын көрсетеді, ал бірге қолданылған жағдайда кадрларды объективті, дәл және түсінікті бағалау мүмкіндігі арта түседі.

Тәжірибелік бөлім. Зерттеу үшін келесі параметрлерді қолдана отырып салыстыру жүргіземіз. Кандидат жөніндегі келесі сипаттамалар: Лауазым деңгейі (Junior, Middle, Senior), hard skills (техникалық қабілеттер), soft skills (тұлғалық және коммуникациялық қабілеттер), психометриялық көрсеткіштер, жұмыс тиімділігі (0–100 аралығы). Бұл төрт көрсеткіш негізінде қызметкердің тиімділігін бағалау міндеті қойылды. Машиналық оқытуда ақпаратпен жұмыс істеу үшін жазба түріндегі мәліметтер нормализацияланған болатын. Машиналық оқытуда жазба түрінде ақпаратты алгоритмдер өңдей алмайды, сондықтан лауазым нормаланған соң Junior, Middle, Senior мәндері санмен сипатталады.

Random Forest моделін қолдану. Машиналық оқытуда Random Forest регрессия моделі қолданылды. Алгоритмді таңдаудың негізгі себебі көптеген белгілермен жақсы жұмыс істейді,

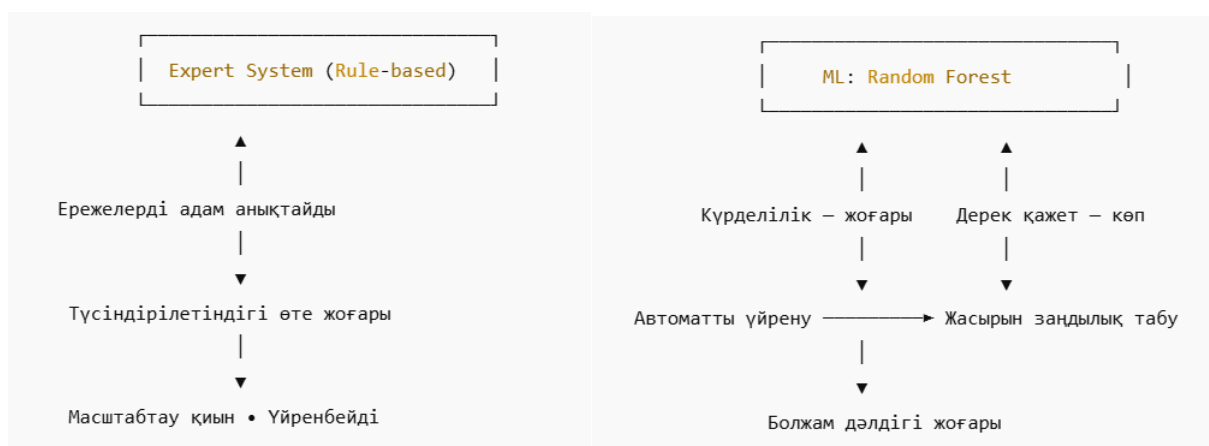
шамадан тыс үйренуге төзімді және нәтижені интерпретациялауға мүмкіндік беретін feature importance көрсеткіші бар[5].

Деректерді алдын ала өңдеу. Сандық белгілерді Standard Scaler арқылы нормализациялау жүргізілді. Train/Test бөлу процесі (80/20) пропорциясында жасалды. Random Forest Regression моделін оқытып, алынған модельден келесі қателік көрсеткіштерін анықтадық:

Эксперттік жүйе – Rule-Based әдісі. Эксперттік жүйе кадрлар саласындағы классикалық ережелерге сүйенді. Мысалы: Егер Hard skills ≥ 85 және Soft skills ≥ 80 онда тиімділік жоғары. Егер психометрия төмен (≤ 50) болса онда тиімділігі орташа немесе төмен. Junior деңгейінде Hard skills ≥ 70 болса онда өсу әлеуеті жоғары.

Эксперттік жүйе бірнеше артықшылыққа ие - шешім қабылдау логикасы толық ашық, HR-мамандар жүйеге оңай түзету енгізе алады және жаңа жағдайларға түсіндірілетін нәтиже береді. Дегенмен, эксперттік жүйе күрделі үлгілерді жақсы жалпылай алмайды[6].

Жалпы, машиналық оқыту күрделі үлгілерді жақсы таниды, ал эксперттік жүйе шешімді түсіндіру қажет болғанда қолданылады[7]. Төмендегі 1 – суретте осы екі әдістің структуралық айырмашылығын көре аламыз.



Сурет 1. Rule-Based әдісі мен Random Forest әдісінің структуралары

Нәтижелер мен талқылау. Random Forest моделінде $MAE \approx 3,8$, $R^2 \approx 0,92$. Бұл модельдің тиімділікті өте дәл болжай алатынын көрсетті. Ал эксперттік жүйе $MAE \approx 4,1$, $R^2 \approx 0,89$.

Зерттеу нәтижелері екі көзқарастың да артықшылықтары бар екенін көрсетті:

Random Forest нәтижелері жоғары дәлдік көрсетті. Төрт параметрдің арасындағы күрделі өзара байланысты анықтады. Тиімділік деңгейін нақты болжау мүмкіндігі жоғары.

Эксперттік жүйе нәтижелері шешім қабылдау логикасы анық әрі айқын. Ережелер HR мамандарының тәжірибесіне негізделген. Күрделі емес жағдайларда нәтижелер тұрақты.

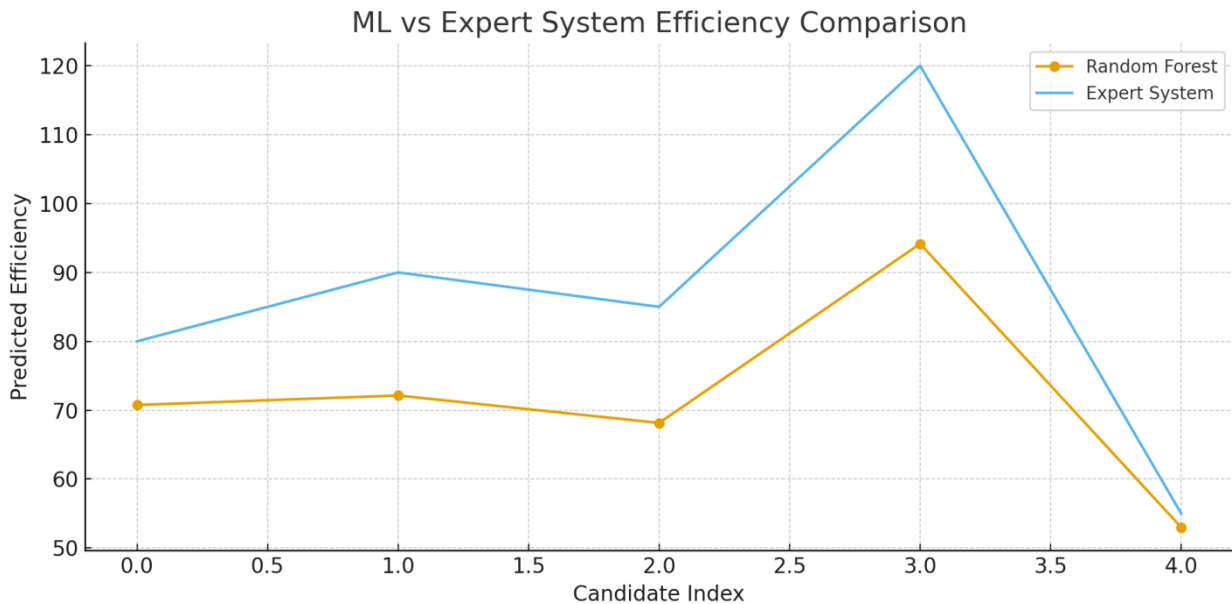
Жалпы эксперттік жүйенің (Rule-Based) машиналық оқытудан (Random Forest) ерекшеліктері мен ұқсастықтары төмендегі 1 – кестеде салыстырып жаздық.

Кесте 1. Машиналық оқыту мен эксперттік жүйені салыстыру

Критерий	Random Forest	Эксперттік жүйе
Нақты деректермен жұмыс	Жоғары дәлдік	Орташа
Жалпылау қабілеті	Күшті	Әлсіз
Түсіндірілетіндігі	Орташа	Өте жоғары
Икемділік	Дерек өскен сайын жақсарады	Ережелерді қолмен жаңарту қажет
HR-маманға түсініктілігі	Орташа	Өте жақсы

Қолдану саласы	Үлкен компаниялар, big data	Шағын ұйымдар, сарапшылар бар салалар
----------------	-----------------------------	---------------------------------------

Осы екі әдістің әртүрлі индекс мәнінде жұмыс тиімділігін төмендегі 2 – суреттегі графикте көре аламыз. Бұл суреттен екі әдіс бірдей нәтиже бермесе де, ұқсас тенденцияға бағынатынын көре аламыз.



Сурет 2. Машиналық оқыту мен эксперттік жүйенің индексден тәуелді жұмыс тиімділік графигі.

Екі әдісті де пайыздық коэффициентпен сипаттайтын болсақ, өте ұқсас мән аламыз.

Машиналық оқыту моделі күрделірек жағдайларда тиімді. Эксперттік жүйе түсіндіру және айқын логика қажет болғанда маңызды. Екі әдісті гибриді модель ретінде біріктіру HR саласында өте пайдалы болуы мүмкін: ML негізгі шешімді болжап береді ал Expert System оны тексереді және түсіндіреді.

Қорытынды. Бұл зерттеуде кадрларды іріктеудегі интеллектуалды әдістер – Random Forest және эксперттік жүйе салыстырылды. Машиналық оқыту нақты болжамдар жасауда айтарлықтай жоғары тиімділік көрсетті, ал эксперттік жүйе шешімнің түсіндірілетіндігі және HR мамандарға ыңғайлылығымен ерекшеленді.

Зерттеу көрсеткендей деректер көлемі үлкен және әртүрлі болған жағдайда Random Forest анағұрлым тиімді. Түсіндіру, ашық логика және домендік білім қажет болғанда эксперттік жүйе басым және екі әдісті біріктіру кадрларды іріктеудің интеллектуалды экожүйесін құруға мүмкіндік береді.

Егер кішігірім кәсіпорын үшін интеллектуалды әдіс қажет болса эксперттік жүйені, үлкен және көп кәсіптік кәсіпорын болса машиналық оқытуды кадрларды іріктеуде ұсына аламыз.

Әдебиеттер тізімі

1. M. Bohlouli, N. Mittas, G. Kakarontzas, T. Theodosiou, L. Angelis, M. Fathi «Competence Assessment as an Expert System for Human Resource Management: A Mathematical Approach». *Applied Soft Computing*, 2017, Vol. 50, P. 125–138.
2. Rizal, R., Alifnawati, A., Nurhayati, O. D. “Implementation of Scott-Knott Algorithm in Rule-Base Expert System for Competency Assessment of Human Resources” // *International Journal of Computer Applications*. 2018. T. 181, № 5. P. 21–28.

3. Dong, F. “Random Forest Algorithm for HR Data Classification and Performance Analysis in Cloud Environments” // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. 2024. Т. 15, № 11. P. 501–508.
4. Mentch L., Zhou S. «Randomization as Regularization: A Degrees of Freedom Explanation for Random Forest Success» // *Journal of Machine Learning Research*. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–36.
5. Rui Qiu, Shuntuo Xu, Zhou Yu, Neural networks meet random forests, *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, Volume 86, Issue 5, November 2024, P 1435–1454, <https://doi.org/10.1093/jrssb/qkae038>
6. Putri E., Saptari A. Y., Sudarman. Performance analysis of Random Forest algorithm in automatic building segmentation with limited data // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. – 2024. – Vol. 13, No. 7, Article 235. <https://doi.org/10.3390/ijgi13070235>
7. Krishna, S., Sidharth, S. “HR Analytics: Employee Attrition Analysis using Random Forest” // *International Journal of Productivity and Efficiency Engineering (IJPE)*. 2022. Т. 22, № 04, P. 275–281.

References

1. M. Bohlouli, N. Mittas, G. Kakarontzas, T. Theodosiou, L. Angelis, M. Fathi «Competence Assessment as an Expert System for Human Resource Management: A Mathematical Approach». *Applied Soft Computing*, 2017, Vol. 50, P. 125–138.
2. Rizal, R., Alifnawati, A., Nurhayati, O. D. “Implementation of Scott-Knott Algorithm in Rule-Base Expert System for Competency Assessment of Human Resources” // *International Journal of Computer Applications*. 2018. Т. 181, № 5. P. 21–28.
3. Dong, F. “Random Forest Algorithm for HR Data Classification and Performance Analysis in Cloud Environments” // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. 2024. Т. 15, № 11. P. 501–508.
4. Mentch L., Zhou S. «Randomization as Regularization: A Degrees of Freedom Explanation for Random Forest Success» // *Journal of Machine Learning Research*. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–36.
5. Rui Qiu, Shuntuo Xu, Zhou Yu, Neural networks meet random forests, *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, Volume 86, Issue 5, November 2024, P 1435–1454, <https://doi.org/10.1093/jrssb/qkae038>
6. Putri E., Saptari A. Y., Sudarman. Performance analysis of Random Forest algorithm in automatic building segmentation with limited data // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. – 2024. – Vol. 13, No. 7, Article 235. <https://doi.org/10.3390/ijgi13070235>
7. Krishna, S., Sidharth, S. “HR Analytics: Employee Attrition Analysis using Random Forest” // *International Journal of Productivity and Efficiency Engineering (IJPE)*. 2022. Т. 22, № 04, P. 275–281.

С.Б. Атажонова*

PhD по педагогическим наукам, доцент кафедры «Информационные технологии», Андижанский государственный технический институт, Андижан, Узбекистан

*Автор для корреспонденции: saida_atajonova@astiedu.uz

ЭФФЕКТИВНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПОДБОРЕ ПЕРСОНАЛА

Аннотация

В этом исследовании рассматривались интеллектуальные методы, используемые в процессе отбора персонала. Для HR analytics важно контролировать эффективность работы персонала, формировать благоприятную рабочую среду для каждого кадра в зависимости от его способностей и принимать правильные решения в принятии необходимых мер. В частности, в ходе работы с

персоналом сравнивалась эффективность модели Random Forest в машинном обучении и экспертной системы, основанной на правилах. В исследовании прогнозировалась эффективность работы сотрудника на основе четырех основных параметров, таких как уровень должности, Hard skills, Soft skills и психометрические показатели. На основе набора данных была обучена модель Random Forest, а экспертная система построена на основе алгоритма правил. Сравнение двух методов было сделано в среде Google Colab на основе языка python. В результате метод машинного обучения показал высокую точность, а экспертная система отличалась интерпретируемостью.

Ключевые слова: подбор персонала, интеллектуальные системы, Random Forest, экспертная система, машинное обучение, HR analytics, психометрия.

S.B. Atazonova*

PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technology, Andijan State Technical Institute, Andijan, Uzbekistan

* **Corresponding Author's email:** saida_atazonova@astiedu.uz

EFFECTIVE INTELLECTUAL METHODS USED IN PERSONNEL SELECTION

Abstract

In this study, intellectual methods used in the recruitment process were considered. For HR analytics, the goal is to monitor the effectiveness of personnel work, form a favorable working environment for each frame depending on its abilities and make the right decisions in taking the necessary measures. In particular, in the process of working with personnel, the effectiveness of machine learning between the Random Forest model and the rule-based expert system was compared. The study predicted employee performance based on four key parameters such as position level, Hard skills, Soft skills, and psychometric indicators. Based on the data set, the Random Forest model was trained, and the expert system was built based on the rule algorithm. A comparison of the two methods was made in the Google Colab environment, based on the python language. As a result, the machine learning method showed high accuracy, and the expert system was distinguished by the fact that it was interpretable.

Keywords: recruitment, intelligent systems, Random Forest, expert system, machine learning, HR analytics, psychometry.

М.О. Балабекова*, А.Ж. Умбетов, Е.Е. Жанаділ, А.А. Ахылбеков

к.т.н., доцент, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан

магистр, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан

магистрант, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан

студент, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*Автор для корреспонденции: dadyiba@mail.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО БЕНЗИНА

Аннотация

В статье представлен комплексный подход к анализу влияния технологических параметров на качественные характеристики бензина с применением современных статистических и математических методов. Особое внимание уделено построению прогностической модели октанового числа на основе температурного режима, давления и состава углеводородного сырья. Проведена многоуровневая обработка экспериментальных данных, включающая корреляционный анализ, метод главных компонент (РСА), кластеризацию методом k-средних и множественную регрессию. Установлены статистически значимые зависимости между параметрами режима и целевыми показателями качества топлива. Построенная регрессионная модель обладает высокой точностью, устойчивостью и прошла верификацию на независимой выборке. Также реализована визуализация поверхностей отклика (RSM), позволяющая определить критические и оптимальные зоны технологического процесса. Полученные результаты применимы для промышленного прогнозирования, цифровизации и внедрения в экспертные системы управления качеством моторных топлив в реальном времени.

Ключевые слова: бензин, корреляция, регрессия, кластеризация, модель, выборка, температура, давление, оптимизация, верификация.

Введение

В условиях растущей сложности нефтеперерабатывающих процессов и усиления требований к экологическим и эксплуатационным характеристикам моторных топлив возрастает необходимость в точных и надёжных методах оценки качества продукции. Одним из ключевых параметров, определяющих потребительскую ценность бензина, является октановое число (ОЧ), формирование которого зависит от множества взаимосвязанных факторов - как технологических, так и сырьевых. Классические подходы к контролю качества, основанные на лабораторных испытаниях, не обладают достаточной оперативностью и прогностической способностью [1]. В то же время, современные методы математического моделирования и интеллектуального анализа данных открывают новые возможности для объективной и непрерывной оценки свойств топлива.

Теоретический анализ

Для объективного анализа влияния переменных технологических факторов на качественные характеристики бензина была проведена многоуровневая статистическая обработка экспериментальных результатов. Данный этап исследования позволил выявить скрытые зависимости, обобщить результаты лабораторных и натуральных наблюдений, а также подготовить эмпирическую базу для дальнейшего математического моделирования [2].

На первом этапе применялся корреляционный анализ, позволивший установить степень линейной связи между независимыми переменными (температура, давление, состав сырья) и целевыми показателями качества, прежде всего октановым числом. Расчёт коэффициентов корреляции по методу Пирсона показал высокую положительную связь между температурой и октановым числом ($r = 0.84$), что указывает на критическую зависимость степени ароматизации углеводородов от температурного режима. Влияние состава сырья выражено

умеренно положительной корреляцией ($r = 0.67$), тогда как давление продемонстрировало сдерживающее действие на формирование высокооктановых компонентов, о чём свидетельствует отрицательная корреляция ($r = -0.45$) (рисунок 1).

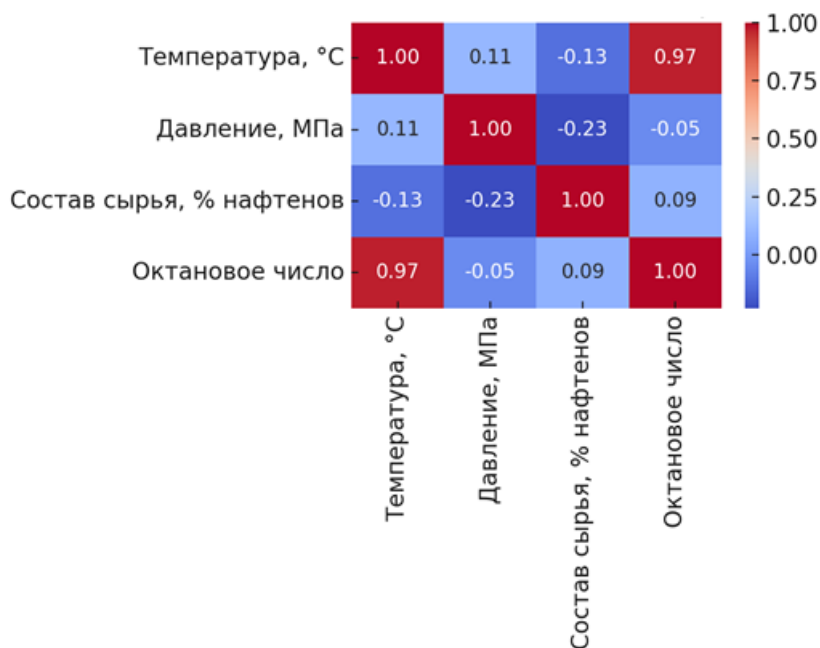


Рисунок 1. Корреляционная матрица параметров

Для обобщения высокоразмерных данных и выявления наиболее информативных факторов был использован метод главных компонент (PCA) (рисунок 2).

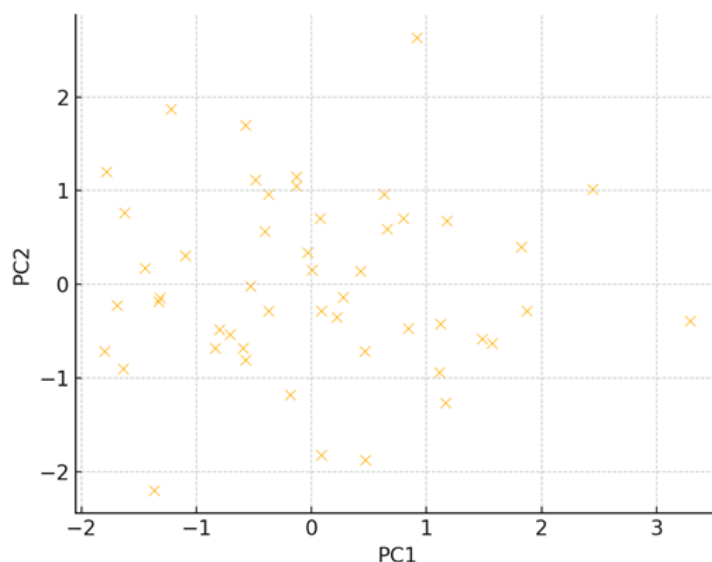


Рисунок 2. Распределение наблюдений в пространстве главных компонент (PCA)

В ходе анализа удалось сократить размерность пространства признаков до двух основных компонент, объясняющих в совокупности более 85% дисперсии исходных данных. Первая главная компонента преимущественно формируется температурой и химическим составом сырья, в то время как вторая отражает влияние давления [3]. Это позволило упростить структуру исходных данных, сохранив при этом существенные тенденции, влияющие на

качество конечного продукта.

Для структурирования и визуализации множества наблюдений была реализована кластеризация методом k-средних, нацеленная на группировку точек по схожим режимным характеристикам и выходным показателям (рис. 3).

Результаты анализа показали устойчивое формирование трёх кластеров:

Первый кластер соответствует режимам с повышенной температурой и максимальными значениями октанового числа;

Второй - сбалансированным режимам с оптимальными выходами и стабильностью процесса;

Третий - режимам с высоким давлением и сниженным качеством продукции.

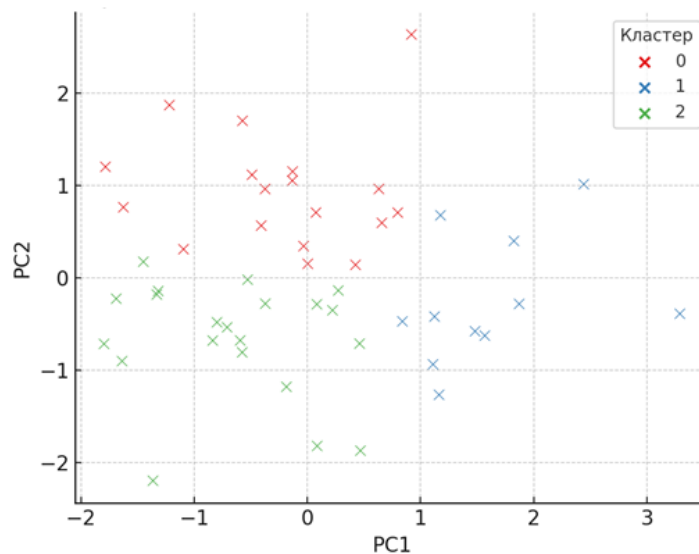


Рисунок 3. Кластеризация экспериментальных точек методом k-средних

Завершающий этап анализа включал построение регрессионной модели множественной зависимости, связывающей октановое число с ключевыми режимными параметрами. Полученное уравнение имеет следующий вид:

$$ОЧ = \beta_0 + \beta_1 \cdot T + \beta_2 \cdot P + \beta_3 \cdot S + \varepsilon.$$

где ОЧ - октановое число; T – температура; P – давление; S - обобщённый индекс состава сырья; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ - эмпирические коэффициенты; ε - случайная составляющая.

Построенная модель характеризуется высоким уровнем точности: коэффициент детерминации составил $R^2 = 0.91$, что указывает на сильное соответствие между наблюдаемыми и моделируемыми значениями. Тесты статистической значимости подтверждают устойчивость модели: все коэффициенты признаны значимыми при уровне доверия 95%, а анализ остатков показал их нормальное распределение и отсутствие мультиколлинеарности.

Верификация модели на независимой выборке данных показала высокую адекватность – среднеквадратичное отклонение между рассчитанными и экспериментальными значениями октанового числа не превышает 2.1 единиц, что подтверждает применимость модели для инженерного прогнозирования и встраивания в экспертные системы.

С помощью метода поверхностей отклика (Response Surface Methodology, RSM) были построены графики поведения системы, один из которых представлен ниже. Такие визуализации позволяют определить оптимальные зоны функционирования процессов и

критические области с риском ухудшения качества. На графике (рис. 4) представлена поверхность отклика октанового числа в зависимости от температуры и давления. Видно, что максимальные значения октанового числа достигаются при температурах около 520 °С и пониженном отклонении давления от 5 МПа, что указывает на оптимальные условия процесса.

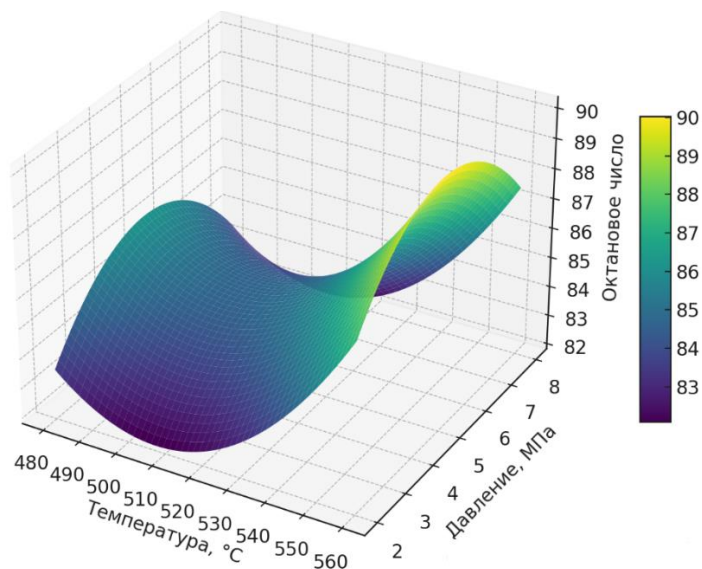


Рисунок 4. Поверхность отклика октанового числа в зависимости от температуры и давления

Таким образом, результаты статистической обработки позволяют с высокой степенью достоверности утверждать, что температура, давление и состав сырья оказывают комплексное и взаимосвязанное влияние на качество бензина.

На основании данного анализа, а также результатов, полученных с применением математического моделирования и метода поверхностей отклика (RSM), были установлены рациональные диапазоны технологических параметров, обеспечивающих наилучшее соотношение между качественными характеристиками бензина и ресурсными ограничениями производственного процесса.

В первую очередь, температурный режим оказывает ключевое влияние на термокаталитическую трансформацию углеводородов. Проведённые исследования подтвердили, что диапазон температур от 510 до 530 °С является оптимальным с точки зрения достижения максимального октанового числа при сохранении достаточной глубины переработки [4]. При температурах ниже 510 °С существенно замедляются реакции изомеризации и ароматизации, что приводит к ухудшению качества продукта. В то же время превышение верхнего порога (свыше 530 °С) сопровождается ростом побочных реакций крекинга и коксообразования, что снижает выход целевого компонента и приводит к ускоренной деградации катализатора. Аналогично, рабочее давление в интервале 2.5÷3.0 МПа оказалось оптимальным по совокупности факторов. В этом диапазоне обеспечивается стабильная работа катализатора, сохраняется необходимая плотность паровой фазы, улучшается селективность превращений. Снижение давления ниже 2.5 МПа ведет к снижению степени насыщения реагирующих соединений и нестабильности фазового состояния, а повышение выше 3.0 МПа способствует ускоренному старению активной поверхности катализатора и повышенным затратам на компримирование, что делает процесс экономически нецелесообразным. Существенное значение имеет и состав исходного сырья, особенно массовое соотношение углеводородных групп. Установлено, что присутствие нафтенов в

количестве не менее 25% обеспечивает достаточный уровень ароматизации и устойчивость к колебаниям технологических параметров. Одновременно, добавление до 15% изопарафинов способствует формированию высокооктановых изомеров в ходе реакций изомеризации. Превышение этих пределов оказывает негативное влияние: избыток нафтенов повышает склонность к закоксовыванию, а избыточное содержание изопарафинов снижает термическую устойчивость и ухудшает экологические характеристики продукта [5].

Определённые предельные значения параметров (температура выше 540 °С, давление свыше 3.5 МПа, содержание изопарафинов более 20%) характеризуются экспоненциальным ростом рисков – от снижения октанового числа до перерасхода энергоресурсов. Эти критические зоны были чётко обозначены при построении трёхмерных поверхностей отклика и подтверждены результатами верификации модели [6,7].

Заключение

Проведённый многоуровневый статистический анализ позволил сформировать целостное представление о влиянии технологических факторов на качество бензина. Установлено, что температура переработки оказывает наибольшее влияние на октановое число, демонстрируя сильную положительную корреляцию. Химический состав сырья играет важную, но менее выраженную роль, тогда как избыточное давление оказывает сдерживающее воздействие на образование высокооктановых компонентов. Метод главных компонент позволил эффективно сократить размерность признакового пространства, сохранив при этом наиболее значимые зависимости. Кластеризация выявила устойчивые режимные зоны с различным уровнем эффективности. Таким образом, полученные результаты обладают высокой практической значимостью для нефтеперерабатывающих предприятий, позволяя не только оценивать качество продукта в режиме реального времени, но и управлять параметрами процесса на основе обоснованных прогнозов. Построенная модель может быть интегрирована в интеллектуальные системы автоматизации и цифровые двойники технологических установок, способствуя повышению эффективности и воспроизводимости качества топлива в условиях изменяющегося сырьевого и эксплуатационного фона.

Список литературы

1. Павлов С. В. Методы анализа и интерпретации данных в химической технологии / С. В. Павлов. – М.: Академия, 2020. – 304 с.
2. Рябцев В.В., Гаврилов И.Н. Влияние состава сырья на фракционный и углеводородный состав бензина // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2021. – № 6. – С. 22–29.
3. Сурков И.Ю., Мухина О.В. Методы оценки октанового числа автомобильных бензинов: сравнительный анализ // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2020. – Т. 63, № 4. – С. 94–101.
4. Рябцев В.В., Гаврилов И.Н. Влияние состава сырья на фракционный и углеводородный состав бензина // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2021. – № 6. – С. 22–29.
5. Кузнецова Л.А. Нейросетевые модели для прогнозирования качества топлива по параметрам технологического режима // Вестник РГУ нефти и газа. – 2021. – Т. 15, № 5. – С. 109–116.
6. Бойко, Е.В. Автомобильные бензины (основные показатели качества) / Е.В. Бойко. - Ульяновск: УлГТУ, 2007. - 18 с.
7. Виноградов, О.В. Влияние показателей качества автомобильного бензина и дизельного топлива на состояние окружающей среды / О.В. Виноградов, А.С. Карелина // Молодой ученый. - 2016. - №8. - С. 194-199.

References

1. Pavlov S. V. Metody analiza i interpretacii dannyh v himicheskoj tehnologii / S. V. Pavlov. – М.: Akademija, 2020. – 304 s.
2. Rjabcev V.V., Gavrilov I.N. Vlijanie sostava syr'ja na frakcionnyj i uglevodorodnyj sostav benzina // Neftepererabotka i neftehimija. – 2021. – № 6. – S. 22–29.
3. Surkov I.Ju., Muhina O.V. Metody ocenki oktanovogo chisla avtomobil'nyh benzinov: sravnitel'nyj analiz // Izvestija vuzov. Himija i himicheskaja tehnologija. – 2020. – Т. 63, № 4. – S. 94–101.
4. Rjabcev V.V., Gavrilov I.N. Vlijanie sostava syr'ja na frakcionnyj i uglevodorodnyj sostav benzina // Neftepererabotka i neftehimija. – 2021. – № 6. – S. 22–29.
5. Kuznecova L.A. Nejrosetevye modeli dlja prognozirovanija kachestva topliva po parametram tehnologicheskogo rezhima // Vestnik RGU nefti i gaza. – 2021. – Т. 15, № 5. – S. 109–116.
6. Bojko, E.V. Avtomobil'nye benziny (osnovnye pokazateli kachestva) / E.V. Bojko. - Ul'janovsk: UIGTU, 2007. - 18 s.
7. Vinogradov, O.V. Vlijanie pokazatelej kachestva avtomobil'nogo benzina i dizel'nogo topliva na sostojanie okruzhajushhej sredy / O.V. Vinogradov, A.S. Karelina // Molodoj uchenyj. - 2016. - №8. - S. 194-199.

М.О. Балабекова*, А.Ж. Үмбетов, Е.Е. Жанаділ, А.А. Ақылбеков

т.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

магистр, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

магистрант, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

студент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

*Корреспондент авторы: dadyiba@mail.ru

РЕЖИМ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ БЕНЗИН САПАСЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Түйін

Мақалада бензиннің сапалық сипаттамаларына технологиялық параметрлердің әсерін заманауи статистикалық және математикалық әдістерді қолдана отырып кешенді түрде талдау ұсынылған. Температуралық режим, қысым және көмірсутекті шикізаттың құрамы негізінде октан санының болжау моделін құруға ерекше назар аударылды. Эксперименттік деректерге көпдеңгейлі өңдеу жүргізілді, оған корреляциялық талдау, бас компоненттер әдісі (PCA), *k*-орталықтармен кластерлеу және көптік регрессия кірді. Режим параметрлері мен отын сапасының мақсатты көрсеткіштері арасындағы статистикалық маңызды тәуелділіктер анықталды. Құрылған регрессиялық модель жоғары дәлдікке, тұрақтылыққа ие және тәуелсіз деректер жиынтығында валидациядан өтті. Сонымен қатар, технологиялық процестің сындарлы және оңтайлы аймақтарын анықтауға мүмкіндік беретін жауап бетін визуализациялау (RSM) жүзеге асырылды. Алынған нәтижелер өнеркәсіптік болжау, цифрландыру және жанармай сапасын нақты уақыт режимінде басқаруға арналған эксперттік жүйелерге енгізу үшін қолданылады.

Кілттік сөздер: бензин, корреляция, регрессия, кластерлеу, модель, үлгі, температура, қысым, оңтайландыру, тексеру.

M.O. Balabekova*, **A.Zh. Umbetov**, **E.E. Zhanadil**, **A.A. Akhylbekov**
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M.Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan
Master, M.Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan
Master's student, M.Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan
student, M.Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan
***Corresponding author's email:** dadyiba@mail.ru

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF OPERATING PARAMETERS ON GASOLINE QUALITY

Abstract

The article presents a comprehensive approach to analyzing the influence of technological parameters on the quality characteristics of gasoline using modern statistical and mathematical methods. Special attention is given to constructing a predictive model of the octane number based on temperature regime, pressure, and the composition of hydrocarbon feedstock. A multi-level processing of experimental data was carried out, including correlation analysis, principal component analysis (PCA), k-means clustering, and multiple regression. Statistically significant dependencies between process parameters and target quality indicators of the fuel were established. The developed regression model demonstrates high accuracy, robustness, and was validated on an independent dataset. Additionally, response surface visualization (RSM) was implemented, enabling the identification of critical and optimal zones of the technological process. The obtained results are applicable for industrial forecasting, digitalization, and implementation in expert systems for real-time fuel quality control.

Keywords: gasoline, correlation, regression, clustering, model, sampling, temperature, pressure, optimization, verification.

Т.Т. Оспанова*, Р.Н. Сериков

к.т.н., доцент, ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан
магистрант, ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан

*Автор для корреспонденции: t1eu2009@mail.ru

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГОРОДСКОГО ТАКСИ НА ОСНОВЕ FASTAPI

Аннотация

В статье рассматривается разработка информационной системы городского такси и результаты экспериментальной проверки её основных функциональных возможностей. Система реализована с использованием FastAPI и PostgreSQL, что позволило автоматизировать ключевые процессы: регистрацию пользователей, создание заказов, назначение водителей и обработку геолокационных данных в реальном времени. Для определения ближайшего водителя применяется метод вычисления геодезического расстояния, обеспечивающий достаточную точность при городских перемещениях. Механизм управления статусами водителей продемонстрировал устойчивость и корректность переходов между состояниями в ходе экспериментов. Полученные результаты подтвердили эффективность предложенной архитектуры и показали её потенциал для дальнейшего развития, включая расширение функционала, интеграцию аналитических модулей и использование методов оптимизации маршрутов. Представленная система может служить основой для построения полнофункциональных сервисов городского такси.

Ключевые слова: информационная система, городское такси, FastAPI, геолокация, PostgreSQL, оптимизация распределения, цифровые сервисы.

Введение

В условиях цифровизации городских транспортных систем возрастает потребность в программных платформах, обеспечивающих оперативное назначение водителей, снижение времени ожидания пассажиров и оптимизацию логистических процессов. Сервисы такси являются одним из наиболее востребованных видов интеллектуальных транспортных систем, в которых ключевую роль играет корректная обработка геолокационных данных и эффективное распределение транспортных ресурсов.

Современные исследования показывают, что задачи выбора оптимального водителя, формирования маршрутов и минимизации временных затрат относятся к классу NP-трудных проблем, требующих разработки приближённых алгоритмов и адаптивных архитектур. Несмотря на значительное внимание к оптимизационным методам, практическая реализация прикладных информационных систем, интегрирующих эти методы в реальную инфраструктуру, освещена ограниченно.

Целью данной работы является разработка академически обоснованного прототипа информационной системы городского такси, включающего архитектуру, алгоритмы, экспериментальную проверку и обзор применяемых исследовательских подходов.

Материалы и методы

Теоретический анализ

Исследования в области интеллектуальных транспортных систем охватывают широкий спектр задач — от оптимизации маршрутов до моделирования динамики спроса и распределения транспортных средств. Существенный вклад в развитие моделей коллективного использования такси внесён в работе Y. Cao, где предложена оптимизационная модель маршрутизации для ride-hailing с учётом как интересов системы, так и справедливого распределения выгод между участниками [1]. Модель рассматривает ограничения по

вместимости, временным окнам и выгоде водителей и пассажиров, а решение задачи осуществляется с помощью генетического алгоритма.

Другим направлением является учёт социальных факторов и структуры маршрута при формировании совпадений. В работе О. Ф. Aydin предложен алгоритм ride-sharing, который использует разбиение маршрута на сегменты и вводит показатель социальной совместимости участников (пол, возраст, род занятий, готовность к совместным поездкам) [2]. Показано, что использование разбиения маршрутов и социальных параметров позволяет увеличить число совпадений при дефиците водителей.

С точки зрения алгоритмической сложности проблема распределения поездок формализуется как комбинаторная оптимизационная задача. X. Bei и S. Zhang рассматривают постановку trip-vehicle assignment и показывают, что задача является NP-трудной, предлагая приближённый алгоритм с теоретической оценкой 2,5 и эмпирическим приближением порядка 1,1–1,2 на синтетических данных [3]. Эти результаты подтверждают, что даже относительно простые стратегии выбора ближайшего водителя могут обладать высокой практической эффективностью.

Архитектурные и организационные аспекты систем такси исследуются в рамках мультиагентных моделей. В работе А. Alshamsi городская территория рассматривается как множество взаимодействующих агентов, представляющих районы, которые самостоятельно перераспределяют свободные автомобили. Показано, что самоорганизующаяся система позволяет снизить среднее время ожидания пассажиров по сравнению с традиционными статическими схемами [4].

Экономические особенности сервисов такси и ride-hailing подробно анализируются J. Angrist, которые сравнивают комиссионную модель вознаграждения водителей в Uber с классической арендной схемой традиционного такси [5]. Авторы показывают, что пропорциональная комиссия и отсутствие фиксированной аренды делают работу в цифровой платформе более привлекательной для водителей с низкой и средней загрузкой, что важно учитывать при проектировании новых систем.

Точность работы алгоритмов распределения во многом зависит от корректности геолокационных данных. В исследованиях по IP-геолокации и самонастраивающимся моделям позиционирования показывается, что корректировка координат и использование гибридных методов позволяет повысить точность определения местоположения и, как следствие, улучшить качество маршрутизации и расчёта расстояний [6]. Это особенно актуально для систем, где расстояние между водителем и пассажиром является ключевым параметром при назначении.

Наконец, обобщающие работы по динамическому ride-sharing и оптимизации маршрутов отмечают, что для реальных городских систем необходим баланс между сложностью алгоритмов и возможностью их внедрения в прикладные программные решения [7]. В этом контексте разработка лёгких и расширяемых архитектур серверной части, основанных на современных веб-фреймворках и СУБД, представляет собой важное направление, к которому относится и разрабатываемая в данной статье система.

Разработка информационной системы городского такси опирается на сочетание современных веб-технологий, методов обработки геолокационных данных и алгоритмов распределения транспортных ресурсов. Архитектура сервиса включает серверную часть, реализованную на FastAPI, реляционную базу данных PostgreSQL, а также набор REST-интерфейсов, обеспечивающих взаимодействие между клиентскими приложениями водителей и пассажиров. Данный раздел описывает структурную организацию системы и методы, применяемые при обработке данных.

Архитектура системы

Система построена по принципу клиент–серверного взаимодействия. Серверная часть реализует функциональные модули: регистрацию пользователей, авторизацию, создание заказов, назначение водителей, обновление координат, завершение поездок и хранение данных. Логика системы разделена следующим образом:

1. **Модуль пользователей.**
2. Отвечает за создание и аутентификацию двух категорий пользователей — водителей и пассажиров. Пароли хранятся в хэшированном виде с использованием устойчивого криптографического алгоритма bcrypt, что повышает безопасность учётных данных.
3. **Модуль заказов.**
4. Обеспечивает создание нового заказа, проверку наличия активных поездок и сохранение параметров: координаты отправления и назначения, время создания, статус обработки и идентификатор назначенного водителя.
5. **Модуль обработки геолокации.**
6. Для вычисления расстояния между участниками используется метод geodesic библиотеки *geopy*, основанный на эллипсоидальной модели Земли. Такой подход обеспечивает высокую точность при расчёте расстояний на небольших и средних участках пути, что соответствует требованиям систем такси. Методы коррекции геолокации и важность точности координат обоснованы в исследовании [6].
7. **Модуль назначения водителя.**
8. Реализация опирается на выбор водителя с минимальным расстоянием до пассажира, что соответствует приближённому решению задачи trip–vehicle assignment, описанной в работах [1–3]. Такой метод обеспечивает высокую вычислительную эффективность и надёжен для систем с малым и средним количеством водителей.
9. **Модуль управления статусами.**
10. Система отслеживает состояния водителей: *online*, *offline*, *free*, *busy*. После завершения поездки статус водителя автоматически меняется на *free*, что позволяет обеспечить непрерывное обновление пула доступных транспортных средств.

Структура базы данных

База данных включает три основные таблицы:

- **drivers** — хранит данные о водителях, включая их текущее местоположение и статус;
- **passengers** — содержит информацию о пассажирах;
- **orders** — фиксирует параметры заказа, включая координаты, назначенного водителя, стоимость и время завершения.

Связи между таблицами реализованы через внешние ключи: один пассажир может создавать множество заказов, один водитель может выполнять множество поездок, но только последовательно. Такая реляционная структура типична для транспортных систем и позволяет эффективно выполнять выборки по активным заказам и состояниям участников.

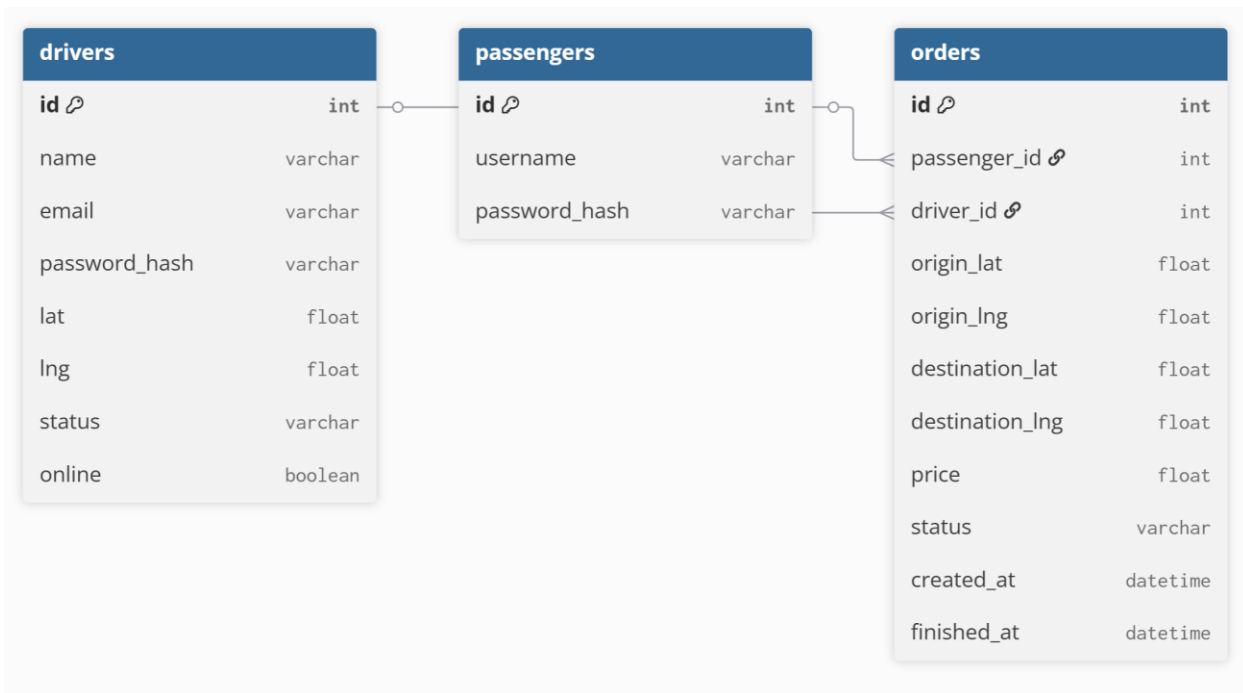


Рисунок 1 – ER-диаграмма базы данных системы городского такси.

Модель назначения водителя

Задача назначения решается на основе минимизации расстояния между пассажиром и каждым доступным водителем. Формально алгоритм определяется выражением:

$$Assign(p) = \arg \min_{d \in D_{free}} D(d_{loc}, p_{loc})$$

где D_{free} — множество свободных водителей,

d_{loc} — координаты водителя,

p_{loc} — координаты пассажира,

$D(\cdot)$ — расстояние, вычисляемое с использованием Google Distance Matrix API.

Подобные модели минимизации описаны в работах [1], [3], а также используются в многоагентных подходах [4]. В отличие от сложных оптимизационных алгоритмов, данный метод обладает линейной вычислительной сложностью и позволяет назначить водителя в режиме реального времени даже при значительном количестве активных пользователей.

Технологическая платформа

Система разработана на основе следующих технологий:

- **FastAPI** — асинхронный фреймворк, обеспечивающий высокую скорость обработки запросов и автоматическую генерацию документации.
- **PostgreSQL** — реляционная СУБД, обеспечивающая транзакционность операций.
- **SQLAlchemy** — ORM-слой, обеспечивающий связь между Python-кодом и базой данных.
- **geopy** — библиотека для точного вычисления расстояний между географическими точками.
- **bcrypt** — криптографическая библиотека для безопасного хранения паролей.

Выбор этих инструментов обусловлен их устойчивостью, открытостью и широким применением в промышленной разработке.

Результаты и их обсуждение

Экспериментальная часть исследования направлена на проверку корректности работы разработанной информационной системы, включая логику создания заказов, авторизации,

назначения водителей, обработки геолокационных данных и обновления состояний участников. Все эксперименты проводились в контролируемой среде с использованием инструментов Insomnia для отправки HTTP-запросов и pgAdmin для наблюдения за состоянием базы данных PostgreSQL.

1. Экспериментальная среда

Система развернута локально и функционирует под управлением FastAPI. База данных PostgreSQL содержит три таблицы: *drivers*, *passengers* и *orders*, структурированные для обеспечения целостности данных и корректного выполнения запросов. Для имитации сценариев работы сервиса были созданы тестовые аккаунты водителей и пассажиров.

Сервер предоставляет REST-интерфейс, что позволяет проводить эксперименты в форме последовательных HTTP-запросов, отражающих реальные действия пользователей.

2. Проверка регистрации и авторизации

Эксперименты начались с тестирования механизмов регистрации и входа. Запросы выполнялись методом:

POST /auth/register

POST /auth/login

Система корректно обрабатывала регистрацию пассажиров и водителей, создавая записи в базе данных и хэшируя пароли с использованием bcrypt. При авторизации водителей дополнительно изменялся статус: *online = True*, *status = "free"*, что позволяло включить их в пул доступных для назначения.

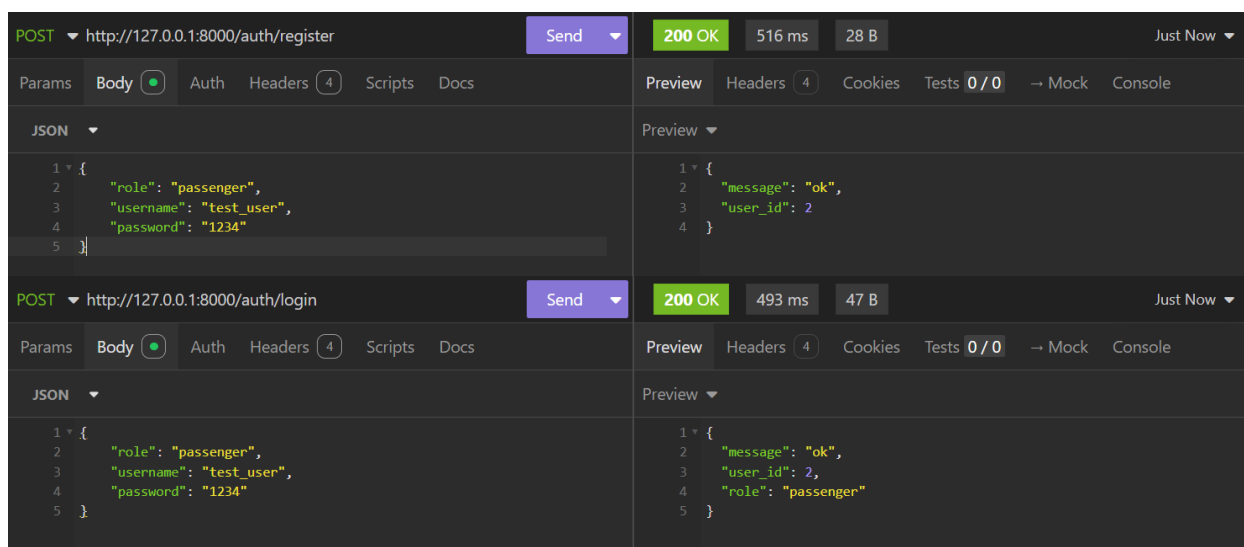


Рисунок 2 — Пример выполнения запросов регистрации и авторизации.

Проверка конкурсных ситуаций (неверный пароль, несуществующий пользователь) показала корректную генерацию исключений и возврат HTTP-ошибок.

3. Создание заказа пассажиром

Создание нового заказа осуществлялось с помощью запроса:

POST /order/create

Пассажир передавал координаты начала и конца пути. Система выполняла следующие проверки:

1. наличие пассажира в базе;
2. отсутствие активного заказа со статусом, отличным от *finished*;
3. корректность координат;

4. создание записи в таблице *orders*.

При успешном создании заказ фиксировался в базе со статусом *waiting*.

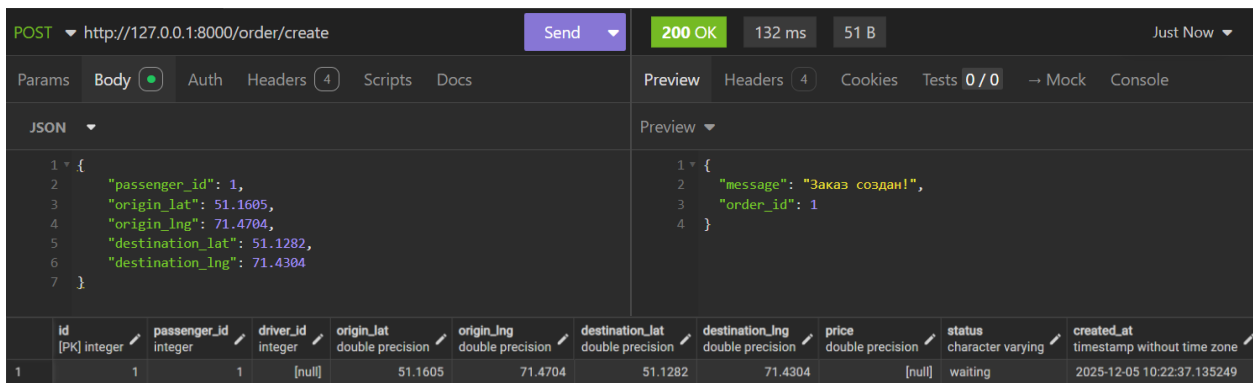
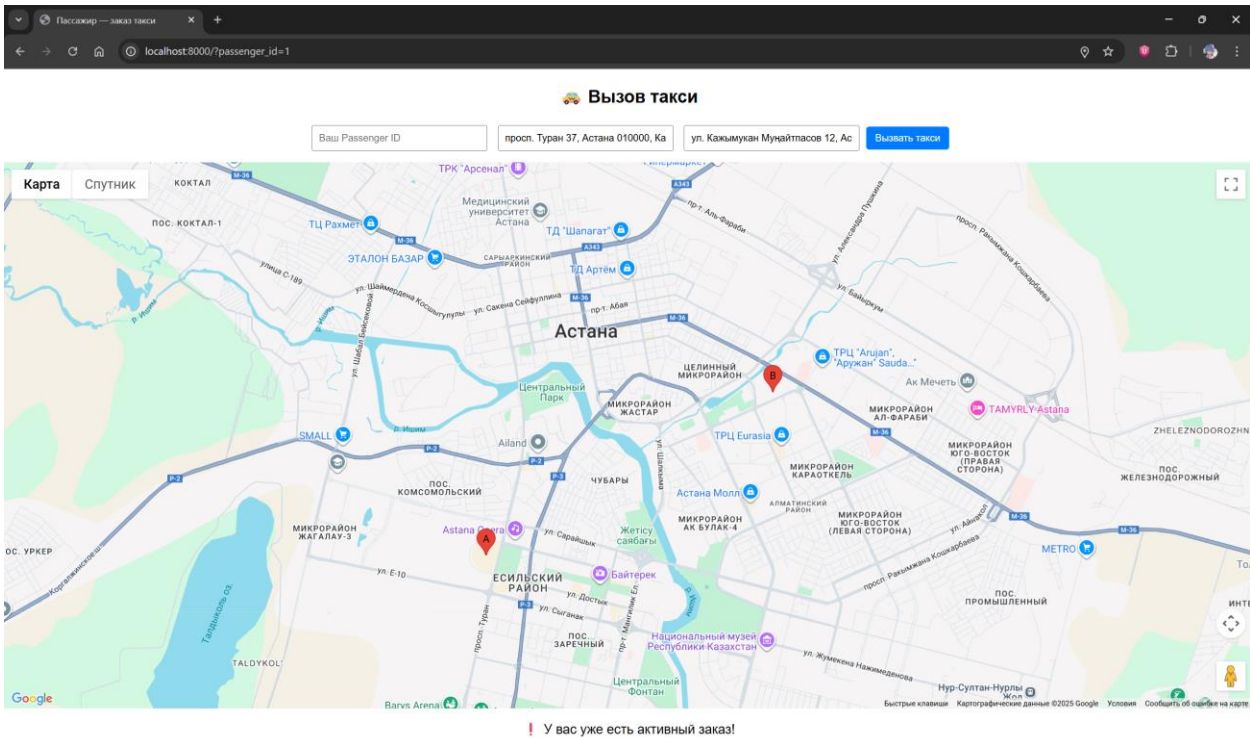


Рисунок 3 — Создание нового заказа и запись в таблице *orders*.

4. Тестирование алгоритма назначения водителя

Алгоритм назначения водителя проверялся последовательным вызовом метода: GET /order/find_driver/{order_id}

Система выполняет выбор ближайшего водителя среди тех, кто имеет статус *free* и находится онлайн. Расстояние вычисляется по геодезической метрике:

$$D = geodesic((lat_d, lng_d), (lat_p, lng_p))$$

Если заказ ещё не назначен, система:

1. формирует множество доступных водителей;
2. вычисляет расстояние до каждого;
3. выбирает минимум;
4. обновляет статус водителя на *busy*;
5. сохраняет стоимость поездки в таблицу *orders*.

Стоимость определялась по формуле:

$$Price = \max(500, 150 \cdot D)$$

что соответствует тарифной модели прототипа.

Повторные вызовы метода возвращали уже назначенного водителя, что подтверждало устойчивость состояния заказа.

5. Изменение геолокации водителя

Механизм обновления координат тестировался запросом:

POST /drivers/{driver_id}/location

В ходе эксперимента координаты изменялись вручную, чтобы оценить реакцию системы при повторном поиске водителя. Система корректно обновляла значения в таблице *drivers*, что приводило к изменению ближайшего водителя при повторных запросах поиска.

Эксперимент подтвердил стабильную работу механизма динамической геолокации.

6. Завершение поездки

Функция завершения заказа проверялась методом:

PATCH /drivers/{driver_id}/finish

Система:

1. находила активный заказ, назначенный водителю;
2. изменяла статус заказа на *finished*;
3. фиксировала время завершения;
4. возвращала статус водителя к *free*.

Проверка в pgAdmin показала корректное обновление всех связанных полей, отсутствие рассинхронизации статусов и возможность немедленного принятия новых заказов.

7. Наблюдение за состоянием базы данных

В ходе всех экспериментов структура и содержимое таблиц отслеживались через pgAdmin. Особое внимание уделялось:

- корректности статусов водителей (*online*, *free*, *busy*),
- отсутствию более одного активного заказа у пассажира,
- точности расчёта расстояния и сохраняемой стоимости,
- корректности внешних ключей между *orders* и *drivers/passengers*.

	id [PK] integer	passenger_id integer	driver_id integer	origin_lat double precision	origin_lng double precision	destination_lat double precision	destination_lng double precision	price double precision	status character varying	created_at timestamp without time zone
1	1	1	[null]	51.1325301	71.403730299999999	51.1565232	71.471045199999999	[null]	waiting	2025-12-05 04:21:27.86063
2	2	2	[null]	51.1605	71.4704	51.1282	71.4304	[null]	waiting	2025-12-05 04:39:14.398692

Рисунок 4 — Фрагмент таблицы *orders* после выполнения запросов.

Все тесты показали:

- устойчивую работу REST-интерфейсов;
- корректное назначение водителей по минимальному расстоянию;
- корректное обновление координат;
- правильную логику завершения заказов;
- отсутствие логических ошибок в переходах состояний.

Система демонстрирует стабильность и готовность к дальнейшему расширению, включая добавление динамической маршрутизации, визуализации положения водителей и интеграции дополнительных тарифных моделей.

Результаты экспериментов подтвердили корректность работы ключевых компонентов информационной системы городского такси и показали применимость выбранных алгоритмов распределения и обработки геолокационных данных. Серверная часть стабильно выполняла все этапы жизненного цикла заказа — от его создания до завершения поездки.

Механизмы регистрации и авторизации показали устойчивость: система корректно обрабатывала роли пользователей, обеспечивала безопасное хранение данных и правильное изменение статуса водителя при входе. Создание заказов также прошло без логических конфликтов: пассажир не мог иметь более одного активного заказа, а статусы корректно фиксировались в базе.

Алгоритм назначения водителя стабильно выбирал ближайшего исполнителя на основе геодезического расстояния, что соответствует теоретическим моделям оптимального распределения. Изменение координат водителей приводило к ожидаемому перераспределению, что подтверждает корректность обработки геолокации.

Завершение поездки выполнялось корректно: статус заказа переходил в *finished*, а водитель становился доступным для новых заявок. Это обеспечивало непрерывность работы системы и согласованность данных.

Полученные результаты демонстрируют устойчивость и надёжность архитектуры FastAPI + PostgreSQL. Система может служить основой для дальнейшего развития, включая интеграцию алгоритмов маршрутизации, динамических тарифов и аналитических модулей.

Выводы

В ходе исследования была разработана и экспериментально апробирована информационная система городского такси, ориентированная на автоматизацию ключевых процессов обслуживания пассажиров. Предложенная архитектура, основанная на FastAPI и PostgreSQL, показала себя эффективной для реализации основных функций сервиса: регистрации пользователей, создания заказов, назначения водителей и управления состояниями в реальном времени. Проведённые эксперименты продемонстрировали корректность обработки данных, устойчивость REST-интерфейсов и соблюдение логики жизненного цикла поездки.

Результаты подтверждают, что выбранный алгоритм поиска ближайшего водителя обеспечивает стабильную работу и соответствует эвристикам, рассматриваемым в современных исследованиях задач распределения транспортных средств. Применение геодезической метрики позволило добиться достаточной точности расчёта расстояний для условий городской среды. Важным является и то, что структура базы данных обеспечивает целостность и последовательность обработки заказов.

Разработанная система может служить основой для построения полнофункциональной платформы городского такси, а также для дальнейших научных экспериментов, связанных с оптимизацией маршрутов, прогнозированием спроса, использованием динамических тарифов и моделированием поведения участников транспортной сети. Дальнейшее развитие решения может включать интеграцию картографических сервисов, мобильных клиентов и аналитических модулей.

Список литературы

1. Cao, Y., Wang, S., & Li, J. *The Optimization Model of Ride-Sharing Route for Ride-Hailing Considering Both System Optimization and User Fairness*. Sustainability, 13(902), 2021. 18 p.
2. Aydin, O. F., Gokasar, I., & Kalan, O. *Improving Ride-Sharing by Incorporating Route Splitting and Social Factors*. PLOS ONE, 15(3), 2020. 23 p.
3. Bei, X., & Zhang, S. *Algorithms for Trip-Vehicle Assignment in Ride-Sharing*. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2018. pp. 3–9.

4. Alshamsi, A., Abdallah, S., & Rahwan, I. *Multiagent Self-Organization for a Taxi Dispatch System*. AAMAS 2009 – Proceedings of the 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2009, pp. 21–28.
5. Angrist, J., Caldwell, S., & Hall, J. V. *Uber versus Taxi: A Driver's Eye View*. American Economic Journal: Applied Economics, 13(3), 2021, pp. 272–308.
6. Wang, H., Liu, X., Xu, B., et al. *IP Geolocation Self-Optimizing Model*. arXiv:2004.01531, 2020. 12 p.
7. Zha, L., Yin, Y., Du, Y. *Surge Pricing and Fleet Management in Ride-Sourcing Systems*. Article Text 14826, Journal Publication, 2020. 14 p.

References

1. Cao, Y., Wang, S., & Li, J. *The Optimization Model of Ride-Sharing Route for Ride-Hailing Considering Both System Optimization and User Fairness*. Sustainability, 13(902), 2021. 18 p.
2. Aydin, O. F., Gokasar, I., & Kalan, O. *Improving Ride-Sharing by Incorporating Route Splitting and Social Factors*. PLOS ONE, 15(3), 2020. 23 p.
3. Bei, X., & Zhang, S. *Algorithms for Trip-Vehicle Assignment in Ride-Sharing*. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2018. pp. 3–9.
4. Alshamsi, A., Abdallah, S., & Rahwan, I. *Multiagent Self-Organization for a Taxi Dispatch System*. AAMAS 2009 – Proceedings of the 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2009, pp. 21–28.
5. Angrist, J., Caldwell, S., & Hall, J. V. *Uber versus Taxi: A Driver's Eye View*. American Economic Journal: Applied Economics, 13(3), 2021, pp. 272–308.
6. Wang, H., Liu, X., Xu, B., et al. *IP Geolocation Self-Optimizing Model*. arXiv:2004.01531, 2020. 12 p.
7. Zha, L., Yin, Y., Du, Y. *Surge Pricing and Fleet Management in Ride-Sourcing Systems*. Article Text 14826, Journal Publication, 2020. 14 p.

Т.Т. Оспанова*, Р.Н. Серіков

т.ғ. к., доцент, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан
магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

*Корреспондент авторы: tleu2009@mail.ru

FASTAPI НЕГІЗІНДЕ ҚАЛАЛЫҚ ТАКСИГЕ АРНАЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕНІ ӘЗІРЛЕУ

Түйін

Мақалада қалалық такси қызметіне арналған ақпараттық жүйені әзірлеу және оның негізгі функционалдық мүмкіндіктерін эксперименттік тұрғыда тексеру нәтижелері қарастырылады. Жүйе FastAPI платформасы мен PostgreSQL дерекқорын пайдалану арқылы жүзеге асырылып, пайдаланушыларды тіркеу, тапсырыстарды жасау, жүргізушілерді тағайындау және геолокациялық деректерді нақты уақыт режимінде өңдеу сияқты негізгі процестерді автоматтандыруға мүмкіндік берді. Жақын жүргізушіні анықтау үшін геодезиялық қашықтықты есептеу әдісі қолданылып, қалалық жағдайларда жеткілікті дәлдік көрсетті. Жүргізуші мәртебелерін басқару механизмі эксперимент барысында күй өзгерістерінің тұрақты және дұрыс орындалатынын дәлелдеді. Алынған нәтижелер ұсынылған архитектураның тиімділігін растап, оның мүмкін болатын кеңею бағыттарын айқындады. Ұсынылған жүйе қалалық такси сервистерінің толыққанды платформасын әзірлеуге негіз бола алады.

Кілттік сөздер: ақпараттық жүйе, қалалық такси, FastAPI, геолокация, PostgreSQL, таратуды оңтайландыру, сандық қызметтер.

T.T. Ospanova*, R.N. Serikov

Cand.Tech.Sci., Associate Professor, L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan

Master's student, L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan

***Corresponding author's email:** tleu2009@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR URBAN TAXIS BASED ON FASTAPI

Abstract

The article presents the development of an information system for urban taxi services and the results of an experimental evaluation of its key functional capabilities. The system is implemented using the FastAPI framework and PostgreSQL, enabling the automation of essential processes such as user registration, order creation, driver assignment, and real-time geolocation data processing. A geodesic distance calculation method is applied to determine the nearest driver, providing sufficient accuracy for urban environments. The driver status management mechanism demonstrated stability and correct state transitions during testing. The obtained results confirm the effectiveness of the proposed architecture and highlight its potential for further enhancement, including functional expansion, integration of analytical modules, and the application of route optimization methods. The system can serve as a foundation for developing full-scale urban taxi service platforms.

Keywords: information system, urban taxi, FastAPI, geolocation, PostgreSQL, distribution optimization, digital services.

А.А. Отарбаева*

оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

*Корреспондент авторы: otarbayeva.90@bk.ru

ARDUINO ПЛАТФОРМАСЫНДА HC-SR04 УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ ДАТЧИГИ МЕН МИКРОСЕРВО МОТОРЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҚАШЫҚТЫҚТАН ӨЛШЕУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ

Түйін

Бұл мақалада Arduino платформасында кеңінен қолданылатын HC-SR04 ультрадыбыстық сенсоры мен микросерво қозғалтқышының жұмыс принциптері қарастырылады. Ультрадыбыстық датчиктің көмегімен қашықтықты өлшеу әдістері сипатталады және алынған мәліметтер негізінде микросерво қозғалтқышын басқару мүмкіндіктері талданады. Мақала Arduino платформасын пайдаланып автоматтандырылған және ақылды жүйелерді құруға мүдделі оқырмандарға арналған. Зерттеудің негізгі бөлігі екі компонентті дербес жүйеге біріктіру болып табылады. HC-SR04-тен алынған қашықтық деректері негізінде сервоны автоматты түрде орналастыру алгоритмі жасалады. Мысалы, серво машинасы кеңістікті сканерлеу үшін сенсорды айналдыра алады немесе берілген қашықтықта объект анықталған кезде іске қосылатын механикалық қақпақты басқара алады. Бұл жұмыс автономды роботтар, ақылды үй жүйелері және өнеркәсіптік автоматтандыру құрылғылары сияқты күрделі жобаларды әзірлеуге негіз болады.

Кілттік сөздер: Arduino, HC-SR04, ультрадыбыстық датчиктер, микросерво моторлары, қашықтықты өлшеу құрылғысы, автоматтандыру, микроконтроллер, робототехника.

Мақсаты: HC-SR04 ультрадыбыстық датчигі мен микросерво моторының жұмыс істеу принциптерін түсіндіру, олардың Arduino платформасымен өзара байланысын көрсету және қашықтыққа тәуелді басқару жүйелерін құрудың тәжірибелік мүмкіндіктерін ашып көрсету болып табылады.

Кіріспе

Қазіргі таңда әлемде цифрлық технологиялардың қарқынды дамуы автоматтандыру, робототехника және интеллектуалды басқару жүйелерінің кеңінен таралуына алып келді. Бұл үдерісте микроконтроллерлер маңызды рөл атқарады, себебі олар әртүрлі электрондық құрылғылардың жұмысын басқаруға және деректерді өңдеуге мүмкіндік береді. Микроконтроллерлерді оқыту мен тәжірибелік жобаларда қолдануда Arduino платформасы өзінің қарапайымдылығы, қолжетімділігі және икемділігі арқасында ерекше танымалдылыққа ие болды.

Материалдар мен әдістер

Arduino платформасы аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етудің ашық архитектурасына негізделген, бұл оны білім беру саласында, әуесқой электроникада және кәсіби жобаларда кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Осындай элементтердің ішінде ультрадыбыстық датчиктер мен микросерво моторлары маңызды орын алады. Arduino көмегімен түрлі датчиктер мен атқарушы механизмдерді біріктіріп, нақты уақыт режимінде жұмыс істейтін басқару жүйелерін құруға болады.

Ультрадыбыстық датчиктер қоршаған ортадағы объектілерге дейінгі қашықтықты жанаспай анықтауға мүмкіндік беретін электронды құрылғы. Бұл қасиет оларды кедергілерді анықтау, қозғалысты бақылау, қауіпсіздік жүйелерінде және автоматты басқару тиімді пайдалануға жол ашады. Ультрадыбыстық HC-SR04 датчигі — Arduino платформасымен үйлесімділігі жоғары, бағасы қолжетімді және қолданылуы өте қарапайым датчиктердің бірі

болып табылады. Оның көмегімен қысқа және орта қашықтықтарды жоғары дәлдікпен өлшеуге болады.

Ал микросерво моторлары нақты бұрылу бұрышын басқаруға арналған атқарушы құрылғылар болып табылады. Олар өлшеу нәтижелеріне сәйкес механикалық қозғалыс жасауға мүмкіндік береді. Осыған байланысты микросерво моторлары датчиктерден алынған ақпаратты физикалық әрекетке айналдыратын маңызды элемент ретінде қарастырылады. Ультрадыбыстық датчик және микросерво моторын біріктіріп қолдану автоматтандырылған жүйелердің функционалдық мүмкіндіктерін айтарлықтай кеңейтетін болады.

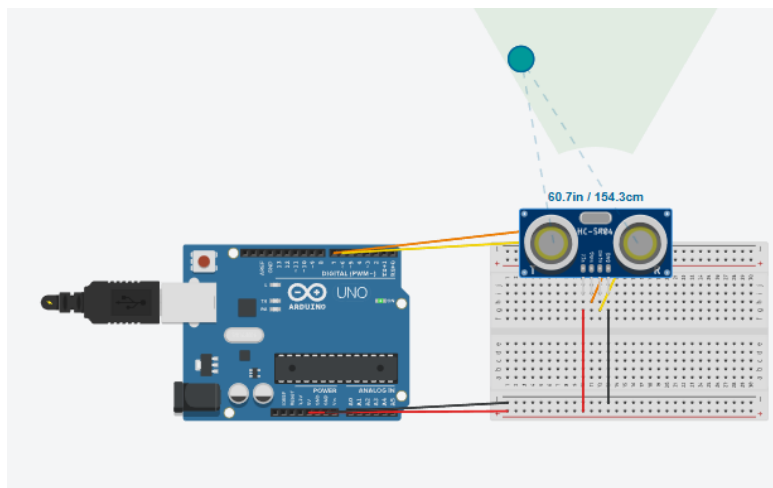
Аталған құрылғыларды Arduino платформасында біріктіріп, оларды пайдалану студенттер мен жас зерттеушілерге микроконтроллерлік жүйелердің жұмыс логикасын тереңірек түсінуге, алгоритмдік ойлау қабілетін дамытуға және іс-тәжірибелік дағдыларды қалыптастыруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, мұндай жобалар нақты өмірде қолданылатын интеллектуалды жүйелердің жұмыс принциптерін модельдеуге жағдай жасайтын болады.

Осы мақалада Arduino платформасында ультрадыбыстық HC-SR04 датчигі мен микросерво моторын қолданудың теориялық негіздері мен іс-тәжірибелік мүмкіндіктері қарастырылатын болады. Қашықтықты өлшеу әдісі, алынған мәліметтерді өңдеу және микросерво моторын басқару принциптерін талдап, автоматтандырылған басқару жүйелерін құрудағы маңыздылығын көрсетеді.

Нәтижелер және талқылау

Ультрадыбыстық датчигінің жұмыс принципі

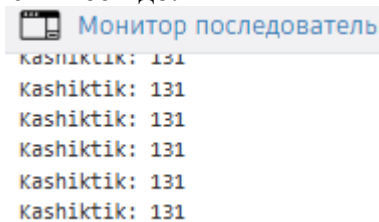
Ультрадыбыстық HC-SR04 датчигі берілген объектіге дейінгі қашықтықты ультрадыбыстық толқындар көмегімен анықтайды. Ультрадыбыстық сигналды датчик шығарып, оның кедергіден шағылып кері қайту уақытын өлшейді. Осы уақыт негізінде дыбыс жылдамдығы арқылы қашықтық есептелетін болады. HC-SR04 датчигі төрт негізгі пиннен құралады: VCC, GND, Trig және Echo. Trig пині арқылы сигнал жіберіледі, ал Echo пині арқылы қайтқан сигнал қабылданады.



Берілген бағдарламаның орындалу коды:

```
1  const int trigPin=7;
2  const int ehoPin=6;
3  long uzaktik;
4  int cm;
5  void setup()
6  {
7      pinMode(trigPin, OUTPUT);
8      pinMode(ehoPin, INPUT);
9      Serial.begin (9600);
10 }
11
12 void loop()
13 {
14     digitalWrite(trigPin, LOW);
15     delayMicroseconds(2);
16     digitalWrite(trigPin, HIGH);
17     delayMicroseconds(10);
18     digitalWrite(trigPin, LOW);
19     uzaktik= pulseIn (ehoPin,HIGH);
20     cm=(uzaktik/2)/29.1;
21     Serial.print ("Kashiktik: ");
22     Serial.println(cm);
23     delay(100);
24 }
```

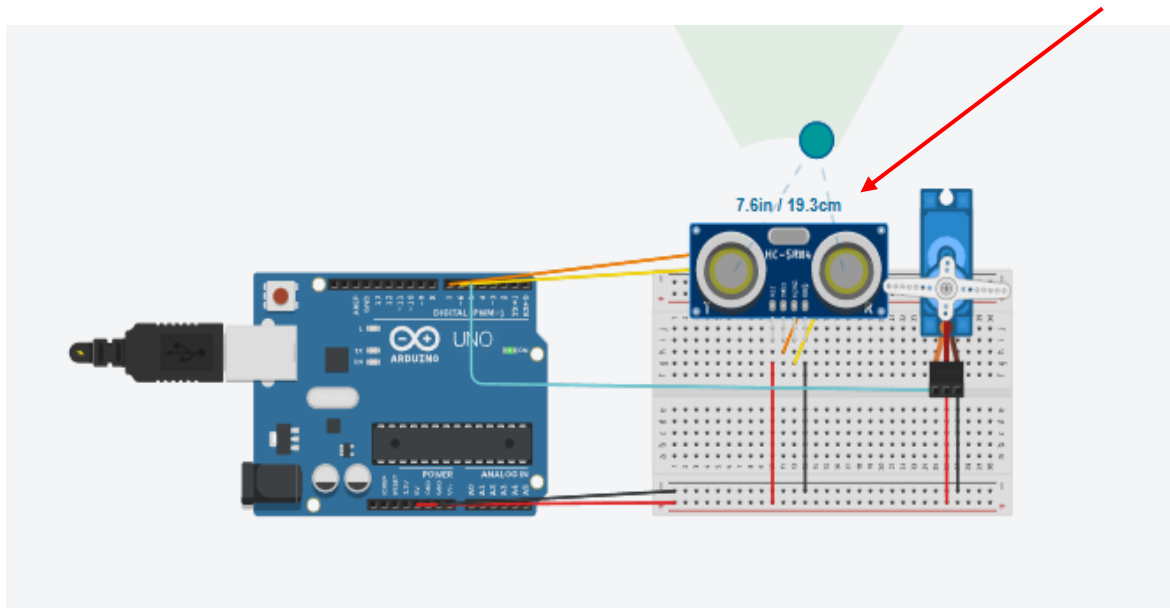
Нәтижесінде:



```
Монитор последователь
Kashiktik: 131
Kashiktik: 131
Kashiktik: 131
Kashiktik: 131
Kashiktik: 131
Kashiktik: 131
```

Микросерво моторының ерекшеліктері

Микросерво моторы — бұл нақты бұрылыс бұрышына басқаруға болатын шағын электр моторы болып саналады. Ол көбіне 0 градустан 180 градусқа дейінгі ара қашықтықта дәл қозғалыс жасай алатын болады. Микросерво моторларының артықшылықтары сол, ол шағын өлшемді, төмен энергия тұтынуы және басқарудың қарапайымдылығында. Бұл қасиеттер оларды робототехникада, автоматтандырылған құрылғыларда және модельдеу жобаларында кең қолдануға мүмкіндік береді. Микросерво — бұл шағын электр моторы болып табылады, көбіне ол нақты бұрылыс бұрышына жету үшін қолданылатын механизм. Ардуино мен микросерволды бірге қолдану өте танымал, өйткені серво моторы ардуино басқаруымен жоғары дәлдікпен орын ауыстыруы мүмкін. Микросервоның ерекшелігі — оның кішкентай және аз қуат тұтынуында болып табылады, сондай-ақ оның басқару мүмкіндігі өте көп.



Нәтижесінде есік ультрадыбыстық датчик ара қашықтығы 50 см кем болғанда ашылатын болады:

Arduino платформасында біріктіріп қолдану

Ультрадыбыстық HC-SR04 датчигі арқылы өлшенген қашықтық мәндері Arduino микроконтроллері арқылы өңделіп, микросерво моторының бұрылу бұрышын басқаруға қолданылады. Осындай жүйе кедергіні анықтау, автоматты есік, робот қозғалысын басқару және т.б секілді көптеген тәжірибелік қолданбаларда тиімді болып саналады.

Қорытынды

Мақалада Arduino платформасында ультрадыбыстық датчик пен микросерво моторын қолданудың негізгі қағидалары қарастырылды. Бұл құрылғыларды бірге пайдалану автоматтандырылған және интеллектуалды жүйелерді құруға мүмкіндік береді. Arduino платформасының қолданылуы мен қолжетімділігі оны оқу және тәжірибелік жобалар үшін тиімді құрал етеді.

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде Arduino платформасында ультрадыбыстық HC-SR04 датчигі мен микросерво моторын біріктіріп қолдану арқылы қашықтықты өлшеу және соған тәуелді басқару жүйесін құрудың тиімділігі дәлелденді. Ультрадыбыстық датчиктің көмегімен объектіге дейінгі арақашықтықты жанаспай, нақты әрі сенімді түрде өлшеуге болатыны анықталды. Ал алынған мәліметтерді микроконтроллер арқылы өңдеп, микросерво моторының қозғалысын басқару жүйенің автоматтандырылған жұмысын қамтамасыз етеді.

Зерттеу барысында HC-SR04 датчигінің Arduino платформасымен үйлесімділігі, оның қарапайым қосылу схемасы мен бағдарламалық басқару мүмкіндіктері тәжірибе жүзінде көрсетілді. Сонымен қатар микросерво моторының қашықтыққа тәуелді бұрылу бұрышы арқылы нақты физикалық әрекет орындауы интеллектуалды басқару жүйелерін модельдеуде маңызды рөл атқаратыны айқындалды. Мұндай тәсіл автоматты есіктер, кедергіні анықтау жүйелері, робот қозғалысын басқару және қауіпсіздік құрылғылары сияқты практикалық қолданбаларда кеңінен пайдаланылады.

Arduino платформасын пайдалану білім алушылар мен жас зерттеушілер үшін микроконтроллерлік жүйелердің жұмыс принциптерін меңгеруге, бағдарламалау мен аппараттық қамтамасыз ету арасындағы байланысты түсінуге үлкен мүмкіндік береді. Бұл

платформа арқылы датчиктерден алынған мәліметтерді өңдеу, логикалық алгоритмдер құру және атқарушы механизмдерді басқару дағдылары қалыптасады.

Қорытындылай келе, HC-SR04 ультрадыбыстық датчигі мен микросерво моторын Arduino платформасында біріктіріп қолдану автоматтандыру және робототехника саласында тиімді, қолжетімді әрі оқытуға ыңғайлы шешім болып табылады. Болашақта бұл жүйені жетілдіру үшін бірнеше датчиктерді қатар қолдану, сымсыз басқару технологияларын енгізу және жасанды интеллект элементтерін пайдалану арқылы функционалдық мүмкіндіктерін одан әрі кеңейтуге болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Смағұлов А.Ж. Микроконтроллерлер және олардың қолданылуы. — Алматы: Қазақ университеті, 2020. — 256 б.
2. Әбдіқалықов Н.Н. Автоматтандыру және басқару жүйелері негіздері. — Алматы: Эверо, 2019. — 312 б.
3. Қожахметов С.Қ. Робототехника негіздері. — Нұр-Сұлтан: Фолиант, 2021. — 280 б.
4. EEE Xplore Digital Library. Ultrasonic Sensors and Servo Control Articles, Электрондық ресурс.
5. Sensors ғылыми журналы. Ultrasonic Distance Measurement Methods, Электрондық ресурс.
6. Electronics Hub. HC-SR04 Ultrasonic Sensor with Arduino Tutorials, Электрондық ресурс.
7. Бейктал Дж. Конструлируем роботов на Arduino. Первые шаги. — М.: Лаборатория знаний, 2016. — 323 с.
8. Иванов А.А. Основы робототехники: Учебное пособие для студентов вузов. — М.: Форум, 2012. — 222 б.
9. Қазақша сабақтар. Ғаламтор көздері: <https://www.youtube.com/@Roboforce>

References

1. Smağūlov A.J. Mikrokontrollerler jäne olardyñ qoldanylyuy. — Almaty: Qazaq universiteti, 2020. — 256 b.
2. Äbdıqalyqov N.N. Avtomattandyru jäne basqaru jüieleri negızderı. — Almaty: Evero, 2019. — 312 b.
3. Qojahmetov S.Q. Robototehnika negızderı. — Nūr-Sūltan: Foliant, 2021. — 280 b.
4. EEE Xplore Digital Library. Ultrasonic Sensors and Servo Control Articles, Elektronıdyq resurs.
5. Sensors ğylymi jurnaly. Ultrasonic Distance Measurement Methods, Elektronıdyq resurs.
6. Electronics Hub. HC-SR04 Ultrasonic Sensor with Arduino Tutorials, Elektronıdyq resurs.
7. Bejktal Dzh. Konstruiruem robotov na Arduino. Pervye shagi. — M.: Laboratorija znaniy, 2016. — 323 s.
8. Ivanov A.A. Osnovy robototehniki: Uchebnoe posobie dlja studentov vuzov. — M.: Forum, 2012. — 222 b.
9. Qazaqşa sabaqtar. Ğalamtor közderı: <https://www.youtube.com/@Roboforce>

А.А. Отарбаева*

преподаватель, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*Автор для корреспонденции: otarbayeva.90@bk.ru

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА HC-SR04 И МИКРОСЕРВО-ДВИГАТЕЛЯ НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

Аннотация

В этой статье будут рассмотрены принципы работы ультразвукового датчика HC-SR04 и микросерво-двигателя, которые широко используются на платформе Arduino. Будут описаны методы измерения расстояния с помощью ультразвукового датчика и проанализированы возможности управления двигателем микросерво на основе полученных данных. Статья предназначена для читателей, заинтересованных в создании автоматизированных и интеллектуальных систем с использованием платформы Arduino. Ключевой частью исследования является интеграция двух компонентов в автономную систему. На основе данных о расстоянии, полученных от HC-SR04, будет разработан алгоритм для автоматического позиционирования сервопривода. Например, сервомашинка может поворачивать датчик для сканирования пространства или управлять механической заслонкой, срабатывающей при обнаружении объекта на заданной дистанции. Данная работа служит основой для разработки более сложных проектов, таких как автономные роботы, системы умного дома и устройства промышленной автоматизации.

Ключевые слова: Arduino, HC-SR04, ультразвуковые датчики, микросерво-двигатели, устройство измерения расстояния, автоматизация, микроконтроллер, робототехника.

А.А. Otarbayeva*

lecturer, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

*Corresponding author's email: otarbayeva.90@bk.ru

CREATION OF A REMOTE MEASUREMENT AND CONTROL SYSTEM USING AN HC-SR04 ULTRASONIC SENSOR AND A MICROSERVICE ENGINE BASED ON THE ARDUINO PLATFORM

Abstract

This article will discuss the principles of operation of the HC-SR04 ultrasonic sensor and the microservice motor, which are widely used on the Arduino platform. The methods of measuring distance using an ultrasonic sensor will be described and the possibilities of controlling the microservice engine based on the data obtained will be analyzed. The article is intended for readers interested in creating automated and intelligent systems using the Arduino platform. A key part of the research is the integration of the two components into an autonomous system. Based on the distance data received from HC-SR04, an algorithm for automatic servo positioning will be developed. For example, a servomachine can rotate a sensor to scan a space or control a mechanical shutter that is triggered when an object is detected at a given distance. This work serves as the basis for the development of more complex projects such as autonomous robots, smart home systems and industrial automation devices.

Key words: Arduino, HC-SR04, ultrasonic sensors, microservo Motors, distance measurement device, automation, microcontroller, robotics.

A.S. Talgatov, S.A. Nurgaliyeva*

Master degree student, School of Software Engineering, Astana IT University, Astana, Kazakhstan
PhD in computer science, School of Software Engineering, Astana IT University, Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: symbat.nurgaliyeva@astanait.edu.kz

A REPRODUCIBLE EXPLAINABLE AI PIPELINE FOR TEACHER-FACING STUDENT DIGITAL TWINS

Abstract

Learning management systems record large volumes of student activity, yet their built-in analytics tend to describe the past rather than predict outcomes. We ask a deliberately falsifiable question: do engineered Student Digital Twin features improve grade prediction over a competent baseline drawn from ordinary LMS signals, and are the resulting explanations stable enough to put in front of a teacher? To answer it we built a leakage-aware pipeline that pairs a weekly student-state representation with a gradient-boosting predictor and a perturbation-based explanation layer, then ran a nested feature ablation on public data from two institutions. The result isn't encouraging. Added feature richness does not help in any reliable way: no Twin block beats the baseline by more than one RMSE point on the primary cohort, only one cell shows a clear gain, and explanation rankings shift with the evaluation regime (Kendall τ between 0.32 and 0.79).

Keywords: learning analytics; explainable AI; explanation stability; student performance prediction; digital twin; gradient boosting; reproducibility

Introduction

Learning management systems quietly accumulate a detailed record of how students work: when they log in, what they submit, the marks they receive, and how often they click through course materials. Teachers, however, rarely get a forward-looking picture out of that record. They can't easily see where a particular student stands this week, what the likely end-of-course outcome is, or which signals are driving that estimate. Most learning-analytics studies tune a classifier for accuracy on a held-out split, attach a post-hoc explanation, and report the single best configuration on one cohort. Three practical questions are left open. Does a Digital-Twin representation of student state actually add value over a plain set of LMS features? Are the explanations steady enough to show a teacher? And can the whole loop be built and reproduced on real, public data?

We address these questions with a working prototype and an evaluation that's honest about what it finds. The central object is the student modelled as a dynamic digital twin: a weekly state snapshot at the grain of one row per student per week. We use the term Digital Twin deliberately, but narrowly. Here it means a lean, time-aware state representation, not a full counterfactual simulation engine. The twin keeps a descriptive weekly state and carries a lightweight what-if layer that estimates how the predicted grade would move if a flagged factor reached the cohort median. We treat mechanistic simulation and causal counterfactual reasoning as explicit boundaries rather than implied promises. Around this representation we place a gradient-boosting predictor, a perturbation-based explainable-AI (XAI) layer, and a Next.js teacher interface that reads frozen prediction artifacts.

Training gradient boosting or random forests on the Open University Learning Analytics Dataset (OULAD) and bolting on SHAP explanations after the fact is by now routine [1], [2], [3], [4]. Reported benchmarks reach ROC-AUC 0.993 and F1 0.911 on dropout prediction [1], so adding explainability is no longer a contribution on its own. Continuous-grade regression, which we use alongside classification, is less common, but it isn't enough by itself. Tiukhova et al. [5] found that XAI-derived feature importance for student-success models can be unstable across configurations. We take that stability lens further, out of a single-model setting and into a transfer setting, and measure rank agreement across evaluation splits, across two OULAD courses, and across institutions. Digital

twins in education appear mostly as concept or review papers [6]; working implementations on real student data are essentially missing. Peer-reviewed teacher-facing work publishes model metrics rather than systems, and commercial platforms such as EAB Navigate, Civitas Learning, and Brightspace Insights ship dashboards that are closed and undocumented. Papers that add SHAP seldom discuss how a teacher might misread an explanation, or the gap between describing model behaviour and making a causal claim.

Research gap and key provisions. No published work builds and then honestly evaluates a full-cycle prototype that runs from raw data, through weekly twin snapshots and grade predictions, to per-student explanations shown in a teacher interface, on real public data, while documenting where the added components fail to beat a simpler baseline. This paper targets that gap. The novelty isn't a new algorithm or a higher accuracy number. It's the combination of four things: an end-to-end, open, leakage-aware pipeline from raw OULAD data to teacher-facing weekly explanations; a dependency-driven ablation that tests the Twin representation instead of assuming it; an explanation-stability analysis across splits, courses, and institutions; and an honest multi-cohort finding, including a documented synthetic-data circularity failure mode, of a kind the literature systematically under-reports.

Materials and Methods

Theoretical analysis: system architecture. The prototype is a monorepo with two services that run independently and a strict read-only boundary between computation and presentation. The ML service (services/ml, Python) holds the OULAD data adapter, the weekly snapshot builder, the feature-engineering pipeline, the experiment runner, the model-training code, and the perturbation-based XAI module. Every experiment writes versioned JSON and CSV artifacts under data/artifacts/experiments. The web service (apps/web, Next.js) is a server-rendered frontend that reads those frozen artifacts at request time and serves the teacher-facing views. It runs no machine learning of its own, so results stay reproducible regardless of the interface, and the interface can be tested without retraining anything. Data moves in one direction. Raw OULAD CSV files enter the adapter, become a weekly snapshot table with one row per student per week, pass through feature engineering into a trained Gradient Boosting model, and emerge as prediction and explanation artifacts in JSON that the web app consumes (Figure 1).

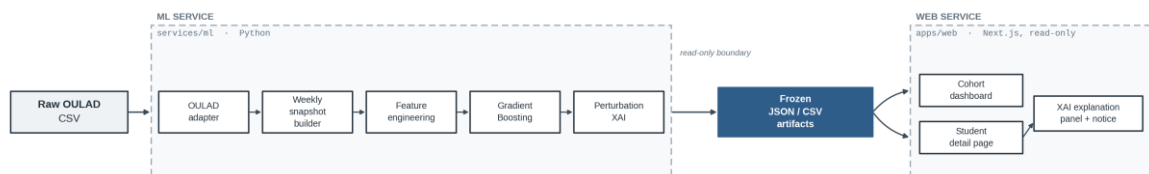


Figure 1 - End-to-end system architecture.

The teacher interface has two parts. A cohort dashboard lists every student in a sortable, filterable table with predicted grade, a pass-risk badge, the current week, and the key LMS signals, and supports one-click filtering to the high-risk group (Figure 2). A student detail page adds summary cards (predicted versus actual grade, risk, mastery, activity, attendance, assignment and quiz averages, and a three-week trend), a weekly trajectory chart, the raw weekly-snapshot table, an explanation panel listing which signals raise or lower the current-week prediction, and a what-if panel that estimates the grade gain if each flagged below-median factor reached the cohort median (Figure 3). The explanation panel carries an explicit limitation notice: the listed factors describe how the model behaves, not why a student is at risk; the score isn't a sole basis for intervention; and the rankings can move across time periods and cohorts. We present the interface as a design demonstrator, not an evaluated intervention, and we make no claim from a user study here.

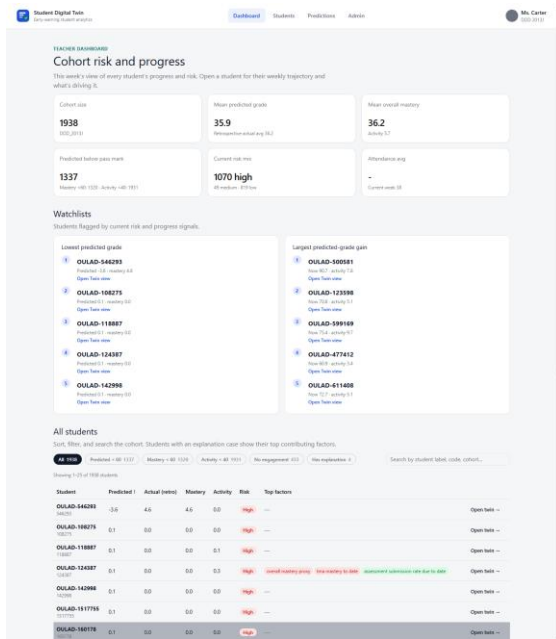


Figure 2 - Teacher cohort dashboard.

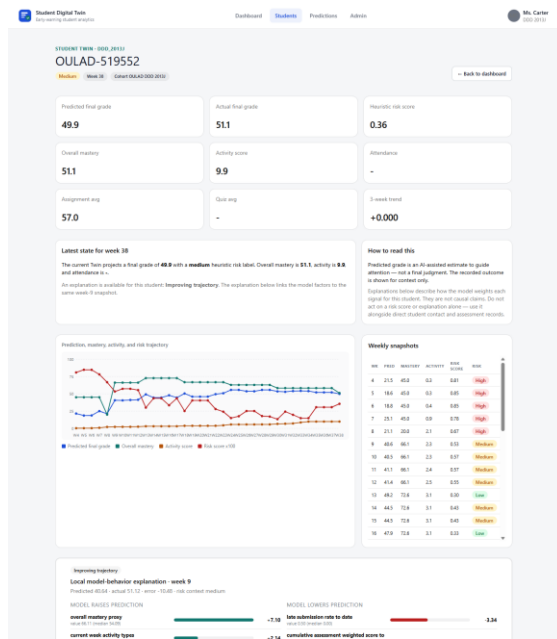


Figure 3 - Per-student detail view.

Experimental part: datasets. We evaluate on real, public, non-circular data from two institutions. OULAD DDD 2013J [7] contributes 1,938 students and 67,830 weekly snapshots over weeks 4 to 38. OULAD BBB 2013J [7] adds 2,237 students and 80,532 weekly snapshots, with a richer dated assessment structure than DDD. The KU Leuven 1819 dataset [8] pools two courses into 1,495 students over weeks 2 to 15. A separate synthetic dataset is used only for controlled methodological checks, and we state its limitations in the Results and Discussion.

Feature sets (nested ablation). We test the Digital-Twin representation by decomposition rather than assuming it. The four feature sets are nested, so each one strictly contains the previous: A_simple is a minimal baseline; B_lms adds the LMS behavioural features that stand in for what the literature typically uses; B_lms + mastery adds a lean mastery-proxy block derived from the dated assessment structure; and C_twin is the full engineered representation, with trends, mastery, indices, and temporal context (Figure 4). Because the sets are nested, any change in performance can be attributed to the block that was added rather than to an unrelated change of features.



each feature set is a strict superset of the previous (A_simple < B_lms < B_lms+mastery < C_twin)

Figure 4 - Nested feature-set ablation.

Experimental part: models and protocol. The model families are deliberately simple and easy to defend: Ridge regression, Logistic Regression, Random Forest [9], and Gradient Boosting [10]. We use two splits. The primary one is a student-grouped split (test_size = 0.25, seed = 42; for DDD, 1,454 training against 484 test students), which keeps each student wholly in train or test. The second is a temporal-forward split that trains on early weeks and predicts later ones. The pipeline is leakage-aware throughout: preprocessing is fit on training data only, forbidden columns are enforced explicitly, and one model (Gradient Boosting) is held fixed across splits so that results aren't flattered by picking the best model per cell. The targets are final_weighted_score, a 0 to 100 regression target, and passed_observed, a binary classification target. Abbreviations follow first use: LMS, learning

management system; XAI, explainable artificial intelligence; OULAD, Open University Learning Analytics Dataset; RMSE, root mean squared error; ROC-AUC, area under the receiver-operating-characteristic curve.

Results and Discussion

This work versus standard baselines. All rows in Table 1 use OULAD DDD 2013J, the B_lms feature set, and the student-grouped split, except the final row labelled this work, which adds the mastery block. RMSE is on the 0 to 100 score scale, while F1 and ROC-AUC refer to passed_observed.

Table 1 - This work versus standard baselines on OULAD DDD 2013J

Approach	RMSE	F1	ROC-AUC	Per-student XAI	Teacher UI	Open
Logistic Regression (ours)	n/a	0.854	0.951	No	No	Yes
Random Forest (ours)	13.633	0.861	0.947	No	No	Yes
GB LMS-only (ours)	12.658	0.863	0.953	No	No	Yes
GB + Twin + XAI (this work)	12.724	0.861	0.953	Yes	Yes	Yes
GB + SHAP (literature) [1]	n/a	0.911	0.993	Yes	No	Partial
Commercial (EAB Navigate)	unknown	unknown	unknown	Partial	Yes	No

Gradient Boosting on B_lms is the strongest baseline, with RMSE 12.658, F1 0.863, and ROC-AUC 0.953; Ridge regression is the weakest at RMSE 14.318. Logistic Regression is already competitive (F1 0.854, ROC-AUC 0.951), which fits the fact that the dominant predictor, assessment submission rate, is roughly linear in the log-odds of passing. Adding the mastery block moves RMSE by +0.066, slightly worse, and F1 by -0.002. On this cohort and split it brings no improvement. We report that plainly: it's the negative result that motivates the rest of the analysis.

When does the Twin help, and when not?

The full nested ablation, under fixed-model reporting, gives an answer that depends on the course and the split (Table 2).

Table 2 - Twin benefit by cohort and split (RMSE deltas vs. B_lms; negative = improvement)

Cohort	Student-grouped	Temporal-forward
DDD 2013J	null (mastery +0.061)	weak: mastery -0.381
BBB 2013J	null (all within 0.087)	largest gain: mastery -1.026

On DDD, no Twin block beats B_lms by more than one RMSE point on either split. The full C_twin stays within ± 0.025 RMSE of the baseline, which is non-inferior rather than better, and the minimal A_simple is clearly worse (+1.207 grouped, +4.105 temporal-forward). The LMS layer, in other words, already carries the signal. On BBB, which has a richer assessment structure, the mastery block improves the temporal-forward split by 1.026 RMSE, dropping it from 6.311 to 5.284, and the full C_twin improves it by 0.765. Yet the student-grouped split stays null, and the trend and index blocks are null on both courses.

So the value of engineered Twin features is heterogeneous. It appears only under forward-time prediction on a course with rich assessment structure, and it disappears under the stricter student-grouped regime (Figure 5). To check that the one positive cell isn't an artefact of a lucky split, we ran a student-clustered bootstrap: 5,000 resamples of the 559 held-out test students, seed 42, re-executing the frozen BBB pipeline. Because gradient boosting is sensitive to its software environment, the reproduced point estimate differs from the stored one (-2.16 against -1.03 RMSE), but the 95%

confidence interval of the mastery RMSE reduction sits entirely below zero ($[-2.54, -1.80]$; the reduction held in all 5,000 resamples). The direction, then, isn't noise, even though the magnitude is tied to the out-of-time extrapolation regime, so we treat this as the single cell where Twin features clearly help rather than as a stable effect size. The OULAD classification target also stays genuinely predictive throughout (best-model F1 between 0.83 and 0.93, never 1.000), which is what makes the negative finding trustworthy.

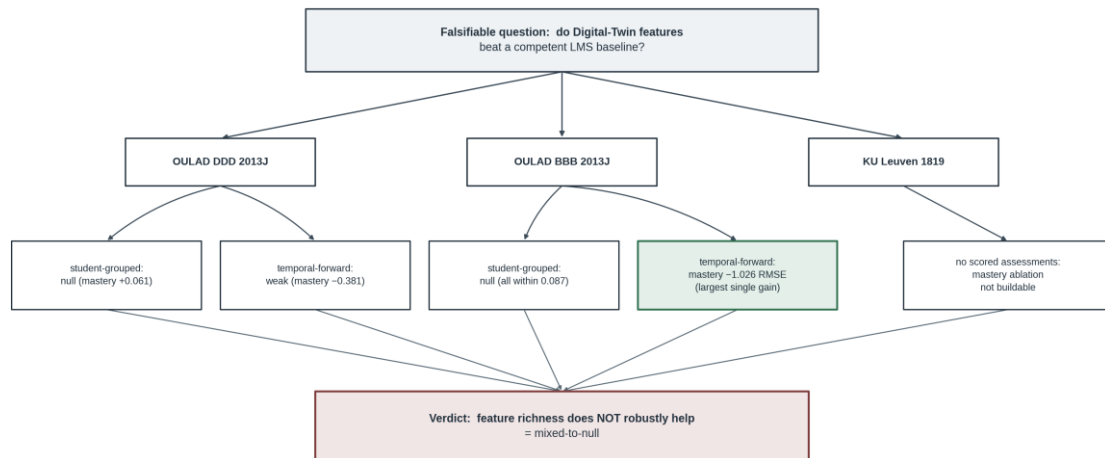


Figure 5 - Evaluation arc and overall verdict.

XAI and explanation stability. Explanations rely on held-out permutation importance, model-native importance, and a one-feature local median-replacement perturbation. We avoid SHAP [11] on purpose. Shapley-value attributions depend on a background or conditional-expectation estimate that's fragile on the small per-student samples surfaced in the teacher UI, and they carry documented conceptual and robustness problems as feature-importance measures [12], [13]. The perturbation method instead works directly on the single prediction row a teacher sees, with no background-set assumption. On DDD the dominant factor is the assessment submission rate due to date (importance share 0.28 to 0.38, and 0.381 in the headline model). Once mastery is included, the co-circular overall mastery proxy joins it (0.23 to 0.43). The genuinely exogenous signals, whether a student is unregistered by a given week (0.13 to 0.20) and VLE clickstream (0.02 to 0.06), are interpretable but carry modest weight (Table 3).

Table 3 - Top global importance shares (DDD 2013J, fixed model)

Feature set	Rank	Feature	Importance share
B_lms	1	activity_score_to_date	0.701
B_lms	2	avg_assignment_score_to_date	0.145
B_lms	3	avg_quiz_score_to_date	0.086
B_lms + mastery	1	activity_score_to_date	0.648
B_lms + mastery	2	overall_mastery	0.178
B_lms + mastery	3	avg_assignment_score_to_date	0.090

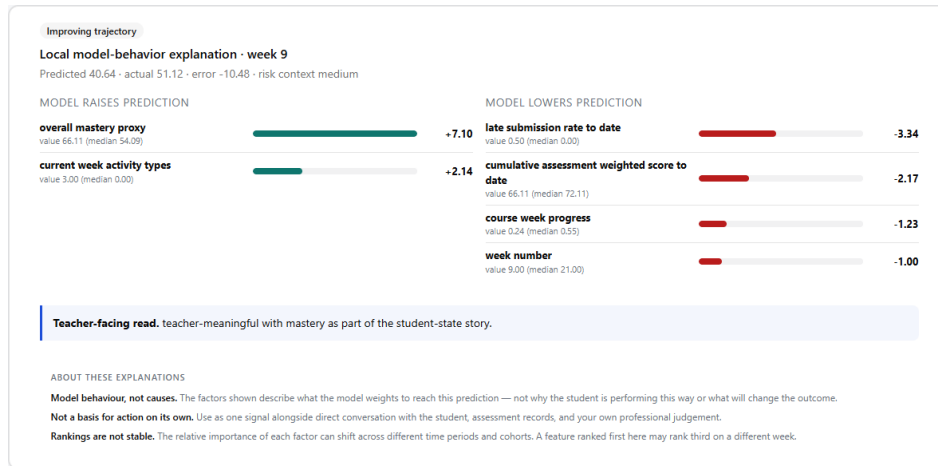


Figure 6 - Per-student explanation panel.

The rankings aren't invariant. Within a course, across splits, Kendall τ is 0.79, 0.68, and 0.55 for B_lms , $+mastery$, and C_twin (mean 0.67); none reach 0.90. Across courses, comparing DDD with BBB, τ falls to a range of 0.32 to 0.61 (mean 0.52), less stable still. Across three institutions, on an engagement-only task, the mean τ is about 0.56; clicks and active days keep recurring as the top drivers, but the middle and lower ordering is institution-specific (Figure 7).

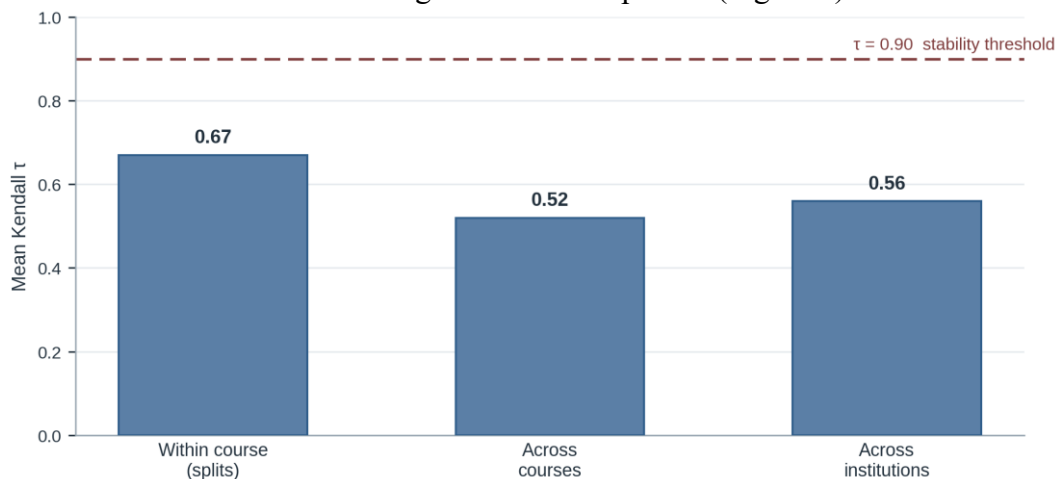


Figure 7 - Explanation-stability summary.

A controlled synthetic faithfulness probe confirms that the method is faithful when the ground truth is known: at the final course week, permutation importance recovers the generator's weight ordering exactly (Kendall $\tau = 1.0$). The same few features dominate across regimes, but their relative priority reorders, which is the practical point for anyone putting these rankings in front of a teacher.

Second institution. KU Leuven exposes clickstream and course structure but has no intermediate scored assessments and no continuous grade, only a binary PASSED outcome. The mastery and Twin ablation therefore can't be built there at all, which is itself a cross-institution heterogeneity result. On its engagement-only task, prediction is modest (F1 0.75 to 0.76, ROC-AUC 0.65 to 0.72), and a richer engagement set does not beat a minimal two-feature one (fixed-model F1 deltas of -0.015 and $+0.000$). A matched three-institution synthesis confirms that a two-feature engagement baseline of clicks plus active days is hard to beat, with F1 deltas spread between -0.016 and $+0.026$.

Discussion. Three points follow. First, on the central question, whether Twin features beat a competent LMS baseline, the honest answer across three real cohorts and two institutions is: not robustly. The benefit is real but narrow, confined to BBB, the temporal-forward split, and the mastery block, and it vanishes under the stricter student-grouped regime, on other courses, and on other

blocks. Reporting only the favourable cell, as is common, would have manufactured a Twin wins narrative that the rest of the evidence does not support. Second, explanations are regime-dependent. Importance rankings reorder across splits, courses, and institutions, with a direct product consequence: a teacher UI has to present XAI output as how the model weights each signal for this prediction, not why this student is at risk. Our interface encodes exactly that caveat. Third, the contribution is best read on three axes rather than accuracy alone. On accuracy this work is comparable to standard baselines and below the published best (ROC-AUC 0.953 against 0.993 [1]), which is expected and not a weakness. On explainability it offers per-student, background-free perturbation explanations with documented stability limits. On teacher-facing completeness it's, as far as we know, the most complete openly documented artifact of its kind.

Limitations and threats to validity. During development a synthetic target manufactured an apparent mastery win. The synthetic final grade is a deterministic, noise-free closed-form weighted mean of the same behaviours the features re-aggregate (week-10 reconstruction error 0.008, correlation 1.000000), so the resulting R^2 near 0.99 and the saturated passed F1 of 1.000 are algebraic artifacts, not learnable signal. We report this openly as a cautionary methodological result. On OULAD, `final_weighted_score` is partly fed by assessment scores, so the regression results lean somewhat on within-system accounting; the classification target and the VLE clickstream are the cleaner, exogenous evidence. Overall mastery is close to cumulative LMS performance ($|r| = 0.993$ with average assignment score) and must not be presented as an independent construct. The teacher interface is a design demonstrator with no user evaluation. The evidence spans two OULAD courses at one institution plus a second institution that cannot test the mastery ablation, and the explanations are neither causal nor SHAP. The what-if layer is a descriptive, perturbation-based estimate, not a mechanistic simulation or a causal claim.

Conclusions

We presented an explainable, teacher-facing Student Digital Twin and evaluated it honestly across two institutions. On real, non-circular OULAD data the engineered Twin features don't deliver a consistent advantage over a competent LMS baseline. The result is mixed-to-null on DDD 2013J and heterogeneous on BBB 2013J, where mastery improves the temporal-forward split by 1.026 RMSE and nowhere else, and a second institution can't even build the ablation. The accompanying explanations are regime-sensitive within a course (Kendall τ 0.55 to 0.79) and partly course-specific across courses (0.32 to 0.61). The contribution is therefore methodological and system-level: a reproducible, leakage-aware pipeline with a teacher interface, an explanation-stability analysis, a documented synthetic-circularity failure mode, and an honest multi-cohort finding, rather than an accuracy record. Two practical recommendations follow. Teacher-facing dashboards should present XAI output as model behaviour under a stated evaluation scenario, and they shouldn't assume that richer engineered features improve prediction without per-cohort verification. Future work includes external validation across more institutions and validated intervention and counterfactual reasoning.

Acknowledgements

This research received no external funding. The authors thank the providers of the public datasets used. All datasets are public and openly licensed: OULAD is distributed under CC-BY 4.0 [7], and the KU Leuven activity and performance dataset is distributed under CC-BY 4.0 via Zenodo [8]. The authors aren't affiliated with, and report no competing interest in, the dataset providers. All experiment code, configuration, and frozen result artifacts (versioned JSON and CSV per experiment) are available in the project repository at [repository URL] to support independent reproduction.

References

1. J. López de la Rosa et al., "A Modular and Explainable Machine Learning Pipeline for Student Dropout Prediction in Higher Education," *Algorithms*, vol. 18, no. 10, art. 662, 2025, doi: 10.3390/a18100662.
2. S. Boujmiraz, H. Darhmaoui, and A. Drissi el Maliani, "Predicting student performance: a comprehensive

- review of machine learning, deep learning, and explainable AI approaches,” *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2026, doi: 10.1016/j.caeai.2026.100396.
3. F. T. Johora, M. N. Hasan, A. Rajbongshi, M. Ashrafuzzaman, and F. Akter, “An explainable AI-based approach for predicting undergraduate students’ academic performance,” *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2025, doi: 10.1016/j.caeai.2025.100376.
 4. W. Villegas-Ch et al., “Machine learning models for academic performance prediction: interpretability and application in educational decision-making,” *Frontiers in Education*, vol. 10, art. 1632315, 2025, doi: 10.3389/educ.2025.1632315.
 5. E. Tiukhova, P. Vemuri, N. López Flores, A. S. Islind, M. Óskarsdóttir, S. Poelmans, B. Baesens, and M. Snoeck, “Explainable Learning Analytics: Assessing the stability of student success prediction models by means of explainable AI,” *Decision Support Systems*, vol. 182, art. 114229, 2024, doi: 10.1016/j.dss.2024.114229.
 6. M. Furini, O. Gaggi, S. Mirri, M. Montangero, E. Pelle, F. Poggi, and C. Prandi, “Digital twins and artificial intelligence as pillars of personalized learning models,” *Communications of the ACM*, vol. 65, no. 4, pp. 98–104, 2022, doi: 10.1145/3478281.
 7. J. Kuzilek, M. Hlosta, and Z. Zdrahal, “Open University Learning Analytics dataset,” *Scientific Data*, vol. 4, art. 170171, 2017, doi: 10.1038/sdata.2017.171.
 8. E. Tiukhova, D. Van Landuyt, B. Baesens, and M. Snoeck, “Open data, private learners: a de-identified student activity and performance dataset for learning analytics,” *Scientific Data*, 2026, Zenodo, doi: 10.5281/zenodo.17087849.
 9. L. Breiman, “Random forests,” *Machine Learning*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32, 2001, doi: 10.1023/A:1010933404324.
 10. J. H. Friedman, “Greedy function approximation: a gradient boosting machine,” *Annals of Statistics*, vol. 29, no. 5, pp. 1189–1232, 2001, doi: 10.1214/aos/1013203451.
 11. S. M. Lundberg and S.-I. Lee, “A unified approach to interpreting model predictions,” in *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, vol. 30, 2017, pp. 4765–4774.
 12. I. E. Kumar, S. Venkatasubramanian, C. Scheidegger, and S. Friedler, “Problems with Shapley-value-based explanations as feature importance measures,” in *Proc. 37th Int. Conf. Machine Learning (ICML)*, 2020, pp. 5491–5500.
 13. D. Slack, S. Hilgard, E. Jia, S. Singh, and H. Lakkaraju, “Fooling LIME and SHAP: adversarial attacks on post hoc explanation methods,” in *Proc. AAAI/ACM Conf. AI, Ethics, and Society (AIES)*, 2020, pp. 180–186.

А. Талғатов, С.А. Нурғалиева*

Магистр студенті, Бағдарламалық инженерия мектебі, Astana IT University, Астана, Қазақстан
PhD, Бағдарламалық инженерия мектебінің ассистент профессоры, Astana IT University, Астана,
Қазақстан

*Корреспондент авторы: symbat.nurgaliyeva@astanait.edu.kz

**МҰҒАЛІМГЕ БАҒЫТТАЛҒАН СТУДЕНТТІҢ ЦИФРЛЫҚ ЕГІЗДЕРІНЕ АРНАЛҒАН
ҚАЙТАЛАНАТЫН ТҮСІНДІРІЛЕТІН ЖИ КОНВЕЙЕРІ**

Түйін

Оқытуды басқару жүйелері студент әрекетінің үлкен көлемін тіркейді, бірақ олардың кіріктірілген аналитикасы нәтижені болжаудан гөрі өткенді сипаттауға бейім. Біз әдейі теріске шығарылатын сұрақ қоямыз: студенттің цифрлық егізінің инженерлік белгілері әдеттегі LMS сигналдарына негізделген құзыретті базалық модельмен салыстырғанда баға болжамын жақсарта ма және алынған түсіндірмелер мұғалімге көрсетуге жеткілікті тұрақты ма? Жауап алу үшін студент күйінің апталық көрінісін градиенттік бустинг моделімен және пертурбацияға негізделген түсіндірме қабатымен біріктіретін, ағып кетуден қорғалған конвейер құрылды; содан кейін екі мекеменің ашық деректерінде кірістірілген белгілер абляциясы жүргізілді. Нәтиже ойландырады: белгілер молдығын қосу тұрақты түрде көмектеспейді — бірде-бір егіз блогы негізгі когортада базалық модельден бір RMSE пунктінен артық озбайды, тек бір ұяшық айқын өсім береді, ал түсіндірме рангтары бағалау

режиміне қарай өзгереді (Kendall τ 0,32-ден 0,79-ға дейін).

Кілттік сөздер: оқу аналитикасы; түсіндірілетін ЖИ; түсіндірмелердің тұрақтылығы; үлгерімді болжау; цифрлық егіз; градиенттік бустинг; қайталанушылық

А. Талгатов, С.А. Нурғалиева*

Студент-магистрант, Школа программной инженерии, Astana IT University, Астана, Казахстан
PhD, ассистент профессор школы программной инженерии, Astana IT University, Астана, Казахстан

*Автор для корреспонденции: symbat.nurgaliyeva@astanait.edu.kz

ВОСПРОИЗВОДИМЫЙ КОНВЕЙЕР ОБЪЯСНИМОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СТУДЕНТОВ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

Аннотация

Системы управления обучением фиксируют большие объёмы студенческой активности, однако их встроенная аналитика чаще описывает прошлое, чем прогнозирует результат. Мы ставим намеренно опровергаемый вопрос: улучшают ли инженерные признаки цифрового двойника студента прогноз оценки по сравнению с компетентной базовой моделью на обычных LMS-сигналах и достаточно ли устойчивы получаемые объяснения, чтобы показывать их преподавателю. Для ответа построен защищённый от утечек конвейер, объединяющий недельное представление состояния студента с моделью градиентного бустинга и слоем объяснений на основе пертурбаций; затем проведена вложенная абляция признаков на открытых данных двух учреждений. Результат отрезвляющий: добавление богатства признаков не помогает устойчиво — ни один блок двойника не превосходит базовую модель более чем на один пункт RMSE на основной когорте, лишь одна ячейка даёт явный прирост, а ранги объяснений меняются вместе с режимом оценивания (Kendall τ от 0,32 до 0,79).

Ключевые слова: учебная аналитика; объяснимый ИИ; устойчивость объяснений; прогнозирование успеваемости; цифровой двойник; градиентный бустинг; воспроизводимость

A.A. Urinboev*, Kh.A. Mukhtorov

Doctoral students, Ferghana State Technical University, Fergana, Uzbekistan

master student, Ferghana State Technical University, Fergana, Uzbekistan

*Corresponding Author's Email: aa.urinboev@mail.ru

MODELING AND OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN ENERGY-INTENSIVE GRINDING PROCESSES

Abstract

This study addresses the challenge of reducing energy consumption in flour milling operations, leveraging insights from a preliminary energy audit. The audit identified the most energy-intensive processes, including grain moistening, milling, transportation, grain cleaning, as well as the operation of ventilation and microclimate control systems. The research focuses on energy consumption during grain processing at a flour mill, employing mathematical modeling and linear programming techniques to achieve this objective. A mathematical model of grain hydration was developed and implemented in a two-dimensional framework using numerical methods. The optimization of energy-intensive processes was further refined through the application of the simplex method in linear programming, incorporating constraints relevant to key stages of grain milling. The grain moistening process was optimized via a mathematical model of water diffusion, ensuring uniform hydration, eliminating the risks of over-moistening or drying, and thereby minimizing energy expenditure. By analyzing energy consumption, resources were systematically redistributed among processes, enhancing the overall energy efficiency of the enterprise. The proposed optimization measures resulted in significant reductions in energy consumption, decreased electricity costs, and improved the stability and environmental sustainability of technological operations. The findings demonstrate that combining preliminary energy audits with advanced mathematical modeling and optimization techniques constitutes an effective strategy for enhancing energy efficiency in the food processing industry.

Keywords: Preliminary energy audit, energy optimization, flour milling processes, mathematical modeling, linear programming, grain hydration, water diffusion, energy efficiency enhancement

Introduction

For most industrial enterprises, including those in the food industry, a persistent challenge in the adoption and implementation of new technologies and products is the limited availability of financial resources. Enhancing energy efficiency through technical interventions often necessitates significant capital investments. Consequently, energy-saving strategies with short payback periods (e.g., less than six months) that capitalize on the existing energy-saving potential of enterprises by monitoring equipment performance and optimizing technological processes are of considerable importance. In the food industry, the primary approaches to energy conservation focus on improving the efficiency of technological processes and minimizing energy losses during production. The initial step in implementing energy-saving measures involves analyzing the current operational state. At the enterprise level, electricity conservation is a critical priority, necessitating a thorough audit of both the technical condition of the equipment and the electricity metering systems. In flour milling, numerous processes are energy-intensive, particularly those involving mechanical, thermal, and electrical operations. Key processes requiring substantial energy expenditure include:

1. Grain drying: When raw material moisture levels are high, this process demands significant thermal and electrical energy.
2. Mechanical crushing and re-milling: These constitute the primary consumers of electrical energy within a flour mill.
3. Transportation of products: Especially pneumatic transport, which incurs substantial energy costs for compressor operations.

4. Operation of dryers or heating units: When heat treatment of flour is required.
5. Grain hydration: A critical stage in raw material preparation at a flour mill, aimed at achieving optimal moisture levels for milling. Although this process is relatively less energy-intensive compared to drying or milling, it significantly influences the efficiency of subsequent processes and the quality of the final product.

The major energy-intensive processes in flour milling include mechanical crushing, pneumatic transportation, grain cleaning, and hydration. These processes exhibit distinct energy consumption characteristics. For instance, drying and milling processes require extensive thermal and electrical energy, whereas grain hydration, despite consuming less energy, plays a crucial role in determining the effectiveness of subsequent milling operations and the quality of finished products. To optimize energy consumption, it is essential to consider both the technical condition of the equipment and the organization of technological processes. Conducting an energy audit enables the identification of critical problem areas and the development of strategies to improve energy efficiency. The implementation of energy-saving measures, however, relies heavily on the application of advanced mathematical approaches, such as linear programming, which facilitates the rational allocation of energy resources.

Existing literature highlights various methods for analyzing energy consumption and implementing measures to enhance energy efficiency in industrial enterprises. For instance, [1] explores approaches to optimizing energy use in the food industry through equipment modernization and energy audits. The study in [2] investigates grain hydration processes using mathematical modeling based on diffusion equations to enhance raw material preparation efficiency. The application of linear programming for energy cost distribution in various industrial contexts is presented in [3, 7], with specific methodologies for conducting energy audits at food enterprises. Similarly, [4] examines energy efficiency at different stages of flour milling, including grinding, transportation, and raw material processing, emphasizing modern technological solutions. Further studies, such as [5, 10], delve into water diffusion models to optimize grain hydration in the food industry, improving product quality while reducing energy costs. Methodologies for energy audits integrated with optimization techniques for energy conservation are detailed in [6]. Innovations in energy cost reduction during grain processing are discussed in [8-9], focusing on energy-saving technologies. However, comprehensive optimization of grain hydration and the allocation of energy resources across different stages of the technological cycle remains underexplored. Unlike chemical engineering processes characterized by high phase velocities, as described in [11], grain hydration primarily operates under the influence of intermolecular forces. Modeling such processes often relies on differential equations of the diffusion type, as demonstrated in [12].

This study builds on these foundations to address the gap in optimizing grain hydration and energy distribution, employing advanced mathematical modeling and optimization techniques to enhance energy efficiency in flour milling operations.

The significance of this research lies in addressing the pressing need for an integrated approach to optimizing energy consumption within flour milling enterprises. Unlike existing methodologies, this study introduces a novel framework that employs the water diffusion equation to enhance the efficiency of the grain moistening process and utilizes linear programming techniques for the rational allocation of energy resources across various technological operations. The primary objective of this research is to investigate strategies for reducing energy consumption in flour mills, leveraging a comprehensive preliminary energy audit, mathematical modeling of the grain moistening process based on the water diffusion equation, and the application of linear programming to optimize energy distribution. The proposed approach seeks to achieve significant reductions in energy expenditure without compromising the quality or efficacy of technological processes and final products. This study encompasses an analysis of energy audit findings, the development of a mathematical model for the grain moistening process, the application of linear programming to energy resource

redistribution, and an evaluation of the outcomes achieved.

Materials and methods

Statement of the Linear Programming Problem.

In this section, the linear programming approach is employed to optimize energy costs in the operations of flour milling processes. The formulation of the resource consumption model is subject to the following constraints:

- a) **Technological constraints:** ensuring compliance with quality standards and production volume requirements;
- b) **Resource constraints:** accounting for the limitations of equipment capacity;
- c) **Environmental constraints:** striving to minimize emissions and waste production.

The mathematical model is structured as a system of linear equations and inequalities that encapsulate technological, temporal, and resource-specific limitations.

The objective function of this optimization problem is defined as minimizing the total energy expenditure within the flour milling process:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n c_i x_i, \quad (1)$$

where c_i — represents the cost of electricity associated with process i , x_i — denotes the amount of resource i consumed during the process.

The optimization problem is subject to the following constraints:

$$x_i \geq 0, \quad (2)$$

$$\sum_{i=k}^l c_i x_i \leq A, \quad (3)$$

$$\sum_{i=m}^s c_i x_i \geq B, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n c_i x_i \leq E_{max}, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n c_i x_i \geq E_{min}. \quad (6)$$

The physical and mathematical interpretations of the variables in equations (2) through (6) are as follows: l, k, m, s - represent the indices of the processes or installations that consume energy; E_{max}, E_{min} - denote the maximum and minimum permissible energy consumption levels at the plant, respectively.

Following the energy audit conducted in 2023 at the Fergana Flour Mill, data were collected on energy consumption for the primary and most energy-intensive processes. These results are outlined in the subsequent sections:

The data presented in Table 1 were utilized as input for the optimization process, implemented in Google Colab (colab.research.google.com) using Python libraries such as SciPy and PuLP.

Table 1. Initial data for optimization

Name of the process	Energy consumption (kWh) per ton (c_i)	Notes
Grain cleaning	2,25	Cleaning grain after the elevator
Moistening of grain	6,32	Calculated after hydration optimization as the minimum amount of energy
Drying grain	8,24	Conditioning after the elevator
Ventilation of industrial premises (per m ²)	8,26	Calculated according to statistical data for the last 5 years
Grain transportation	1,54	Intra-factory
Grinding grain	26,23	Average energy audit result for the previous year
Sifting flour	15,90	Average energy audit result for the previous year
Transportation of flour	2,46	Intra-factory
Flour packaging	6,28	Average energy audit result for the previous year
Heating of industrial premises (per m ²)	7,12	Calculated according to statistical data for the last 5 years
Total	81,60	

The results of the optimization are summarized in Table 2.

Table 2. Optimal energy consumption

Name of the process	Optimal energy consumption (kWh) per ton (c_i)
Grain cleaning	1,56
Moistening of grain	4,32
Drying grain	7,86
Ventilation of industrial premises (per m ²)	9,23
Grain transportation	2,10
Grinding grain	16,25
Sifting flour	12,56
Transportation of flour	1,85
Flour packaging	5,96
Heating of industrial premises (per m ²)	8,51
Total	70,20

A comparison of the final energy consumption values, both prior to and following the optimization process, indicates a reduction in energy consumption of approximately 10%.

Optimization of the hydration process

One of the critical processes in grain processing, which significantly impacts flour quality and is characterized by high energy consumption, is the hydration-moistening of grain prior to milling. As an initial step towards optimization, we have focused on optimizing this process, and the resulting

optimal value is presented in Table 1. Currently, advancements in physical and mathematical sciences, alongside information technologies, are being integrated into automated process control systems (APCS). Mathematical models for grain hydration have been developed, accounting for the heterogeneity and variability in the diffusion coefficients of different grain layers. This section exemplifies the optimization of one such energy-intensive process—the grain hydration stage prior to milling.

Methods of modeling and control of the hydration process

In the works [13-15], information systems have been developed that integrate effective mathematical models and corresponding numerical methods for their implementation. Wheat varieties used for milling exhibit a wide range of shapes, geometric dimensions, water absorption capacities, and other characteristics. Therefore, the task of refining mathematical models and automated process control systems (APCS) for different regions is crucial in ensuring the production of high-quality flour.

In our view, following an energy audit, it is essential to first optimize the most energy-intensive grain preparation processes before addressing the optimization of electricity distribution across the plant. Only after optimizing these processes should the overall energy supply system be optimized using appropriate methods.

For modeling hydration, we employed the Fick equations, which describe the diffusion of moisture within the grain, and adapted them to account for the hydration process in different wheat varieties. Key factors, such as the initial moisture content, geometric parameters, diffusion coefficients, and others, are considered in the model. The Fick equation includes the molecular diffusion coefficient, denoted as D . In classical applications, D is typically treated as a constant value. However, to enhance the accuracy of the hydration modeling process, it is preferable to represent D as a variable, considering the heterogeneity of the grain's shell material and internal volume. The diffusion coefficient values can be determined through experimental studies conducted in factory laboratories or by utilizing theoretical data from existing literature.

Wheat grain exhibits anisotropic properties, meaning it has varying physical and chemical properties in different directions. As a result, diffusion can be more complex and not strictly radial. In this study, we account for the grain's layered structure, which consists of a distinct shell, endosperm, and germ, with moisture diffusion primarily occurring in the radial direction. This is particularly relevant when there is significant variation in diffusion resistance between the layers. The boundary between these layers is sharply defined, with different diffusion properties across the layers. As the grain is fully immersed in water during the hydration process, and the water uniformly contacts the grain's surface, radial diffusion is expected to be the dominant mode of moisture movement.

In the radial diffusion model of moisture in grain, the primary variables are the radial distance r and time t . These variables describe the changes in moisture concentration over time at various distances from the center of the grain.

Results and Discussion

Radial diffusion of moisture in grain

The main equations and conditions governing the mathematical model are presented as follows:

1. The equation for radial moisture diffusion within the grain is given by:

$$\frac{\partial C(r,t)}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C(r,t)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C(r,t)}{\partial r} \right), \quad (7)$$

where, $C(r,t)$ – represents the moisture concentration in the grain as a function of the radial distance r and time t , D is the diffusion coefficient of moisture in the grain.

2. Initial conditions: At the initial time $t=0$, the moisture concentration $C(r,0)$ within the grain can be specified as:

$$C(r,0)=C_0, \quad (8)$$

where, C_0 is the initial moisture concentration in the grain, defined as the moisture concentration upon receipt of the grain at the plant.

3. Boundary conditions: The boundary conditions are determined by the method through which moisture enters the grain. Typically, the grain is fully immersed in water, which allows us to apply the condition

$$C(R,t)=C_s, \quad (9)$$

where, R is the radius of the grain and C_s – is the moisture concentration at the grain surface

4. **Symmetry Condition at the Grain Center:** At the center of the grain, the following condition is imposed:

$$\frac{\partial C(0,t)}{\partial r} = 0. \quad (10)$$

which indicates that the moisture concentration gradient at the grain center is zero, implying that the center of the grain is a point of symmetry.

Thus, the system of equations and conditions (7)–(10) forms a complete model for the radial diffusion of moisture within the grain.

Implementation of the model by the Fourier method

To solve the system of equations (7)–(10), we employ the method of separation of variables, assuming that the solution takes the form:

$$C(r, t) = U(r)T(t). \quad (11)$$

Substituting equation (5) into equation (1), we obtain:

$$U(r) \frac{dT(t)}{dt} = D \left(\frac{d^2 U(r)}{dr^2} T(t) + T(t) \right). \quad (12)$$

By separating the variables (7), we derive two distinct equations:

$$\frac{1}{DT(t)} \frac{dT(t)}{dt} = -\lambda, \quad (13)$$

$$\frac{1}{U(r)} \left(\frac{d^2 U(r)}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dU(r)}{dr} \right) = -\lambda, \quad (14)$$

where λ – denotes the eigenvalues associated with the Bessel function. Solution to equation (13):

$$T(t) = T_0 e^{-\lambda Dt}. \quad (15)$$

The solution to equation (8) is given by a Bessel function:

$$U(r) = AJ_0(\sqrt{\lambda}r) + BY_0(\sqrt{\lambda}r), \quad (16)$$

where J_0 и Y_0 - represent the Bessel functions of the first and second kinds, respectively. By applying the boundary conditions at the grain surface and at the center of the grain, specified in equations (9) and (10), we obtain:

$$C(R,t)=C_s, \quad U(r)T(t) = C_s, \quad \frac{dU(0)}{dr} = 0. \quad (17)$$

Thus, the complete solution is expressed as the sum of all possible partial solutions:

$$C(r, t) = \sum_n A_n J_0(\sqrt{\lambda_n}r) e^{-\lambda_n D t} \quad (18)$$

For a specific case, when the initial and boundary conditions are known, we can determine the values of λ_n and the constant A_n , allowing us to compute the distribution of moisture concentration both radially and over time.

The eigenvalues λ_n are determined as the squares of the zeros of the Bessel function J_0 . The first few zeros of the Bessel function are:

$$\lambda_1 = \left(\frac{2.4048}{R}\right)^2, \quad \lambda_2 = \left(\frac{5.5200}{R}\right)^2, \quad \lambda_3 = \left(\frac{8.6537}{R}\right)^2, \quad (19)$$

where R - is the radius of the grain cross-section at which the concentration distribution is calculated.

For use in subsequent calculations (18), the coefficients corresponding to the first three zeros of the Bessel function are given by:

$$A_1 = C_0 \frac{2}{2.4048 R J_1(2.4048)}, \quad A_2 = C_0 \frac{2}{5.5200 R J_1(5.5200)}, \quad A_3 = C_0 \frac{2}{8.6537 R J_1(8.6537)} \quad (20)$$

Fig. 1 illustrates the distribution of moisture concentration over time and across the grain layers. The experimental data are represented by the dots, while the solid lines correspond to the results obtained through the application of the model (7)–(10).

The total absolute error between the experimental data and the model's predictions does not exceed 0.05.

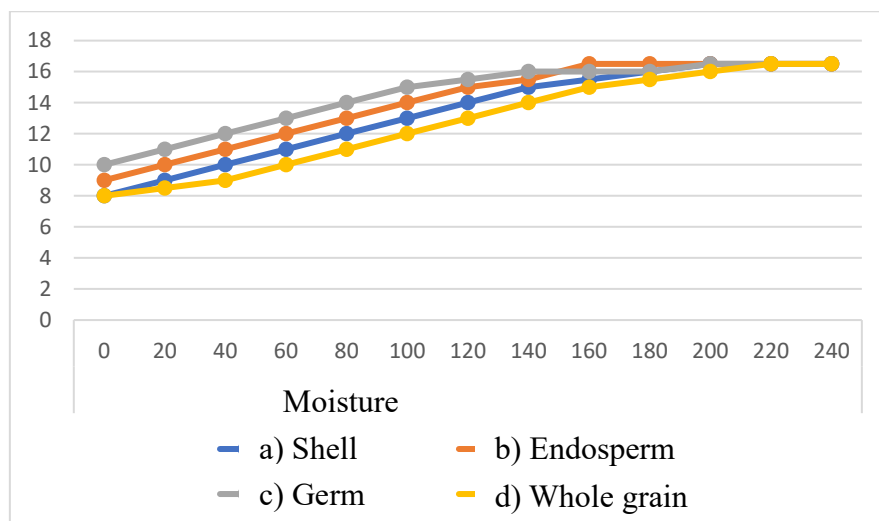


Fig. 1. Graphs depicting the temporal variation in moisture content of wheat grain across different regions: a) husk; b) endosperm; c) germ; d) whole grain.

Conclusion

Energy audits at industrial enterprises play a crucial role in identifying the most energy-intensive processes, such as grain hydration, milling, transportation, grain cleaning, as well as the operation of ventilation and microclimate control systems. These processes offer significant potential for optimization in terms of energy efficiency through the application of mathematical modeling and information technologies. In this study, the grain hydration process was optimized by developing a mathematical model, which was subsequently solved numerically to achieve the desired grain moisture concentration. Additionally, the optimal distribution of electricity across critical grain preparation processes was determined using linear programming techniques. The results of the optimization calculations indicate that energy savings of approximately 10% can be achieved solely through the optimization of energy distribution at the plant. The proposed linear programming algorithm, coupled with the developed computational program, enables the execution of numerical experiments under varying process data and parameter constraints. To further enhance the effectiveness of the proposed energy distribution optimization method at the flour mill, it is recommended to revise the constraints on process parameters to allow for more flexibility and to implement a series of organizational and technical measures aimed at optimizing the most energy-intensive processes.

References

1. Ivanov I.I., Petrov P.P. Optimizatsiya energopotrebleniya na predpriyatiyax pishевой promishlennosti. *Jurnal "Energetika v promishlennosti "*, 2021, tom 34, №5, s.12–19. (In Russian)
2. Smirnov A.V., Kuznetsov M.N. Matematicheskoye modelirovaniye protsessov gidratatsii zerna. *Jurnal "Texnologii pishевой industrii "*, 2019, tom15, №3, s. 45–50. (In Russian)
3. Sergeev V.V., Andreev D.D., Orlov I.I. Primeneniye lineynogo programmirovaniya dlya optimizatsii energozatrat. *Sbornik trudov Mejdunarodnoy nauchnoy konferensii "Energoeffektivniye texnologii"*, Moskva, 2020, s.128–135. (In Russian)
4. Brown J., Smith T. Energy efficiency in milling processes. *Journal of Food Engineering*, 2020, vol.256, issue4, pp.135–143.
5. Johnson R., Lee A. Optimization of Hydration Processes Using Diffusion Models. *Food and Bioprocess Technology*, 2018, vol. 11, issue 6, pp. 2120–2130..

6. Müller K., Schmidt H. Energy audit and optimization strategies in food processing plants. *Energy and Environmental Science*, 2021, vol. 14, issue 9, pp. 5460–5472..
7. Chen W., Zhang L. Application of linear programming in resource allocation for milling industries. *Computers and Industrial Engineering*, 2019, vol. 136, pp. 315–323.
8. Garcia E., Perez R. Advanced methods for reducing energy consumption in grain processing. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 258, pp. 120805.
9. Hassan M., Ahmed S. Efficient energy utilization in milling and grain processing: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, vol. 81, pp. 349–361.
10. Yang X., Wang J. Energy consumption optimization in grain hydration processes. *Food Science and Technology International*, 2022, vol. 28, issue 2, pp. 112–124..
11. B. Ismailov, Kh. Ismailov, A. Urmatova, and T. Koysheeva, «Mathematical Modelling, Dynamic and Mass-Transfer Calculation of Gas-Drop Mixture in the Mass-Transfer Apparatus Multistage Channels», *Applied Mathematical Sciences*, vol. 8, no.92, pp.4561-4570, 2013, doi: 10.12988/ams.2014.46471.
12. B. Ismailov, Zh. Umarova, Kh. Ismailov, A. Dosmakanbetova, and S. Meldebekova. «Mathematical modeling and algorithm for calculation of thermocatalytic process of producing nanomaterial», *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 23, no. 3, pp. 1590~1601, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v23.i3
13. Zhou, Y.; Shang, W.; Hui, Y.; Shi, C.; Gao, J.; Zhang, Y.; Liu, J.; Cheng, D.; Zhu, K. Construction of an Accurate Wheat-Grain Model Based on X-ray Tomography and Bonding Parameters by Discrete Element. *Appl. Sci.* 2023, *13*, 9265. <https://doi.org/10.3390/app13169265>
14. Voicu, G.; Tudosie, E.-M.; Ungureanu, N. Some mechanical characteristics of wheat seeds Obtained by Uniaxial Compression Tests. *UPB Sci. Bull. Ser. D Mech. Eng.* 2013, *75*, 265–278.
15. Barrer, G.N.; Mendez-Mendez, J.; Arzate-Vazquez, I.; Calderón-Domínguez, G.; Ribotta, P.D. Nano- and micromechanical properties of wheat grain by atomic force microscopy (AFM) and nano-indentation (ИТ) and their relationship with the mechanical properties evaluated by uniaxial compression test. *J. Cereal Sci.* 2019, *90*, 102830.
16. Urinboev A.A., Ismailov B.R. O problemax razrabotki ASU podgotovki zerna na mukomolnix kombinatax. Tr.Mejd.nauchn.-prakt.konf. «Auzovskiye chteniya– 22». Shimkent, 2024g., YUKIU im. M.Auezova, T.5., S.209-213 (*In Russian*)

А.А. Уринбоев*, Х.А. Мухторов

докторант, Ферғана мемлекеттік техникалық университеті, Ферғана, Өзбекстан
магистрант, Ферғана мемлекеттік техникалық университеті, Ферғана, Өзбекстан

*Корреспондент авторы: aa.urinboev@mail.ru

ЭНЕРГИЯНЫ КӨП ҚАЗЖЕТ ЕТЕТІН ҰНТАҚТАУ ПРОЦЕСТЕРІНДЕ ЭНЕРГИЯ ШЫҒЫНЫН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Түйін

Бұл зерттеу алдын ала энергетикалық аудит нәтижелерін пайдалана отырып, ұн тарту кәсіпорындарында энергия тұтынуды азайту мәселесін қарастырады. Аудитте астықты ылғалдандыру, фрезерлеу, тасымалдау, астықты тазарту, сондай-ақ желдету және микроклиматты бақылау жүйелерінің жұмысын қоса алғанда, энергияны көп қажет ететін процестер анықталды. Зерттеу осы мақсатқа жету үшін математикалық модельдеу мен сызықтық бағдарламалау әдістерін қолдана отырып, ұн комбинатында астықты өңдеу кезінде энергияны тұтынуға бағытталған. Астықты ылғалдандырудың математикалық моделі сандық әдістерді қолдана отырып, екі өлшемді шеңберде жасалды және енгізілді. Энергияны көп қажет ететін процестерді оңтайландыру астықты фрезерлеудің негізгі кезеңдеріне қатысты шектеулерді ескере отырып, сызықтық бағдарламалауда симплекс әдісін қолдану арқылы одан әрі жетілдірілді. Астықты ылғалдандыру процесі судың диффузиясының

математикалық моделі арқылы оңтайландырылды, біркелкі ылғалдануды қамтамасыз етті, шамадан тыс ылғалдану немесе кептіру қаупін болдырмады және осылайша энергия шығынын барынша азайтты. Энергия шығынын талдау арқылы ресурстар процестер арасында жүйелі түрде қайта бөлініп, кәсіпорынның жалпы энергия тиімділігін арттырды. Ұсынылған оңтайландыру шаралары энергия тұтынудың едәуір төмендеуіне, электр энергиясының өзіндік құнының төмендеуіне, технологиялық операциялардың тұрақтылығы мен экологиялық тұрақтылығының жақсаруына әкелді. Нәтижелер алдын ала энергетикалық аудиттерді озық математикалық модельдеу және оңтайландыру әдістерімен біріктіру тамақ өнеркәсібінде энергия тиімділігін арттырудың тиімді стратегиясын құрайтынын көрсетеді.

Кілттік сөздер: Алдын ала энергетикалық аудит, энергияны оңтайландыру, ұн тарту процестері, математикалық модельдеу, сызықтық бағдарламалау, астықты ылғалдандыру, судың диффузиясы, энергия тиімділігін арттыру.

А.А. Уринбоев*, Х.А. Мухторов

докторант, Ферганский государственный технический университет, Фергана, Узбекистан
магистрант, Ферганский государственный технический университет, Фергана, Узбекистан

*Автор для корреспондента: aa.urinboev@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЭНЕРГОЕМКИХ ПРОЦЕССАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Аннотация

Это исследование направлено на решение проблемы снижения энергопотребления на мукомольных предприятиях, используя результаты предварительного энергоаудита. В ходе аудита были выявлены наиболее энергоемкие процессы, включая увлажнение зерна, измельчение, транспортировку, очистку зерна, а также работу систем вентиляции и контроля микроклимата. Исследование сосредоточено на потреблении энергии при переработке зерна на мукомольном заводе, для достижения этой цели используются методы математического моделирования и линейного программирования. Математическая модель гидратации зерна была разработана и реализована в двумерном виде с использованием численных методов. Оптимизация энергоемких процессов была дополнительно усовершенствована благодаря применению симплекс-метода в линейном программировании, включающего ограничения, относящиеся к ключевым этапам измельчения зерна. Процесс увлажнения зерна был оптимизирован с помощью математической модели диффузии воды, что обеспечило равномерное увлажнение, исключив риск переувлажнения или сушки и, тем самым, минимизировав затраты энергии. Анализ энергопотребления позволил систематически перераспределять ресурсы между процессами, повышая общую энергоэффективность предприятия. Предложенные меры по оптимизации привели к значительному снижению энергопотребления, затрат на электроэнергию, а также повысили стабильность и экологическую устойчивость технологических операций. Полученные результаты демонстрируют, что сочетание предварительного энергетического аудита с передовыми методами математического моделирования и оптимизации представляет собой эффективную стратегию повышения энергоэффективности в пищевой промышленности.

Ключевые слова: Предварительный энергоаудит, оптимизация энергопотребления, процессы мукомольного производства, математическое моделирование, линейное программирование, гидратация зерна, диффузия воды, повышение энергоэффективности.

**МАЗМҰНЫ
СОДЕРЖАНИЕ
CONTENT**

**ХИМИЯЛЫҚ ИНЖЕНЕРИЯ
ХИМИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ
CHEMICAL ENGINEERING**

- Г.Т. Бозшатаева, Г.К. Турабаева, А.Т. Байкенжеева**
б.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
п.ғ.к., аға оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
б.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
УРБАНОФЛОРАНЫҢ ҚАЛА ЖАҒДАЙЫНА БЕЙІМДЕЛУІ 3
- М.А. Дюсебаева**
х.ғ.д, профессор, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
**СОЗАҚ КЕН ОРНЫНЫҢ АС ТҰЗЫН БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ ҚОСПАЛАРДАН
ТАЗАРТУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ЛИТИЙДІ БӨЛУ** 10
- Р.А. Козыкеева**
т.ғ.к., доцент, Ө. Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық
университеті, Шымкент, Қазақстан
**ҚАҚТАЛҒАН СОДА ӨНДІРІСІНІҢ ДИСТИЛЛЕР СҰЙЫҚТЫҒЫ ЖАРТЫ
ГИДРАТТЫ КАЛЬЦИЙ СУЛЬФАТЫН АЛУ ПРОЦЕССІН ЗЕРТТЕУ** 16
- А.О. Сеитманбетова, А. Қалдыбаева**
аға оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
оқытушы М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
ЕРМЕН ӨСІМДІГІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ФАРМАКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІ 24
- О. Sergiyenko**
Cand.Tech.Sci., Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, Russia
**STUDYING THE ELECTROCHEMICAL BEHAVIOUR OF RED PHOSPHORUS IN
HYDROCHLORIC ACID SOLUTION** 31
- A.S. Sidikov**
Doctor of Chemical Sciences, Professor. Gubkin Branch of the Russian State University of
Oil and Gas in Tashkent, Tashkent, Republic of Uzbekistan
**STUDY OF THE CHEMICAL AND MINERAL COMPOSITION OF COMPLEX
FERTILIZER** 37
- А.А. Утебаев, Л.Д. Айкозова, К.С. Назарқасым**
т.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
т.ғ.к., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
**ДЕРМЕНЕ АЛҚАБЫ МЕН ӨСІМДІКТІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА
ЖӘНЕ ЕМДІК ҚАСИЕТТЕРІНЕ ТАЛДАУ ЖАСАУ** 41

**ИНФОРМАТИКА, ІТ-ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ИНФОРМАТИКА, ІТ-ТЕХНОЛОГИИ
COMPUTER SCIENCE, INFORMATION TECHNOLOGIES**

- Б.Е. Айдәулет, Б.Ж. Умирзаков, Ж.Д. Изтаев, К.Т. Айхынбай, Л.А. Агатаева**
магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистр, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
**КӘСІПОРЫННЫҢ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰЖАТ АЙНАЛЫМЫ ЖҮЙЕЛЕРІН
ЖЕТІЛДІРУДЕ LLM ЖӘНЕ RAG МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНУ** 51
- С.Б. Атажонова**
Педагогика ғылымдары бойынша PhD, "Ақпараттық технологиялар" кафедрасының
доценті, Андижан мемлекеттік техникалық институты, Андижан, Өзбекстан
**КАДРЛАРДЫ ІРІКТЕУДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ТИІМДІ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ
ӘДІСТЕР** 59
- М.О. Балабекова, А.Ж. Умбетов, Е.Е. Жанаділ, А.А. Ахылбеков**
к.т.н., доцент, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Қазақстан
магистр, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Қазақстан
магистрант, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Қазақстан
студент, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Қазақстан
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО БЕНЗИНА 65
- Т.Т. Оспанова, Р.Н. Сериков**
к.т.н., доцент, ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва, Астана, Қазақстан
магистрант, ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва, Астана, Қазақстан
**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГОРОДСКОГО
ТАКСИ НА ОСНОВЕ FASTAPI** 72
- А.А. Отарбаева**
оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
**ARDUINO ПЛАТФОРМАСЫНДА HC-SR04 УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ ДАТЧИГІ
МЕН МИКРОСЕРВО МОТОРЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҚАШЫҚТЫҚТАН
ӨЛШЕУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ** 82
- A.S. Talgatov, S.A. Nurgaliyeva**
Master degree student, School of Software Engineering, Astana IT University, Astana,
Kazakhstan
PhD in computer science, School of Software Engineering, Astana IT University, Astana,
Kazakhstan
**A REPRODUCIBLE EXPLAINABLE AI PIPELINE FOR TEACHER-FACING
STUDENT DIGITAL TWINS** 88

A.A. Urinboev, Kh.A. Mukhtorov

Doctoral students, Ferghana State Technical University, Fergana, Uzbekistan

master student, Ferghana State Technical University, Fergana, Uzbekistan

**MODELING AND OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN ENERGY-
INTENSIVE GRINDING PROCESSES**

97

Ғылыми журнал

2018 жылдан бастап жылына 4 рет шығарылады

Редактор: Назарбек У.Б.

Жауапты редактор: Айнабеков Н.Б.

Техникалық редактор: Александриди Е.Ю.

Меншік иесі: М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті

Журнал Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде
тіркелген № 16794–Ж (14.12.2017 ж.)

22.12.2025 ж. баспаға қол қойылды. Көлемі 6,9 б.т. Тираж 300 дана.
Жазу қағазы. Офсеттік баспа. Тапсырыс № 3948. М. Әуезов атындағы ОҚУ, АҒД
Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5, тел: 21-19-82

