

Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайғыров университета

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

Химия-биологиялық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Химико-биологическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3544

№ 4 (2025)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Торайгыров университета

Химико-биологическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВОо постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ KZ84VPY00029266

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленностьпубликация материалов в области химии, биологии, экологии,
сельскохозяйственных наук, медицины

Подписной индекс – 76134

<https://doi.org/10.48081/BVPX7094>**Бас редакторы – главный редактор**

Ержанов Н. Т.

д.б.н., профессор

Заместитель главного редактора

Ахметов К. К., *д.б.н., профессор*

Ответственный секретарь

Камкин В. А., *к.б.н., доцент***Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Яковлев Р.В.,	<i>д.б.н., профессор (Российская Федерация);</i>
Титов С. В.,	<i>доктор PhD;</i>
Касанова А. Ж.,	<i>доктор PhD;</i>
Jan Micinski,	<i>д.с.-х.н., профессор (Республика Польша);</i>
Surender Kumar Dhankhar,	<i>доктор по овощеводству, профессор</i>
	<i>(Республика Индия);</i>
Шаманин В. П.,	<i>д.с.-х.н., профессор</i>
	<i>(Российская Федерация);</i>
Азаренко Ю. А.,	<i>д.с.-х.н., профессор</i>
	<i>(Российская Федерация);</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>(технический редактор).</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

**МАЗМҰНЫ
СОДЕРЖАНИЕ
CONTENTS****«ХИМИЯ» СЕКЦИЯСЫ
СЕКЦИЯ «ХИМИЯ»
SECTION «CHEMISTRY»****Байсалова Г. Ж., Канатқызы Е. Б.,****Талтенов А. А., Кужатова П.**

Parmelia sulcata-ның биологиялық белсенді

заттарына сапалық реакциялар 5

Сапышев М. Ж.

Ионообменная очистка мдэа от продуктов деградации

и термостойких солей 18

Шарипова К. Б., Шарипова А. К., Арынова Ш. Ж.,**Буркитбаева У. Д., Кереев А. Е.**

Анализ концентрации выбросов фтористых соединений

и сбросов сточных вод при производстве алюминия 29

**«БИОЛОГИЯ» СЕКЦИЯСЫ
СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЯ»
SECTION «BIOLOGY»****Бильтаева А. Н., Сергазинова З. М., Макаров А. В.**

Климатические изменения как ключевой фактор деградации

берёзовых лесов северного Казахстана 43

Magzatov A. E.

Comparative lettuce cultivation

methods in open field conditions 60

Муқарам Ж. С., Арынова Ш. Ж.

Қатты тұрмыстық қалдықтарды басқарудың экологиялық және

экономикалық аспектілері (Павлодар облысы мысалында) 71

«АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ» СЕКЦИЯСЫ
СЕКЦИЯ «СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО»
SECTION «AGRICULTURE»

Веселовский И. Е., Капшакбаева З. В.

Искусственный интеллект в биотехнологии:
современное состояние и горизонты развития 86

Zhidenko V. A., Anikina I. N.

The effect of nutritional medium on the reproduction
coefficient of cultivated plants 100

Uakhitov Zh. Zh., Seitkhanova K. K., Yergazinova G. D.

Modern pedagogy of teaching the discipline
«plant growing»: traditions and innovations 117

Авторлар туралы ақпарат

Сведения об авторах

Information about the authors 127

Авторларға арналған ережелер

Правила для авторов

Rules for authors 136

Жарияланым этикасы

Публикационная этика

Publication ethics 148

СЕКЦИЯ «ХИМИЯ»

FTAMP 31.23.39

<https://doi.org/10.48081/GVIR6775>

***Г. Ж. Байсалова¹, Е. Б. Канатқызы²,
А. А. Талтенов³, П. Кужатова⁴**

^{1,3}Л. Н. Гумилев атындағы

Еуразия ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.

^{2,4}Астана медицина университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1338-0308>

²ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6883-0062>

³ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4378-0568>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0620-3816>

*e-mail: galya_72@mail.ru

**PARMELIA SULCATA-НЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ
ЗАТТАРЫНА САПАЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАР**

Бұл жұмыста *Parmelia sulcata* (*P. sulcata*) қынасының құрамындағы биологиялық белсенді заттарға (ББЗ) сапалық талдау жүргізілді. Стандартты сапалық талдау әдістері арқылы қына экстрактысының құрамында флавоноидтар, кумариндер, фенолдық қосылыстар, сапониндер және иілік заттар сияқты негізгі ББЗ кешенінің бар екендігі расталды. Алынған оң нәтижелер: флавоноидтардың болуы (ерітіндінің сары және қоңыр түске боялуы) флавоноиддар, флавонолдар, халкондар мен аурондардың бар екенін айғақтайды. Кумариндерге жүргізілген лактонды сынаманың оң нәтижесі бұл қосылыстардың фармакологиялық құндылығын көрсетеді. Фенолдық қосылыстар мен иілік заттардың (таннидтердің) болуы *P. sulcata*-ның антиоксиданттық және айқын микробқа қарсы қасиеттерін тікелей негіздейді. Сапониндерге жүргізілген реакциялардың нәтижесіндегі тұрақты көбік және қызыл түстің пайда болуы олардың тритерпеноидты табиғатын дәлелдейді.

Сонымен қатар, антрацен туындылары мен алкалоидтарға жүргізілген сынамалардың теріс нәтиже көрсетуі *P. sulcata* химиялық құрамының өзіндік ерекшелігін және салыстырмалы түрде қауіпсіздігін (осы топтағы потенциалды токсикалық қосылыстардың жоқтығын) білдіреді.

Осы зерттеу нәтижелері *P. sulcata* құрамында антиоксиданттық, қабынуға қарсы және адаптогендік әсерлері бар ББЗ-ның елеулі мөлшерде жиналғанын дәлелдейді. Анықталған фитохимиялық профиль *P. sulcata*-ны дәрілік шикізат ретінде ғылыми тұрғыдан негіздеп, оның отандық фармацевтикалық және биотехнологиялық өндірісте жаңа, табиғи және функционалды қоспалар көзі ретінде қолданылу әлеуетінің жоғары екенін көрсетеді.

Кілтті сөздер: *Parmelia sulcata*, биологиялық белсенді заттар, сапалық талдау, флавоноидтар, кумариндер, сапониндер, фенолдық қосылыстар.

Кіріспе

Антибиотиктерге төзімділіктің өсуі мен созылмалы аурулардың таралуы жағдайында жаңа ББЗ көздерін іздеу қазіргі фармакологияның басым бағыты болып табылады. Осыған байланысты өсімдіктер құрамындағы екіншілік метаболиттерді зерттеу үлкен қызығушылық тудырады [1; 2; 3].

Қыналар (*Lichenes*) – фотосинтездеуші балдыр мен саңырауқұлақтың симбиотикалық бірлестігі болып табылады [4]. Әлемде 20 000-нан астам түрі белгілі, олардың ішінде ең көп тарағандары *Parmeliaceae*, *Cladoniaceae*, *Lecanoraceae* туыстары. *P. sulcata* түрі *Parmeliaceae* туысына жатады және сұр немесе сұрғылт-жасыл түсті жапырақ тәрізді бөліктерімен ерекшеленеді [5; 6; 7]. Табиғи жағдайда ағаш қабықтарында, жартас беттерінде және басқа да қатты субстраттарда өседі. Ол – космополитті түр, яғни Еуропа, Азия, Солтүстік Америка және Австралия аймақтарында кеңінен таралған, ал Қазақстан аумағында Алтай, Жоңғар және Іле Алатаулары, Көкшетау мен Қарқаралы өңірлерінде кездеседі [8; 9; 10].

Дәстүрлі медицинада пармелия тыныс алу жүйесінің ауруларын емдеу үшін жиі қолданылған. Қыналардың сулы сығындылары мен қайнатпалары халықтық медицинада бронхит, созылмалы жөтел және пневмония сияқты ауруларға фито-шай ретінде пайдаланылады [11; 12].



Сурет 1 – Пармелия қынасы

Сондықтан *P. sulcata* түрінің биохимиялық құрамы мен биологиялық белсенді заттарының сапалық құрамын зерттеу – фармацевтикалық және биомедициналық қолдану тұрғысынан маңызды.

Осы зерттеу жұмысының негізгі мақсаты – *P. sulcata* құрамындағы биологиялық белсенді заттардың (фенолдар, флавоноидтар, кумариндер, сапониндер, иілік заттар) болуын сапалық реакциялар көмегімен анықтау.

Материалдар мен әдістері

Зерттеу нысаны ретінде *P. sulcata* (қына түрі, *Parmeliaceae* тұқымдасы) талломы алынды. Қына үлгілер Қазақстанның Шығыс аймағынан 2025 жылдың көктемінде орманды аймақтарынан жиналды. Жиналған шикізат шаң-тозаңнан тазартылып, көлеңкелі, жақсы желдетілетін жерде бөлме температурасында кептірілді. Кепкен үлгілер ұнтақ күйіне дейін ұсақталып, әрі қарай талдау үшін дайындалды. Әрбір талдау түріне 3–5 г мөлшерінде өлшенген шикізат үлгілері қолданылды.

Зерттеу барысында өсімдік шикізаты құрамындағы негізгі биологиялық белсенді қосылыстарды – флавоноидтар, кумариндер, хромондар, иілік заттар, жай фенолдық қосылыстар, сапониндер, антрацен туындылары және алкалоидтарды – сапалық анықтау әдістері жүргізілді.

P. sulcata қынасы этанолдық экстрактысындағы негізгі ББЗ топтарын анықтау үшін фармакогнозияда стандартталған түс өзгерісі және тұнбалық реакциялар қолданылды. Барлық реакциялар сынауықтарда жүргізіліп, нәтижелер визуалды түрде бағаланды.

1.1 Флавоноидтарға сапалық талдау

3 г өсімдік шикізаты 100 мл колбаға салынып, үстіне 30 мл 70 %-дық этил спирті құйылды. Қоспа кері тоңазытқышпен жабылған су моншасында 10–15 минут экстракцияланды. Алынған сығынды суытып, сүзгіден өткізілді. Филтрат төмендегі реакциялар арқылы талданды: цианидинді реакция, алюминий хлоридімен реакция, темір (III) хлоридімен реакция, аммиак ерітіндісімен және қорғасын ацетатымен реакциялар.

1.2 Сапониндерді сапалық анықтау

5 г шикізаттан 50 мл су немесе 50 % этил спирті арқылы экстракт алынды. Экстракт сапалық реакциялармен талданды: көбік түзу сынамасы, қорғасын ацетатымен, күкірт қышқылымен және Лафон сынамасымен реакциялар.

1.2.1 Сапониндердің химиялық табиғатын анықтау

Бірдей көлемдегі екі пробирка алынады: біріншісіне 5 мл тұз қышқылы (HCl), екіншісіне 5 мл натрий гидроксиді (NaOH) ерітіндісі құйылды. Әр пробиркаға 0,5 мл зерттеліп отырған өсімдік сығындысы қосылып, 1 минут бойы біркелкі шайқалды. Қышқылды және сілтілі ортада түзілген көбік көлемі салыстырылды.

1.3 Кумариндер мен хромондарға сапалық талдау

3,0 г ұнтақталған өсімдік шикізаты 30 мл 95 % этил спиртімен су моншасында 10–20 минут экстракцияланды. Экстракт сүзгіден өткізілгеннен кейін кумариндерге және хромондарға сапалық реакциялар жүргізілді.

1.4 Іілік заттарды сапалық анықтау

5 г ұнтақталған шикізатқа 100 мл қайнаған су құйылып, 5 минут су моншасында экстракцияланды. Сүзілген сығынды желатинмен, калий бихроматымен және темір (III) тұздарымен реакциялар арқылы тексерілді.

1.5 Фенолды қосылыстарға сапалық талдау

P. sulcata талломынан фенолды қосылыстар Folin–Ciocalteu реагенті арқылы кешенді түзу реакциясы негізделді. Бұл әдісте 1 г талломнан алынған этанолды экстракт осы реактивпен әрекеттесіп, оның құрамында фенолды қосылыстар бар жағдайда көк түске боялады.

1.6 Антрацен туындыларына сапалық талдау

0,2 г шикізат үлгісі 10 % NaOH ерітіндісімен қыздырылып, Борнтрегер реакциясы арқылы талданды. Аммиак қабатының қызыл немесе күлгін түске боялуы антрацен туындыларының бар екенін көрсетті.

1.7 Алкалоидтарға сапалық талдау

5 г ұсақталған шикізат 50 мл суда қайнатылып, алынған сығындыға 2 % HCl, 5 % NaOH және хлороформ қосылды. Алынған сулы қабат Драгендорф және Майер реактивтерімен тексерілді.

Нәтижелер және талқылау

Зерттеу барысында *P. sulcata* қынасы құрамындағы негізгі ББЗ сапалық анықтау жүргізілді. Әрбір реакция нәтижесі бойынша алынған түс өзгерісі, тұнба түзілуі немесе ерітінді жағдайының өзгерісі бойынша қорытынды жасалды.

P. sulcata экстрактысында флавоноидтардың болуын анықтау мақсатында бірнеше реакциялар жүргізілді. Реакциялар нәтижелері 1-кестеде келтірілген. Цианидин және алюминий хлоридімен реакция кезінде сары түстің түзілуі байқалды, бұл флавоноидтар мен флавонолдардың болуын дәлелдейді. Темір (III) хлоридімен әрекеттескенде қоңыр түстің пайда болуы флаванондардың бар екендігін көрсетті. Аммиак ерітіндісімен реакция кезінде де сары түстің түзілуі флавоноидтар мен халкондар тобына тән. Сонымен қатар, қорғасын ацетатымен әрекеттескенде ашық сары түсті тұнба түзіліп, құрамында бос орто-гидроксил топтары бар халкондар мен аурондардың бар екені анықталды.

1-кесте – *P. sulcata* экстрактындағы флавоноидтарға сапалық талдау нәтижелері

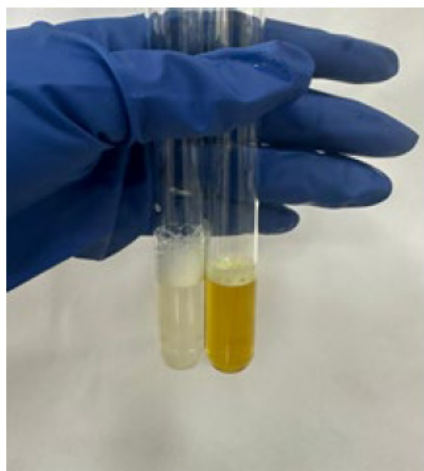
№	Реакция атауы	Нәтиже	Қорытынды
1.	Цианидин реакциясы	Сары түс түзілді	Флавоноидтар мен флавонолдардың бар екенін көрсетеді
2.	Алюминий хлоридімен реакция	Сары түс түзілді	Флавоноидтардың бар екендігін дәлелдейді
3.	Темір (III) хлоридімен реакция	Қоңыр түс түзілді	Флаванондардың бар екенін дәлелдейді
4.	Аммиак ерітіндісімен реакция	Сары түс түзілді	Флавоноидтар мен флавонолдардың бар екенін білдіреді
5.	Қорғасын ацетатымен реакция	Ашық сары тұнба	Халкондар мен аурондардың болуын көрсетеді

Сапониндерге сапалық реакциялар айқын оң нәтиже көрсетті. Көбік түзу сынамасы кезінде тұрақты көбік түзіліп, сапониндердің бар екендігі дәлелденді. Барий және қорғасын тұздарымен әрекеттескенде тұнбалар түзіліп, концентрацияланған күкірт қышқылымен реакция кезінде қызыл түсті бояу байқалды.

Кесте 2 – Сапониндерге жасалған зерттеу нәтижелері

№	Сапалық реакция атауы	Нәтиже сипаттамасы
1.	Көбік түзуге сынама	Тұрақты көбік түзілді
2.	Сапониндерді барий тұзымен тұндыру	Сарғыш тұнба пайда болды
3.	Сапониндерді қорғасын ацетатымен тұндыру	Тұнба түзілді
4.	Концентрлі күкірт қышқылымен реакция	Қызыл түс пайда болды
5.	Сапонинге Лафон сынамасы	Көкшіл-жасыл түс пайда болды
6.	Сальковский реакциясы	Органикалық қабат қызғылт сары түске боялды

Сапониндердің химиялық табиғаты (2-сурет) анықталды. Нәтижесінде зерттелген өсімдік шикізаты құрамындағы сапониндердің тритерпеноидты сипатқа ие екенін дәлелдейді. Мұндай сапониндер көбінесе жоғары молекулалы тритерпен спирттерінің гликозидтері болып табылады және өсімдіктерде биологиялық белсенді қосылыстар ретінде маңызды физиологиялық рөл атқарады.



Сурет 2 – Сапониндердің химиялық табиғаты

Сапониндердің көбік санын анықтау нәтижелері 3 кестеде көрсетілген. Көбік санының жоғары болуы ($K = 2000$) сапониндердің айқын беткі-активті қасиеттерге ие екенін білдіреді.

Кесте 3 – Сапониндердің көбік санын анықтау

№	Сұйылту реті	Көбік тұрақтылығы
1.	2 есе (2 мл экстракт пен 2 мл су);	Тұрақты
2.	5 есе (2 мл экстракт пен 8 мл су);	Тұрақты
3.	10 есе (1 мл экстракт пен 9 мл су);	Тұрақты
4.	20 есе (1 мл экстракт пен 19 мл су);	Тұрақты
5.	30 есе (1 мл экстракт пен 29 мл су);	Тұрақсыз
6.	40 есе (1 мл экстракт пен 39 мл су);	Тұрақсыз
7.	50 есе (1 мл экстракт пен 49 мл су);	Тұрақсыз

Зерттелген 1 % ерітіндіні 20 есе сұйылтқанда (1 мл бастапқы ерітінді және 19 мл су) жалпы сұйылтылу мынаға тең:

$$100 \times 20 = 2000. \text{ Сәйкесінше көбік саны – 2000 құрайды.}$$

Кумариндерге арналған лактонды сынама нәтижесі бойынша ерітіндіде сары түстің түзілуі байқалды, бұл өсімдік шикізатында кумариндердің бар екенін көрсетті. Кумариндер антикоагулянттық, спазмолитикалық және микробқа қарсы белсенділігімен белгілі, сондықтан бұл қосылыстардың анықталуы *P. sulcata* фармакологиялық тұрғыдан маңызды екенін дәлелдейді. Зерттеу бойынша нәтижелер 4 – кестеде көрсетілген.

Кесте 4 – Кумариндерге жасалған зерттеу нәтижелері

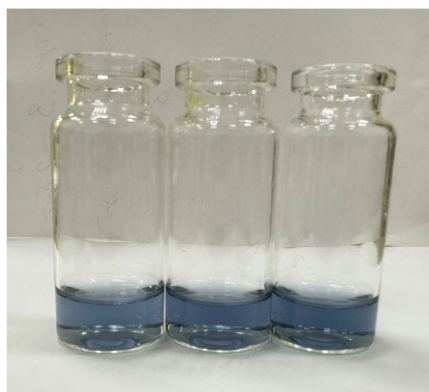
№	Сапалық реакция атауы	Нәтиже сипаттамасы
1.	Лактонды сынама	Сары түске боялып, тұнбаға түсті.
2.	Азоқосылыстарға реакция	Шие түстес қызыл түс пайда болды.

Иілік заттарға жүргізілген сынамалар нәтижесінде (5-кесте) желатинмен реакция кезінде ерітіндінің лайлануы байқалды, ал негіздік сірке қышқылды қорғасынмен әрекеттескенде тұнба түзілді. Бұл таннидтердің бар екенін көрсетті. Темір (III) тұздарымен реакция кезінде қара-жасыл түстің түзілуі конденсирленген Иілік заттардың бар екенін дәлелдейді. Мұндай қосылыстардың болуы өсімдікке антибактериалды және қабынуға қарсы қасиеттер береді.

Кесте 5 – Иілік заттарға жасалған зерттеу нәтижелері

№	Жүргізілген тәжірибе	Нәтиже
1.	Желатинмен реакция	–
2.	Калий бихроматымен реакция	Сары-қоңыр түс болды
3.	Бром суымен реакция	Сары-кызғылт тұнба түзілді
4.	Темір (III) тұздарымен реакция	Қаралау-жасыл түс болды
5.	Қорғасын ацетатымен сірке қышқылды ортада реакция	Тұнба түзілді
6.	Натрий нитритімен қышқыл ортада реакция	Ашық қызыл түске боялды.

Сығындыдағы фенолды қосылыстар Folin–Ciocalteu реагентін тотықсыздандырады. Бұл реагент фосфорванадий мен фосформолибден қышқылының қоспасынан тұрады, ол сілтілік ортада фенолды қосылыстармен көк түсті кешендер түзеді. Химиялық реакциясы нәтижесінде пайда болатын түсті кешеннің түзілуі 3-суретте берілген.



Сурет 3 – Фенолды қосылыстардың Folin–Ciocalteu реагентімен әрекеттесуі

Антрацен туындыларына жүргізілген Борнтрергер реакциясында (7-кесте) өзгеріс байқалмады, яғни бұл класқа жататын қосылыстар анықталмады.

Кесте 7 – Антрацен туындыларына жасалған зерттеу нәтижелері

№	Жүргізілген тәжірибе	Нәтиже
1.	Борнтрергер реакциясы	Өзгеріс болған жоқ
2.	Магний ацетатының 1% спиртті ерітіндісімен реакция	Өзгеріс болған жоқ

Сол сияқты, алкалоидтарға сапалық реакциялар жүргізгенде, Драгендорф және Майер реактивтерімен, сондай-ақ күкірт және азот қышқылдарымен оң нәтиже берілмеді (8-кесте). Бұл *P. sulcata* қынасы құрамында алкалоидтардың жоқ немесе өте аз мөлшерде болатынын көрсетті.

Кесте 8 – Алкалоидтарға жасалған зерттеу нәтижелері

№	Сапалық реакциялар	Нәтижелері
1.	Драгендорф реактивімен реакция	Өзгеріссіз
2.	Майер реактивімен реакция	Өзгеріссіз
3.	Пикрин қышқылымен реакция	Өзгеріссіз
4.	Бушард, Вагнер, Люголь реактивімен реакция	Өзгеріссіз

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижелері *P. sulcata* құрамында бірқатар ББЗ бар екенін көрсетті. Зерттеу барысында флавоноидтар, кумариндер, фенолдық қосылыстар, сапониндер және иілік заттарға сапалық реакциялар оң нәтиже берді.

Флавоноидтарға арналған сынамалар нәтижесінде ерітінді түсінің сары және қоңыр түске өзгеруі олардың қына құрамында флавоноидтар мен флавоноиддардың, сондай-ақ халкондар мен аурондардың бар екенін дәлелдеді. Кумариндерге жүргізілген лактонды сынама сары түстің түзілуімен оң нәтиже беріп, бұл қосылыстардың бар екенін көрсетті.

Анықталған иілік заттар мен фенолды қосылыстар қынаның биологиялық белсенділігін, соның ішінде антиоксиданттық және антимикробтық қасиеттерін туындатуы мүмкін.

Сапониндерге жүргізілген сынамалар тұрақты көбік түзілуі мен қызыл түсті бояудың пайда болуына негізделіп, олардың тритерпеноидты табиғатын анықтауға мүмкіндік берді.

Сонымен қатар, антрацен туындылары және алкалоидтарға жүргізілген реакциялар теріс нәтиже көрсетті, бұл *P. sulcata* химиялық құрамының өзіндік ерекшелігін білдіреді.

Зерттеу нәтижелері *P. sulcata* құрамында биологиялық белсенді заттардың болуы, түрлі биологиялық және фармакологиялық белсенділіктердің болуына әкеледі. Осы орайда бұл өсімдік шикізатын отандық фармацевтикалық және биотехнологиялық өндірісте өсімдік текті дәрілік заттардың табиғи көзі ретінде қолдануға мүмкіндігі бар екендігін көрсетеді.

Пайдаланылған деректер тізімі

1 **Valli, L. A.** Prospects for the use of medicinal plants in modern Russia Bulletin of Science. – 2021. – № 1(9). – P. 22. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2021.1.9.22>

2 **Wagner, H.** Synergy research: creating a new generation of phytopreparations RMJ. Medical Review. – 2016. – Vol. 24. – № 3. – P. 183. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.12.018>

3 **Maria del C. M.** *Parmelia sulcata* (Ascomycota: Parmeliaceae), a sympatric monophyletic species complex The Lichenologist. – 2011. – Vol. 43. – № 6. – P. 585–601. <https://doi.org/10.1017/S0024282911000521>

4 **Boustie, J.** Lichen secondary metabolites: a source of novel antibiotics Planta Medica. – 2005. – Vol. 71. – № 11. – P. 1049–1057. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-13374-4>

5 **Honegger, R.** The fungal partner (mycobiont) in lichen symbioses The Lichenologist. – 2012. – Vol. 44. – № 2. – P. 139–147. https://doi.org/10.1007/978-3-540-87407-2_16

6 **Stoica, I.** Current Status and Future Perspectives in the Biomonitoring and Pharmacological Aspects of *Parmelia sulcata* Taylor Molecules. – 2020. – Vol. 25. – № 22. – P. 5245. <https://doi.org/10.5530/pres.16.3.55>

7 **Gómez-Serranillos, M. P.** Parmeliaceae family: phytochemistry, pharmacological potential and phylogenetic features RSC Advances. – 2014. – Vol. 4. – № 103. – P. 590–597. https://doi.org/10.1039/c4ra09104c?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26medium%3Darticle

8 **Modenesi, P.** Surface features in *Parmelia sulcata* (Lichenes) thalli growing in shaded or exposed habitats Nova Hedwigia. – 1998. – Vol. 66. – № 3. – P. 535–548.

9 **Gandhi, A. D.** Isolation of bioactive compounds from lichen *Parmelia sulcata* and evaluation of antimicrobial property Journal of Infection and Public Health. – 2022. – Vol. 15. – № 4. – P. 491–497. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.10.014>

10 **Candan, M.** Antimicrobial activity of extracts of the lichen *Parmelia sulcata* and its salazinic acid constituent Zeitschrift fur naturforschung section

c a journal of biosciences. – 2007. – Vol. 62. – № 7–8. – P. 65–69. <https://doi.org/10.1515/znc-2007-7-827>

11 **Varma, C. et al.** Lichens: Chemistry, ecological role and pharmacological potential – A comprehensive review // Current Research in Environmental & Applied Mycology. – 2023. – Vol. 13. – № 1. – P. 182–217. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2023.23.3.0223>

12 **Olafsdottir, E. S.** Polysaccharides from lichens: structural characteristics and biological activity Planta Medica. – 2001. – Vol. 67. – № 3. – P. 199–208. <https://doi.org/10.1055/s-2001-12012>

13.11.25 ж. баспаға түсті.

19.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

02.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

*Г. Ж. Байсалова¹, Е. Б. Канатқызы², А. А. Талтенов³, П. Кужатова⁴

^{1,3}Евразийский национальный университет

имени Л. Н. Гумилева,

Республика Казахстан, г. Астана;

^{2,4}Медицинский университет Астана,

Республика Казахстан, г. Астана.

Поступило в редакцию 13.11.25.

Поступило с исправлениями 19.11.25.

Принято в печать 02.12.25.

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА *PARMELIA SULCATA*

В данной работе был проведен качественный анализ биологически активных веществ (БАВ), содержащихся в лишайнике *Parmelia sulcata* (*P. sulcata*). С помощью стандартных методов качественного анализа было подтверждено наличие в экстракте лишайника комплекса основных БАВ, таких как флавоноиды, кумарины, фенольные соединения, сапонины и дубильные вещества.

Полученные положительные результаты: наличие флавоноидов (окрашивание раствора в желтый и коричневый цвета) свидетельствует о присутствии флавонов, флавонолов, халконов и ауринов. Положительный результат лактонной пробы, проведенной на кумарины, указывает на фармакологическую ценность этих соединений. Присутствие фенольных соединений и дубильных

веществ (таннидов) напрямую обосновывает антиоксидантные и выраженные противомикробные свойства *P. sulcata*. Устойчивая пена и появление красной окраски в результате реакций на сапонины доказывают их тритерпеноидную природу.

Кроме того, отрицательные результаты проб на производные антрацена и алкалоиды свидетельствуют об особенностях химического состава *P. sulcata* и его относительной безопасности (отсутствие потенциально токсических соединений данной группы).

Результаты данного исследования доказывают, что *P. sulcata* накапливает значительное количество БАВ с антиоксидантным, противовоспалительным и адаптогенным действием. Установленный фитохимический профиль научно обосновывает применение *P. sulcata* в качестве лекарственного сырья и показывает высокий потенциал его использования в отечественном фармацевтическом и биотехнологическом производстве как источника новых, природных и функциональных добавок.

Ключевые слова: *Parmelia sulcata*, биологически активные вещества, качественный анализ, флавоноиды, кумарины, сапонины, дубильные вещества.

*G. J. Baisalova¹, B. K. Yertay², A. A. Taltenov³, P. Kuzhatova⁴

^{1,3}L. N. Gumilyov

Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Astana;

^{2,4}Astana Medical University,
Republic of Kazakhstan, Astana.

Received 13.11.25.

Received in revised form 19.11.25.

Accepted for publication 02.12.25.

QUALITATIVE REACTIONS FOR BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF *PARMELIA SULCATA*

The positive results obtained: the presence of flavonoids (manifested by the solution turning yellow and brown) indicates the presence of flavones, flavonols, chalcones, and aurones. A positive result of the lactone test for coumarins suggests the pharmacological value of these compounds. The presence of phenolic compounds and tannins (tannides) directly substantiates the antioxidant and pronounced antimicrobial properties of

P. sulcata. The stable foam and the appearance of a red color resulting from the reactions for saponins prove their triterpenoid nature.

Furthermore, the negative results of tests for anthracene derivatives and alkaloids point to the uniqueness of the chemical composition of P. sulcata and its relative safety (the absence of potentially toxic compounds from this group).

The findings of this study demonstrate that P. sulcata accumulates a significant amount of BAS with antioxidant, anti-inflammatory, and adaptogenic effects. The established phytochemical profile scientifically justifies the use of P. sulcata as a medicinal raw material and shows its high potential for use in domestic pharmaceutical and biotechnological production as a source of new, natural, and functional additives.

*Keywords: *Parmelia sulcata*, biologically active substances, qualitative analysis, flavonoids, coumarins, saponins, phenolic compounds.*

<https://doi.org/10.48081/NFRU9626>

***М. Ж. Сапышев**

Торайғыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2043-2291>

*e-mail: sapyshevmediyar@gmail.com

**ИОНООБМЕННАЯ ОЧИСТКА МДЭА ОТ ПРОДУКТОВ
ДЕГРАДАЦИИ И ТЕРМОСТОЙКИХ СОЛЕЙ**

В данной статье представлен комплексный анализ процесса удаления термостойких солей из промышленных растворов метилдиэтанолamina с использованием технологии ионного обмена. Накопление термостойких солей рассматривается как одна из ключевых эксплуатационных проблем на установках аминовой очистки газа, приводящая к таким негативным последствиям, как снижение абсорбционной способности растворителя, усиление коррозии оборудования, операционная нестабильность из-за вспенивания и рост общих энергозатрат.

Детально освещены основные механизмы образования термостойких солей, включая окислительную деградацию метилдиэтанолamina и его реакции с примесями газового потока, в результате которых в системе накапливаются такие анионы, как формиат, ацетат, бицин, тиоцианат и сульфат. Основное внимание в работе уделено применению сильноосновных анионообменных смол для селективного извлечения термостойких солей. Описаны принципы ионного обмена и полный технологический цикл, включая стадии рабочего процесса истощение, взрыхления, регенерации раствором едкого натра и финальной отмывки. Проведен сравнительный анализ различных типов смол полистирольных и полиакриловых, макропористых и гелевых, подчеркивая ключевые критерии выбора: термостойкость, устойчивость к органическому загрязнению – фаулингу и эффективность регенерации.

Статья также включает практическую методику с примером расчета продолжительности рабочего цикла на основе рабочей обменной емкости смолы и концентрации термостойких солей

в растворе. В заключение делается вывод, что технология ионного обмена является высокоэффективным и экономически целесообразным решением для поддержания качества аминового раствора, при условии правильного выбора смолы и оптимизации технологических параметров процесса.

Ключевые слова: термостойкие соли, метилдиэтанолamin, аминовая очистка, регенерация смолы, деградация амина, ионный обмен, коррозия.

Введение

Аминовая очистка является краеугольным камнем в мировой газоперерабатывающей и нефтехимической промышленности, обеспечивая удаление кислых газов, таких как сероводород (H_2S) и диоксид углерода (CO_2), из технологических потоков [1]. Среди различных алканолaminов, метилдиэтанолamin (МДЭА) получил широкое распространение благодаря своей высокой селективности по отношению к H_2S в присутствии CO_2 , более низкой теплоте реакции, что снижает энергозатраты на регенерацию, и меньшей коррозионной активности по сравнению с первичными аминами [2].

Однако в процессе длительной эксплуатации растворы МДЭА подвергаются химической деградации, что приводит к образованию и накоплению термостойких солей. Эти соли, в отличие от карбаматов и бикарбонатов, не разлагаются в условиях стриппера (десорбера), необратимо связывая амин и накапливаясь в системе [3].

Накопление ТСС – термостойких солей свыше 1–2 % от массы амина является одной из серьезнейших эксплуатационных проблем. Оно приводит к целому каскаду негативных последствий:

а) Снижение абсорбционной способности: Связанный в соли амин теряет способность поглощать кислые газы, что требует увеличения скорости циркуляции раствора для достижения той же степени очистки, а это, в свою очередь, повышает операционные затраты [4].

б) Усиление коррозии: Анионы, такие как хлорид, сульфат и особенно тиосульфат, являются мощными коррозионными агентами для углеродистой стали, вызывая локальную и общую коррозию оборудования, что сокращает его срок службы [5].

в) Увеличение вязкости и плотности раствора: Это приводит к росту гидравлического сопротивления системы, увеличению нагрузки на насосное оборудование и снижению эффективности теплообмена.

г) Вспенивание раствора: ТСС могут действовать как поверхностно-активные вещества, стабилизируя пену, что нарушает массообмен в абсорбере и может привести к уносу амина и аварийной остановке установки.

Для поддержания стабильной и эффективной работы установок аминовой очистки применяются различные технологии удаления ТСС. Среди них ионный обмен зарекомендовал себя как один из наиболее гибких и экономически оправданных методов. В данной статье подробно рассматривается процесс удаления ТСС из растворов МДЭА с помощью ионообменных смол, включая углубленный анализ механизмов деградации, характеристик смол, расчетных методик и практических аспектов эксплуатации.

Понимание механизмов образования ТСС является ключом к их предотвращению и эффективному удалению. Термостойкие соли – это продукты сложных и зачастую необратимых химических реакций.

а) Окислительная деградация амина: Растворенный кислород (O_2) является главным инициатором деградации МДЭА. Механизм включает образование свободных радикалов и последующее окисление амина до альдегидов и карбоновых кислот [6]. Этот процесс ускоряется при высоких температурах в регенераторе и в присутствии ионов металлов (Fe^{2+} , Cu^{2+}), которые действуют как катализаторы. Основными продуктами являются короткоцепочечные кислоты (муравьиная, уксусная, гликолевая, щавелевая).

б) Деградация с участием CO_2 : В присутствии CO_2 окислительная деградация МДЭА может приводить к образованию сложных аминокислот. Наиболее известным продуктом является бицин (N,N-бис(2-гидроксиэтил)глицин), который образуется в результате реакции карбоксилирования МДЭА [7].

в) Реакции с примесями в газе:

1) Цианистый водород (HCN): Реагирует с полисульфидами

(образующимися при окислении H_2S) с образованием тиоцианатов (SCN^-).

2) Серооксид углерода (COS) и сероуглерод (CS_2): Гидролизуются в растворе амина, способствуя образованию

тиокарбаматов и других серосодержащих соединений, которые могут далее окисляться до тиосульфатов ($S_2O_3^{2-}$) и сульфатов (SO_4^{2-}).

Таблица 1 – Основные анионы термостойких солей и их источники.

Анион	Химическая формула	Источник образования
Формиат	$HCOO^-$	Окисление МДЭА
Ацетат	CH_3COO^-	Окисление МДЭА
Оксалат	$(COO)_2^{2-}$	Окисление МДЭА

Гликолят	$HOCH_2COO^-$	Окисление МДЭА
Бицин	$(HOCH_2CH_2)_2NCH_2COO^-$	Окисление МДЭА в присутствии CO_2
Тиосульфат	$S_2O_3^{2-}$	Окисление H_2S , реакция с SO_2
Тиоцианат	SCN^-	Реакция с HCN
Сульфат	SO_4^{2-}	Окисление соединений серы, наличие SO_2/SO_3
Хлорид	Cl^-	Поступление с подпиточной водой или газом

Материалы и методы

Ионный обмен – это процесс, при котором ионы ТСС из раствора амина обмениваются на функциональные ионы, закрепленные на матрице ионообменной смолы. Для этой цели используются сильноосновные анионообменные смолы (СБА), предварительно регенерированные в гидроксидную (OH^-) форму [8].

Принцип работы:

Очистка обычно производится по схеме «slip-stream» (байпас), когда небольшой поток (1–5 %) регенерированного («тощего») амина отводится от основного контура и направляется в ионообменный фильтр.

Химизм процесса (стадия сервиса/истощения):

$Resin-N^+R_3 OH^-$ (смола) + $H-Amine^+A^-$ (соль) $\rightarrow$

$Resin-N^+R_3 A^-$ (смола) + $H-Amine$ + H_2O .

Где $Resin-N^+R_3$ – функциональная группа смолы (четвертичное аммониевое основание), а A^- – анион ТСС.

В результате анионы ТСС фиксируются на смоле, а в раствор возвращается амин, «освобожденный» от соли. Когда смола насыщается (происходит «проскок» ТСС), ее выводят из работы на регенерацию.

Цикл работы ионообменной установки:

Промышленная установка часто включает два фильтра, работающих в режиме «ведущий-ведомый» (lead-lag), что обеспечивает непрерывную очистку и более полное использование емкости смолы.

а) Сервисный цикл (Service): Пропускание амина через смолу до достижения заданной концентрации ТСС на выходе.

б) Взрыхление (Backwash): Подача деминерализованной воды снизу-вверх для удаления взвешенных частиц и разуплотнения слоя смолы.

в) Регенерация (Regeneration): Пропускание разбавленного раствора едкого натра (4–6% NaOH) для вытеснения анионов ТСС и восстановления OH^- -формы смолы.

$\text{Resin-N}^+\text{R}_3\text{A}^- \text{ (смола)} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Resin-N}^+\text{R}_3\text{OH}^- \text{ (смола)} + \text{NaA} \text{ (раствор солей)}$.

г) Медленная отмывка (Displacement Rinse): Медленная промывка водой для вытеснения остатков щелочи.

д) Быстрая отмывка (Fast Rinse): Финальная быстрая промывка водой до достижения требуемых показателей качества (рН, электропроводность).

Правильный выбор смолы – ключевой фактор успеха. Неверно подобранная смола может быстро деградировать или необратимо загрязниться, что приведет к высоким эксплуатационным затратам.

а) Тип матрицы смолы:

1) Полистирольная (Styrene-Divinylbenzene): Стандарт отрасли, обладает высокой механической прочностью и термической стабильностью (до 80–100 °C). Основной недостаток – гидрофобность, что делает ее уязвимой к необратимому загрязнению (фаулингу) тяжелыми углеводородами и продуктами деградации амина.

2) Полиакриловая: Гидрофильная матрица делает ее значительно более устойчивой к органическому фаулингу. Такие смолы также показывают высокую эффективность регенерации. Однако их термостойкость ниже, чем у полистирольных аналогов (обычно до 60 °C) [9].

б) Структура пор:

1) Гелевая: Обладает высокой обменной емкостью, но низкая пористость затрудняет диффузию крупных ионов и делает ее чувствительной к осмотическим ударам.

2) Макропористая: Имеет жесткую структуру с крупными порами, что облегчает доступ ионов к активным центрам. Это обеспечивает превосходную кинетику, высокую стойкость к осмотическим шокам и органическим загрязнениям, что делает макропористые смолы предпочтительным выбором для очистки аминов.

в) Функциональная группа (СБА):

1) Тип I (Триметиламмоний): Наивысшая основность и химическая стабильность. Эффективно удаляют все анионы ТСС.

2) Тип II (Диметилэтанолламмоний): Менее термически стабильны, но легче регенерируются. Для горячих аминных контуров рекомендуется использовать смолы Типа I [10].

Таблица 2 – Сравнение смол для очистки амина.

Параметр	Полистирольная, Тип I, Макропористая	Полиакриловая, Тип I, Макропористая	Рекомендации по применению
Термостойкость	Высокая (до 100 °C)	Средняя (до 60 °C)	Полистирольные смолы для горячих потоков тощего амина.
Устойчивость к фаулингу	Средняя	Высокая	Полиакриловые смолы для систем с высоким содержанием органики.
Обменная емкость	Высокая (≈1.2 экв/л)	Очень высокая (≈1.3-1.4 экв/л)	Акриловые смолы могут обеспечить более длительные фильтроциклы.
Эффективность регенерации	Стандартная	Высокая	Акриловые смолы требуют на 20-30% меньше каустика.
Устойчивость к кремнию	Низкая	Высокая	Кремний (SiO ₂) может необратимо загрязнять полистирольные смолы.

Эффективность установки определяется ее рабочей обменной емкостью (РОЕ) – фактическим количеством ТСС, которое поглощает 1 литр смолы в реальных условиях до проскока.

Пример расчета сервисного цикла (расширенный):

Используем данные из предыдущего примера, но учтем состав ТСС:

- Общий уровень ТСС: 8000 ppm (мг/л).
- Состав ТСС (упрощенно): 50 % формиаты, 30 % ацетаты, 20 % бицин.
- Поток амина на очистку: 2 м³/ч.
- Объем смолы в фильтре: 1.5 м³.
- РОЕ смолы (принятая): 0.5 экв/л (500 экв/м³).

Шаг 1: Расчет средневзвешенной эквивалентной массы ТСС.

- Эквивалентная масса формиата (НСОО⁻): 45 г/экв.
- Эквивалентная масса ацетата (СН₃СОО⁻): 59 г/экв.
- Эквивалентная масса бицина (С₆Н₁₃NO₄⁻): 163 г/экв.
- Средневзвешенная экв. масса = (0.5 * 45) + (0.3 * 59) + (0.2 * 163) = 22.5 + 17.7 + 32.6 = 72.8 г/экв.

Шаг 2: Расчет концентрации ТСС в эквивалентах.

- Концентрация ТСС для удаления = 8000 мг/л = 8.0 г/л.
- Концентрация в экв. = 8.0 г/л / 72.8 г/экв ≈ 0.110 экв/л = 110 экв/м³.

Шаг 3: Расчет общей поглощающей способности фильтра.

– Общая емкость = Объем смолы * РОЕ = $1.5 \text{ м}^3 * 500 \text{ экв/м}^3 = 750 \text{ экв}$.

Шаг 4: Расчет объема амина, который можно очистить.

– Объем амина = Общая емкость / Концентрация в экв. = $750 \text{ экв} / 110 \text{ экв/м}^3 \approx 6.82 \text{ м}^3$.

Шаг 5: Расчет продолжительности сервисного цикла.

– Продолжительность = Объем амина / Поток на фильтр = $6.82 \text{ м}^3 / 2 \text{ м}^3/\text{ч} \approx 3.4 \text{ часа}$.

Вывод: Уточненный расчет, учитывающий состав ТСС, показывает значительно меньшую продолжительность цикла (3.4 часа против 8 часов в первом приближении). Это подчеркивает важность детального анализа состава ТСС для точного проектирования и эксплуатации установки.

Результаты и обсуждение

Выбор технологии удаления ТСС зависит от масштаба производства, бюджета и специфики загрязнений.

Ионный обмен является «золотым стандартом» для большинства применений благодаря своей эффективности, гибкости и предсказуемости.

Таблица 3 – Сравнение технологий регенерации амина.

Критерий	Ионообменный метод (ИЕХ)	Вакуумная дистилляция	Электродиализ
Капитальные затраты	Низкие/ Средние	Высокие	Очень высокие
Операционные затраты	Средние (реагенты, вода)	Высокие (энергия, пар)	Средние (энергия, замена мембран)
Эффективность удаления	Высокая	Очень высокая (удаляет ТСС и продукты деградации)	Высокая
Образующие отходы	Жидкие (раствор солей Na^+)	Концентрированный кубовый остаток	Жидкие (концентрат солей)
Селективность	Удаляет только ионные примеси	Неселективна, удаляет все нелетучие компоненты	Удаляет только ионные примеси
Потери амина	Минимальные (<0.1%)	Значительные (до 5-10% с кубовым остатком)	Низкие
Сложность эксплуатации	Низкая/ Средняя	Высокая, требует квалифицированного персонала	Высокая

Выводы

Контроль за содержанием термостойких солей в растворах МДЭА является неотъемлемой частью эффективной и безопасной эксплуатации установок аминовой очистки. Накопление ТСС приводит к снижению производительности, усилению коррозии и операционной нестабильности.

Технология ионного обмена с использованием сильноосновных анионообменных смол представляет собой проверенное и надежное решение для удаления ТСС. Успешная реализация этого метода требует комплексного подхода, включающего:

а) Детальный анализ состава ТСС: Для точного расчета и прогнозирования работы системы.

б) Обоснованный выбор смолы: с учетом температуры, наличия органических загрязнителей и требований к эффективности регенерации. Макропористые смолы Типа I являются наиболее универсальным выбором.

в) Оптимизация рабочих параметров: Контроль скорости потока, температуры и режимов регенерации позволяет максимизировать срок службы смолы и минимизировать эксплуатационные расходы.

г) Регулярный мониторинг: Постоянный контроль за рабочей емкостью смолы и формой кривой проскока для своевременного принятия корректирующих мер.

Правильно спроектированная и обслуживаемая ионообменная система позволяет значительно продлить срок службы аминового раствора, снизить затраты, связанные с коррозией и потерями амина, и обеспечить стабильно высокое качество очистки газа, что является критически важным для современной газоперерабатывающей отрасли.

Список использованных источников

- 1 Kohl, A. L., & Nielsen, R. B. Gas Purification (5th ed.). Gulf Publishing Company, 1997.
- 2 Stewart, E. J., & Lanning, R. A. Reduce Amine-Plant Heat-Stable Salts. Hydrocarbon Processing, 2003. – Vol. 1. – p. 57–60.
- 3 Dow Water & Process Solutions. Amine Treatment using DOWEX Ion Exchange Resins. Product Information Bulletin, 2019.
- 4 Lawal, A., & Bello, A. A. Modeling and Simulation of Heat Stable Salts Removal from Lean Amine Solvent Using Anion Exchange Resin. Journal of Engineering, 2013. – p. 1–9.

5 **Veawab, A., Tontiwachwuthikul, P., & Chakma, A.** Corrosion behavior of carbon steel in MEA-based CO₂ absorption process. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 1999. – Vol. 10. – p. 3917–3924.

6 **Bello, A., & Idem, R. O.** Pathway and product distribution for the oxidative degradation of MDEA. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2005. – Vol. 23. – p. 986–1103.

7 **Dawodu, O. F., & Meisen, A.** Degradation of aqueous diethanolamine and methyldiethanolamine solutions. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 1994. – Vol. 2. – p. 163–176.

8 **Fisher, S. A., & Buls, J. R.** Ion Exchange for the Purification of Alkanolamine Solutions. *Proceedings of the Laurance Reid Gas Conditioning Conference*, 1999.

9 Purolite Company. Ion Exchange Resins for Amine Purification. Technical Data Sheet A520E/A860, 2018.

10 **Harlick, P. J. E., & Wilson, F. W.** Anion Exchange Resins for Amine Purification : The Effect of Amine Degradation Products on Resin Performance. *Proceedings of the Laurance Reid Gas Conditioning Conference*, 2003.

Поступило в редакцию 11.10.25.

Поступило с исправлениями 15.10.25.

Принято в печать 22.10.25.

**М. Ж. Сапышев*

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

11.10.25 ж. баспаға түсті.

15.10.25 ж. түзетулерімен түсті.

22.10.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

MDEA-НЫ ДЕГРАДАЦИЯЛЫҚ ӨНІМДЕРДЕН ЖӘНЕ ЫСТЫҚҚА ТӨЗІМДІ ТҰЗДАРДАН ИОН АЛМАСУ АРҚЫЛЫ ТАЗАРТУ

Бұл мақалада ион алмасу технологиясын қолдана отырып, метилдиэтаноламиннің өндірістік ерітінділерінен ыстыққа төзімді тұздарды кетіру процесінің кешенді талдауы келтірілген. Ыстыққа төзімді тұздардың жиналуы газды Амиді тазарту қондырғыларындағы негізгі пайдалану проблемаларының бірі ретінде қарастырылады, бұл еріткіштің сіңіру қабілетінің төмендеуі,

жабдықтың коррозиясының жоғарылауы, көбіктенудің операциялық тұрақсыздығы және жалпы энергия шығындарының өсуі сияқты жағымсыз салдарға әкеледі.

Метилдиэтаноламиннің тотығу деградациясын және оның газ ағынының қоспаларымен реакциясын қоса алғанда, ыстыққа төзімді тұздардың пайда болуының негізгі механизмдері егжей-тегжейлі қамтылған, нәтижесінде жүйеде формат, ацетат, бицин, тиоцианат және сульфат сияқты аниондар жиналады. Жұмыстың негізгі бағыты ыстыққа төзімді тұздарды іріктеп алу үшін күшті негізді анион алмастырғыш шайырларды қолдануға бағытталған. Ион алмасу принциптері және толық технологиялық цикл, соның ішінде жұмыс процесінің сарқылу, қопсыту, каустикалық сода ерітіндісімен регенерация және соңғы жуу кезеңдері сипатталған. Полистирол және полиакрил, макро кеуекті және гель шайырларының әртүрлі түрлеріне салыстырмалы талдау жүргізіліп, таңдаудың негізгі критерийлеріне баса назар аударылады: ыстыққа төзімділік, органикалық ластануға төзімділік – фаулинг және регенерация тиімділігі.

Мақалада шайырдың жұмыс алмасу сыйымдылығы мен ерітіндідегі ыстыққа төзімді тұздардың концентрациясы негізінде жұмыс циклінің ұзақтығын есептеу мысалымен практикалық әдістеме де қамтылған. Қорытындылай келе, ион алмасу технологиясы шайырды дұрыс таңдау және процестің технологиялық параметрлерін оңтайландыру жағдайында амин ерітіндісінің сапасын сақтау үшін жоғары тиімді және экономикалық тұрғыдан тиімді шешім болып табылады.

Кілтті сөздер: ыстыққа төзімді тұздар, метилдиэтаноламин, амиді тазарту, шайырдың регенерациясы, амидің ыдырауы, ион алмасу, коррозия.

**M. Z. Sapyshev*

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 11.10.25.

Received in revised form 15.10.25.

Accepted for publication 22.10.25.

ION EXCHANGE PURIFICATION OF MDEA FROM DEGRADATION PRODUCTS AND HEAT-RESISTANT SALTS

This article presents a comprehensive analysis of the process of removing heat-resistant salts from industrial solutions of methyldiethanolamine using ion exchange technology. The accumulation of heat-resistant salts is considered as one of the key operational problems in amine gas purification plants, leading to such negative consequences as a decrease in the absorption capacity of the solvent, increased corrosion of equipment, operational instability due to foaming and an increase in total energy consumption.

The main mechanisms of formation of heat-resistant salts are described in detail, including the oxidative degradation of methyldiethanolamine and its reactions with admixtures of the gas stream, as a result of which such anions as formate, acetate, bicin, thiocyanate and sulfate accumulate in the system. The main focus of the work is on the use of highly basic anion exchange resins for the selective extraction of heat-resistant salts. The principles of ion exchange and the full technological cycle are described, including the stages of the working process of depletion, loosening, regeneration with a solution of caustic soda and final washing. A comparative analysis of various types of polystyrene and polyacrylic, macroporous and gel resins was carried out, emphasizing the key selection criteria: heat resistance, resistance to organic fouling and regeneration efficiency.

The article also includes a practical methodology with an example of calculating the working cycle time based on the working exchange capacity of the resin and the concentration of heat-resistant salts in the solution. In conclusion, it is concluded that ion exchange technology is a highly efficient and economically feasible solution for maintaining the quality of the amine solution, provided that the resin is selected correctly and the technological parameters of the process are optimized.

Keywords: heat-resistant salts, methyldiethanolamine, amine purification, resin regeneration, amine degradation, ion exchange, corrosion.

МРНТИ 87.17.15

<https://doi.org/10.48081/CZHS7837>

***К. Б. Шарипова¹, А. К. Шарипова², Ш. Ж. Арынова³,
У. Д. Буркитбаева⁴, А. Е. Кереев⁵**

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7043-827X>

²ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8482-0258>

³ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9895-7649>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8585-0412>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8369-7883>

*e-mail: scharipova_5@mail.ru

АНАЛИЗ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЫБРОСОВ ФТОРИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ И СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ

АО «Казахстанский электролизный завод» ежегодно производит комплексный технологический аудит в соответствии с общепринятыми практиками и законодательством Республики Казахстан. На производстве применяется ряд технических решений, которые можно отнести к лучшим практикам, направленных на предотвращение или минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду

В статье произведен анализ деятельности АО «Казахстанский электролизный завод» по очистке атмосферных выбросов и сточных вод, образующихся при производстве алюминия. Особое внимание уделяется способам очистки выбросов фтористых соединений в атмосферу. Основным пылегазоулавливающим (ПГУ) оборудованием является рукавный фильтр, которых используется несколько типов. В качестве фильтрующего материала используются иглопробивной полиэстер (нейлон), полиэстер и волокно полиэфирное. Данные фильтры достаточно эффективные, фактический КПД аппаратов 99,3–99,4 %. Как показал анализ концентраций некоторых веществ, на выходе из пылегазоулавливающего оборудования минимальное содержание KF, NaF, Na₃AlF₆ составляет 0,1 мг/м³, а максимальное – 5,04 мг/м³. Анализ используемых в производстве

алюминия пылегазоочистного оборудования доказывает минимальное негативное воздействие на окружающую среду.

Мониторинг сбросов загрязняющих веществ со сточными водами на предприятии проводится ежеквартально в 3 точках по показателям концентраций следующих веществ на выпуске (мг/дм³): взвешенные вещества, хлориды, сульфаты, железо общее, натрий, кальций, магний, фториды, ПАВ, нефтепродукты, алюминий, фосфаты, аммиак, а также по количеству сбросов (т/год). Сброс в пруд-испаритель осуществляется по двум водоспускам. Согласно данным, общее количество сбросов из водовыпуска № 1 в 2022 году было равно 21,29 т., из водовыпуска № 2 – 15,326 т. Произведенный анализ показал, что концентрации веществ в сточных водах соответствуют требованиям, отраженных в нормативно-правовых актах и нормативно-технических документах страны.

Ключевые слова: производство алюминия, фтористые соединения, концентрации веществ, сточные воды, эффективные технологии

Введение

АО «Казахстанский электролизный завод» является молодым предприятием, эксплуатация которого началась с 2007 года. Он оснащен современным оборудованием, соответствующий международным экологическим требованиям. На заводе применяется технология предварительно обожженного анода, которая считается одной из самых современных и экологически безопасных. Источником энергоснабжения является Аксуская теплоэлектростанция АО «ЕЭК», входящая вместе с КЭЗ в одну группу компаний ERG. Продукцией завода являются двадцатикилограммовые алюминиевые слитки марки А7, А8. Глинозем для производства алюминия поступает от АО «Алюминий Казахстана». Эти факторы обеспечивают конкурентоспособность конечной продукции.

В мировом рейтинге по производству алюминия Казахстан находится на 29 месте, проектная мощность около 250 тыс. тонн/год. АО «Казахстанский электролизный завод» является в Казахстане первым и единственным предприятием по производству алюминия. В 2019–2020 гг. на КЭЗ было произведено 263 тыс. тонн и 265 тыс. тонн алюминия. Из первичного алюминия в Казахстане производится около 30 тыс. тонн готовой продукции – фольга, проволоки, листопрокаты, радиаторы, профили и порошки.

Отличительные свойства алюминия заключается в том, что этому металлу свойственны такие качества, как высокая теплопроводность,

достаточная механическая прочность, при том, что он пластичный и неплотный, также алюминий нетоксичен, немагнитен и коррозионностоек к ряду химических веществ. Такие выгодные качества делают алюминий достаточно востребованным.

Алюминий и его сплавы используются во многих сферах экономики: в промышленном и гражданском строительстве, машиностроении, железнодорожном и водном транспорте, авиационной и автомобильной отраслях, химической промышленности, электротехническом и приборостроении, производстве предметов народного потребления.

Как выяснили авторы, для того, чтобы произвести тонну алюминия, необходимо около 14000 кВт/ч электроэнергии и около 2 т глинозема, а для 1 т глинозема необходимо переработать около 5 т бокситовой руды. В настоящее время стоимость 1 т алюминия на Лондонской бирже составляет 2600 долларов.

Мировым же лидером в данной отрасли является Китай, производящий от 36 млн тонн в 2019 г. до 43 млн тонн в 2024 г. Следом за Китаем идут Индия и Россия, они выплавляют соответственно 4,2 млн тонн и 3,9 млн тонн алюминия в год [1; 2].

Материалы и методика

Весь технологический процесс производства алюминия сводится в две стадии:

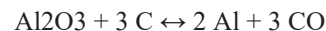
- производство глинозема (Al_2O_3) из алюминиевой руды;
- электролиз и рафинирование алюминия из глинозема.

При обработке бокситов щелочью получают алюминат натрия, который затем подвергают гидролизу. При этом образуются кристаллы гидроксида алюминия. Далее при нагревании в специальных вращающихся печах его обезвоживают и получают обезвоженный глинозем. Далее путем электролиза растворенного глинозема в криолите получают металлический алюминий без примесей.

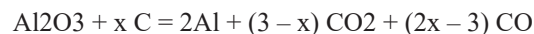
Производство криолита начинается с получения фтористого водорода из плавленого шпата, а потом из него получают плавиковую кислоту. В раствор данной кислоты помещают гидроксид алюминия с образованием фторалюминиевой кислоты, которая нейтрализуется содой. Таким образом получают криолит или гексафторалюминат натрия ($\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$), выпадающий в осадок, который отфильтровывают и сушат в сушильных барабанах.

Второй этап производства – это электролиз алюминия из глинозема. Технологический процесс в алюминиевом электролизере – сложный комплекс взаимосвязанных химических, физико-химических и физических

факторов. Процесс разложения глинозема в электролизерах можно представить в виде формул:



Суммарная реакция выглядит так:



Электролиз производится при температуре расплавленного криолита 960 °С. Электролизеры располагаются в ряд образуя серию электролизеров. С анода ток поступает через электролит и слой металла на катод, а после идет по проводникам на следующий электролизер. При этом жидкий алюминий должен осесть на катоде. Жидкий алюминий постоянно извлекается специальными ковшами и подается в литейное отделение для отлива готовой продукции. Так как при электролизе кислород реагирует с углеродным анодом, то образуются СО и СО₂. Это приводит к большому расходу углеродных анодов [3]. Схема получения алюминия показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема производства первичного алюминия

Рафинирование необходимо для удаления примесей из полученного алюминия, проводят его продувкой хлором через расплав. При этом образуется парообразный хлористый алюминий, он проходит через металл

и обваливает частички примесей, которые всплывают на поверхность, где и удаляются. Также при хлорировании происходит очистка от газов и некоторых металлов, таких как натрий, кальций, магний. После рафинирования чистота алюминия составляет 99,5–99,85 %.

В процессе производства первичного алюминия основными загрязнителями воздуха будут СО₂, HF, AlF₃ и Na₃ [AlF₆]. Фтористый водород составляет 50–80 % от выбросов фторидов, который образуется в результате реакции фторида алюминия и криолита с водородом в процессе электролиза [4, с. 72–77].

Как и в любом производстве, производство алюминия требует затрат водных ресурсов. Техническое водоснабжение КЭЗ осуществляется двумя источниками: от водопроводных сетей г. Павлодар и подземными водами из 7 артезианских скважин.

При производстве алюминия заводом используется обратная схема водопользования, которая осуществляется по 4 узлам водооборота. Вода подается для охлаждения оборудования в нескольких отделениях и подстанциях, после чего охлаждается и снова возвращается в производственный процесс.

В конечном итоге производственные сточные воды проходят через сеть очистных сооружений, в который входят оборудование для коагуляции, флотации, фильтры из кварцевого песка и активированного угля. Многоступенчатая очистка позволяет повторное использование сточных вод для производства. Номинальная производительность очистного оборудования – 75 м³/ч. Все оборудование работает на автоматическом режиме. Время реакции стока с химическими реагентами составляет 16 минут, а период разделения – 30 минут.

Производственные сточные воды, которые образуются в процессе регенерации и промывки, загрузки в фильтрах станции очистки промстоков, фильтрах узлов водооборота и фильтрах для водоподготовки в котельных отводятся по ливневой канализации с последующим сбросом в пруд-накопитель [5].

Результаты и обсуждение

Для очистки выбросов в атмосферу используются различные пылегазоочистное оборудование. В газодулаивающем оборудовании на практике используется метод самоочистки за счет акустико-вибрационного встряхивания, материалом фильтрующего элемента является полиэстер. Форма фильтрующего элемента – фильтр-рукав цилиндрический. Их используется несколько типов: рукавный фильтр IFJN 55/2-2250, рукавный фильтр STC-180B, рукавный фильтр PJ 132/11, рукавный фильтр КФЕ-240

А6, рукавный фильтр INFA-VARIO-JET AJV 640-490-7 P, рукавный фильтр RJSB 07-7.1/18.

Разница концентраций фторидов на выходе из ПГУ (пылегазоуловитель) зависит от материала фильтрующего элемента. В качестве материала могут быть использованы иглопробивной полиэстер (нейлон), полиэстер и волокно полиэфирное 100 %. Данные фильтры очень эффективные, фактический КПД аппарата от 99,3–99,4 %. Диапазон концентраций некоторых веществ на выходе из пылегазоулавливающего оборудования следующий:

– в цехе электролиза алюминия 1 (далее ЦЭА) для фтористых газообразных соединений – 0,546–0,567 мг/м³; для фторида алюминия, фторида кальция и натрия гексафторалюмината – 0,892–0,918 мг/м³;

– для фторида алюминия, фторид кальция и натрия гексафторалюмината:

– в ЦЭА 2 – 0,013–0,028 мг/м³;

– в ЦЭА 3 – 0,01–0,02 мг/м³;

– в цехе по производству электродов (ЦППЭ 1) – 0,87–1,19 мг/м³;

– в ЦППЭ 2 – 0,41–0,46 мг/м³;

– в ЦППЭ 3 – 0,96–1,54 мг/м³;

– в цехе централизованных ремонтов (ЦЦР 1) – 4,18–5,04 мг/м³;

– в ЦЦР 2 – 0,024–0,029 мг/м³;

– в центральной заводской лаборатории – 0,00000003 мг/м³.

Помимо очистки от газообразных выбросов пылегазоочистное оборудование способно улавливать пыль и оксид углерода. Пыль неорганическая по своему составу содержит от 20 % до 70 % SiO₂, а также FeO, Fe₂O₃, Al₂O₃, Mn и его соединения [6, с. 11–29].

Для очистки неорганической пыли используют следующее пылеулавливающее оборудование: пылеочистной аппарат DT.RR.58., ЗИЛ-900М, пылеулавливающая установка MOBI-FLEXEUR, переносные фильтры – пылеуловитель HFE-4, фильтр производства «Совплим», блок пылеулавливания БПУ-1. Данные ПГУ достаточно эффективные, фактический КПД аппарата от 98,0–99,5 %. Диапазон концентрации веществ на выходе из пылеулавливающего аппарата следующий:

– в цехе по производству электродов (линия нарезки пазов на анодах)

– концентрация двуоксида кремния колеблется в пределах 8,15–9,37 мг/м³;

– в цехе централизованных ремонтов – концентрация оксидов железа (II, III) изменяется в пределах 0,091–0,124 мг/м³;

– в ЦЦР 2 – концентрация марганца и его соединений составляет 1,83–1,97 мг/м³;

– в ЦЦР 3 – концентрация взвешенных частиц PM10 колеблется в пределах 0,432–0,678 мг/м³; концентрация оксида алюминия – 0,0026–0,031 мг/м³;

– в ЦЗЛ концентрация хорошо растворимых неорганических фторидов (фторид натрия и натрия гексафторид) – 0,0004–0,0005 мг/м³;

– в отделе технического контроля центральной заводской лаборатории концентрация абразивной пыли до 0,001–0,0012 мг/м³ [7, с 5–22]

Параметры концентраций фтористых соединений на выходе из ПГУ представлены на рисунке 1.

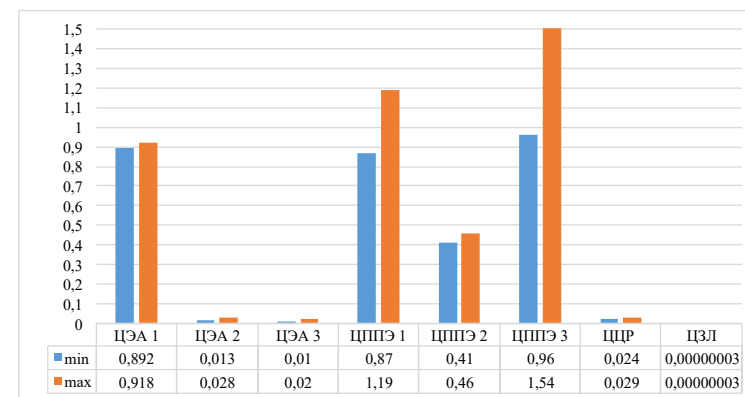


Рисунок 1 – Концентрации KF, NaF, Na₃AlF₆ на выходе из ПГУ

Таким образом, используемые в производстве алюминия пылегазоочистное оборудование обеспечивает минимальное негативное воздействие на окружающую среду [8].

Образующиеся во время производственных процессов сточные воды, а также ливневые воды с территории завода, стекают в пруд-накопитель, состоящий из двух секций, размеры которых 170х340 м. Проектная емкость пруда 250 000 м³. Сбросы в пруд-накопитель производится по 2 водоспускам: первый осуществляет сброс вод в объеме 81 тыс. м³/год, а второй в объеме 55 тыс.м³/год.

На предприятии производится мониторинг сбросов сточных вод на предмет соответствие концентрации содержащихся в них загрязняющих веществ нормативным требованиям. Данный мониторинг проводится 4 раза в год по показателям, представленным в таблице 1. Работа в данном направлении осуществляется для своевременного выявления нарушений и оценки влияния на окружающую среду.

В рамках производственного мониторинга производится контроль систем водопотребления, водоотведения и наблюдение за источниками воздействия на водные ресурсы.

Таблица 1 – Данные по сбросам сточных вод в пруд-накопитель АО «Алюминий Казахстана» за 2022 год

Наименование показателя	Концентрация на выпуске мг/дм ³		Сброс, т/год	
	Водовыпуск № 1	Водовыпуск № 2	Водовыпуск № 1	Водовыпуск № 2
Взвешенные вещества	12,3	7,3	0,997	0,402
Хлориды	86,5	83,9	7,012	4,614
Сульфаты	48,72	48,7	3,95	2,678
Железо общее	0,08	0,18	0,006	0,0099
Натрий	64,3	86,32	5,2	4,747
Кальций	34	29	2,75	1,595
Магний	7,87	13,8	0,63	0,759
Фториды	8,86	4,3	0,7	0,236
ПАВ	0,018	0,012	0,0014	0,00066
Нефтепродукты	0,12	0,06	0,0097	0,0033
Алюминий	0,48	0,247	0,039	0,0136
БПКполн	–	2,93	–	0,161
Фосфаты	–	0,95	–	0,0522
Аммиак	–	0,99	–	0,0545
Итого			21,29	15,326

Согласно таблице 1, общее количество сбросов из водовыпуска № 1 в 2022 году было равно 21,29 т., из водовыпуска № 2 – 15,326 т. Основными загрязнителями в сбросах являются хлориды, сульфаты, ионы натрия. Концентрации веществ в сточных водах соответствуют требованиям, отраженных в нормативных правовых актах и нормативно-технических документах страны [9].

Выводы

В АО «Казахстанский электролизный завод» ежегодно производится комплексный технологический аудит в соответствии с общепринятыми практиками и законодательством Республики Казахстан. Одной из современных методик оценки экологичности производства является НДТ.

НДТ – наилучшие доступные техники, под которыми понимаются наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Согласно экспертной оценке предприятия уровень (%) внедренных НДТ в целом, составляет 76 %, при этом соответствие справочнику ЕС BREF 86 %, соответствие справочнику РФ 83 % [10].

На производстве применяется ряд технических решений, которые можно отнести к лучшим практикам:

- использование пресса фирмы ALTEK, которое позволяет уменьшить образование отходов алюминиевого шлака;
- оптимизация компоновки токоподводящих шин, приводящая к увеличению срока службы электролизеров;
- применение усовершенствованных укрытий электролизеров, системы сухой очистки газов и использование технологии автоматической подачи Al_2O_3 ;
- применение пробойников для точечного разрушения корки электролита и питателей автоматической подачи материала, способствующего значительному сокращению выбросов в атмосферу фтористого водорода и мелких фракций глинозема и фторсолей;
- механизация и автоматизация производства и транспортировки анодов, минимизирующих бой анодов;
- снижение фонарных выбросов, в последние сутки при обжиге или в день пуска после газопламенного обжига, за счет установливания временных укрытий на электролизеры [11].

С учетом систематизации НДТ можно выделить следующие основные требования справочников, ориентируясь на которые, можно определить области возможных к внедрению НДТ:

- системы экологического и энергетического менеджмента;
- энергоэффективность;
- автоматические системы мониторинга;
- применение техник и для снижения выбросов в атмосферный воздух;
- применение техник, направленных на уменьшение объема отходов;
- управление водой и сточными водами;
- управление отходами производства [12].

Список использованных источников

- 1 Топ-10 стран-производителей алюминия / Translom 2025 : сайт. URL: <https://translom.ru/news/top-10-stran-proizvoditeley-alyuminiya>
- 2 Передовой опыт производства и переработки алюминия : информационный справочник. URL: <https://3uch.ru/textbook/detu/bya/sagose>
- 3 Галевский, Г. В., Минцис, М. Я., Руднева, В. В. Оборудование и технология алюминиевого производства. – М. : Литрес, 2020. – 253 с.
- 4 Бородкина, В. В., Рыжкова, О. В., Улас, Ю. В. Перспективы развития алюминиевого производства в России // Фундаментальные исследования. – 2018. – № 12–1. – С. 72–77 URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42354>
- 5 Отчет по экспертной оценке предприятия АО «Казахстанский электролизный завод». – Нур-Султан : Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов, 2021. – 51 с.
- 6 Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты газоочистки: учебное пособие. – Пенза : ШУ, 2006. – С. 11–29.
- 7 Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты защиты атмосферы от газовых выбросов: учебное пособие по проектированию. – Пенза : Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2003 – С. 5–22.
- 8 Экологический кодекс Республики Казахстан: Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК // ИПС «Әділет» : сайт. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>
- 9 СТ РК ISO 50001-2019. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию // Юрист: сайт. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35385564
- 10 Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency. BREF. URL: <https://ec.europa.eu/jrc>.
- 11 Council Directive 84/360/EEC of 28 June 1984 on the combating of air pollution from industrial plants. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1984/360/oj>
- 12 Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31996L0061>

References

- 1 Top-10 stran-proizvoditelej alyuminiya [Top 10 Aluminum Producing Countries] / Translom 2025 : sajt. URL: <https://translom.ru/news/top-10-stran-proizvoditeley-alyuminiya>

- 2 Peredovoj opy't proizvodstva i pererabotki alyuminiya : informacionny'j spravocnik [Best Practices in Aluminum Production and Processing : A Handbook] URL: <https://3uch.ru/textbook/detu/bya/sagose>
- 3 Galevskij, G. V., , Mincis, M. Ya., Rudneva, V. V. Oborudovanie i tehnologiya alyuminievogo proizvodstva [Equipment and technology for aluminum production] – M. : Litres, 2020. – 253 p.
- 4 Borodkina, V. V., Ry'zhkova, O. V., Ulas, Yu. V. Perspektivy' razvitiya alyuminievogo proizvodstva v Rossii // Fundamental'ny'e issledovaniya [Prospects for the development of aluminum production in Russia // Fundamental research] – 2018. – № 12–1. – P. 72–77. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42354>
- 5 Otchet po e'kspertnoj ocenke predpriyatiya AO «Kazaxsanskij e'lektrolizny'j zavod» [Report on the expert assessment of the enterprise JSC «Kazakhstan Electrolysis Plant»] – Nur-Sultan : Mezhdunarodny'j centr zeleny'x texnologij i investicionny'x proektov, 2021. – 51 p.
- 6 Vetoshkin, A. G. Processy' i apparaty' gazoochistki. Uchebnoe posobne [Gas Cleaning Processes and Equipment: A Tutorial]. – Penza : ShU, 2006. – P. 11–29.
- 7 Vetoshkin, A. G. Processy' i apparaty' zashhity' atmosfery' ot gazovy'x vy'brosov: uchebnoe posobie po proektirovaniyu [Processes and apparatus for protecting the atmosphere from gas emissions: a design manual] – Penza : Izd-vo Penz. texnol. in-ta, 2003 – P. 5–22.
- 8 E'kologicheskij kodeks Respubliki Kazaxstan : Kodeks Respubliki Kazaxstan ot 2 yanvarya 2021 goda № 400-VI ZRK // IPS «Әділет» [Environmental Code of the Republic of Kazakhstan: Code of the Republic of Kazakhstan dated January 2, 2021 No. 400-VI ZRK // IPS «Adilet»]: sajt. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>
- 9 ST RK ISO 50001-2019. Sistemy' e'nergeticheskogo menedzhmenta. Trebovaniya i rukovodstvo po ispol'zovaniyu // Yurist [ST RK ISO 50001-2019. Energy management systems. Requirements with guidance for use // Jurist]: sajt. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35385564
- 10 Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency. BREF. URL: <https://ec.europa.eu/jrc>.
- 11 Council Directive 84/360/EEC of 28 June 1984 on the combating of air pollution from industrial plants. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1984/360/oj>
- 12 Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31996L0061>

Поступило в редакцию 21.11.25.
Поступило с исправлениями 21.11.25.
Принято в печать 23.12.25.

*К. Б. Шарипова¹, А. К. Шарипова², Ш. Ж. Арынова³,

У. Д. Буркитбаева⁴, А. Е. Кереев⁵

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

21.11.25 ж. баспаға түсті.

21.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

23.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

АЛЮМИНИЙ ӨНДІРІСІНДЕГІ ФТОР ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫ МЕН АҒЫНДЫ СУЛАРДЫҢ ТӨГІНДІЛЕРІН ТАЛДАУ

«Қазақстан электролиз зауыты» АҚ жалпы қабылданған тәжірибелер мен Қазақстан Республикасының заңнамасына сәйкес жыл сайын кешенді технологиялық аудит жүргізеді. Қоршаған ортаға теріс антропогендік әсерлердің алдын алу немесе азайту үшін өндірісте ең жақсы тәжірибелер болып саналатын бірқатар техникалық шешімдер қолданылады.

Бұл мақалада «Қазақ электролиз зауыты» АҚ-ның алюминий өндірісі кезінде пайда болатын атмосфералық шығарындылар мен ағынды суларды тазарту жөніндегі іс-әрекеті талданады. Фтор қосылыстарының тазарту әдістеріне ерекше назар аударылады. Негізгі шаңтозаң-газ ұстағыш (ШГҰ) жабдығы болып жендік сүзгісі табылады, оның бірнеше түрлері қолданылады. Сүзгі материалдары ретінде инетесімді полиэстер (нейлон), полиэстер және полиэстерлі талшық қолданылады. Бұл сүзгілер өте тиімді, нақты аппараттардың ПӘК 99,3–99,4 % құрайды. Кейбір заттар концентрациясының талдауы көрсеткендей, шаңтозаң-газ ұстағышы жабдығының шығысындағы KF, NaF және Na_3AlF_6 ең төменгі концентрациясы $0,1 \text{ мг/м}^3$, ал ең жоғарысы $5,04 \text{ мг/м}^3$ екені анықталды. Алюминий өндірісінде қолданылатын шаңтозаң-газ ұстағыш жабдығын талдау қоршаған ортаға теріс әсердің минималды екенін растайды.

Зауыттағы ағынды сулармен бірге ластаушы заттардың шығарындыларын бақылау тоқсан сайын үш нүктеде келесі заттардың шығарындыдағы концентрациясына (мг/дм^3) негізделіп

жүргізіледі: қалқымалы қатты заттар, хлоридтер, сульфаттар, жалпы темір, натрий, кальций, магний, фторидтер, беттік белсенді заттар, мұнай өнімдері, алюминий, фосфаттар және аммиак, сондай-ақ су тастау көлемі (т/жыл). Буландыру тоғанына судың тасталуы екі суағар арқылы жүзеге асырылады. Деректерге сәйкес, 2022 жылы № 1 суағардан жалпы су тасталуы 21,29 тоннаны, ал № 2 суағардан 15,326 тоннаны құрады. Талдау көрсеткендей, ағынды сулардағы заттардың концентрациясы елдің нормативтік құқықтық актілерінде және нормативтік-техникалық құжаттарда белгіленген талаптарға сәйкес келеді.

Кілтті сөздер: алюминий өндірісі, фтор қосылыстары, заттардың концентрациясы, ағынды сулар, тиімді технологиялар

*К. Б. Sharipova¹, А. К. Sharipova², Sh. Zh. Arynova³,

U. D. Burkitbayeva⁴, A. E. Kereyev⁵

^{1,2,3,4,5}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 21.11.25.

Received in revised form 21.11.25.

Accepted for publication 23.12.25.

ANALYSIS OF FLUORIDE EMISSIONS AND WASTEWATER DISCHARGES IN ALUMINUM PRODUCTION

Kazakhstan Electrolysis Plant JSC conducts a comprehensive annual process audit in accordance with generally accepted practices and the legislation of the Republic of Kazakhstan. A number of technical solutions, considered best practices, are used in production to prevent or minimize negative anthropogenic impacts on the environment.

This article analyzes Kazakhstan Electrolysis Plant JSC's efforts to treat atmospheric emissions and wastewater generated during aluminum production. Particular attention is paid to methods for treating fluoride emissions. The primary dust and gas collection (DGC) equipment is a bag filter, of which several types are used. Needle-punched polyester (nylon), polyester, and polyester fiber are used as filter materials. These filters are quite effective, with an actual efficiency of 99.3–99.4 %. An analysis of the concentrations of certain substances showed that the minimum concentration of KF, NaF, and Na_3AlF_6 at the outlet of the dust and gas collection equipment is 0.1 mg/m^3 , while the maximum

is 5.04 mg/m³. Analysis of the dust and gas cleaning equipment used in aluminum production confirms minimal negative environmental impact.

Monitoring of pollutant discharges with wastewater at the plant is conducted quarterly at three points based on the concentrations of the following substances at the outlet (mg/dm³): suspended solids, chlorides, sulfates, total iron, sodium, calcium, magnesium, fluorides, surfactants, petroleum products, aluminum, phosphates, and ammonia, as well as the amount of discharges (t/year). Discharges to the evaporation pond are carried out through two outlets. According to the data, the total discharge from Outlet No. 1 in 2022 was 21.29 tons, and from Outlet No. 2, 15.326 tons. Analysis showed that the concentrations of substances in the wastewater comply with the requirements set out in the country's regulatory legal acts and normative and technical documents.

Keywords: aluminum production, fluoride compounds, substance concentrations, wastewater, efficient technologies

СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЯ»

МРНТИ 34.35.25

<https://doi.org/10.48081/FZZP1213>

***А. Н. Бильтаева¹, З. М. Сергазинова², А. В. Макаров³**

^{1,2}Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар;

³Институт систематики и экологии животных
Сибирского отделения Российской академии наук,
Российская Федерация, г. Новосибирск.

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8403-9243>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3437-8717>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1551-4939>

e-mail: azina.biltaeva@gmail.com

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ БЕРЁЗОВЫХ ЛЕСОВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

В статье рассматривается влияние климатических изменений на состояние и деградацию берёзовых лесов Северного Казахстана. Берёзовые колки, являющиеся важным элементом экосистем лесостепной зоны, выполняют водорегулирующие, защитные и климатостабилизирующие функции, однако в последние десятилетия испытывают выраженные процессы деградации. Отмечаются усыхание древостоев, снижение прироста, поражение болезнями и сокращение площади их распространения.

Исследование основано на анализе метеорологических данных РГП «Казгидромет» за 2017–2024 годы, а также на сравнении спутниковых и картографических материалов. Установлено, что ключевыми климатическими факторами деградации берёзовых экосистем являются повышение среднегодовой температуры, сокращение снежного покрова, учащение засух и изменение режима осадков. Эти процессы приводят к ослаблению древостоев, их физиологическому истощению и росту уязвимости к биотическим и антропогенным воздействиям.

Деградация берёзовых лесов носит комплексный характер и обусловлена взаимодействием климатических, гидрологических, биотических и антропогенных факторов. Показано, что изменение гидрологического режима и водного баланса экосистем усиливает негативное воздействие климатических стрессов. В заключение предложены основные направления сохранения и адаптации берёзовых лесов: системный мониторинг состояния насаждений, восстановление деградированных участков, регулирование антропогенной нагрузки, формирование защитных лесополос и развитие международного сотрудничества в сфере устойчивого управления лесами.

Результаты исследования подтверждают, что климатические изменения являются ключевым фактором деградации берёзовых экосистем Северного Казахстана и требуют комплексного подхода к их сохранению.

Ключевые слова: берёзовые леса, Северный Казахстан, климатические изменения, деградация экосистем, гидрологический режим, адаптация, устойчивое лесопользование

Введение

Берёзовые леса Северного Казахстана занимают особое место в структуре природных экосистем региона. Они представляют собой уникальные островки древесной растительности в лесостепной зоне, где преобладают степные и сельскохозяйственные ландшафты. Эти леса выполняют важные функции: регулируют водный режим и микроклимат, защищают почвы от эрозии, сохраняют биоразнообразие и одновременно имеют социально-экономическое значение как источник древесины и места рекреации. Однако в последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция деградации берёзовых массивов: фиксируется усыхание деревьев, снижение прироста, распространение болезней и вредителей. Причины этих процессов комплексны, но ключевым и усиливающим фактором выступают климатические изменения, выражающиеся в росте среднегодовой температуры, учащении засух, изменении режима осадков и экстремальных явлений. Именно климатический стресс делает берёзовые леса особенно уязвимыми и повышает воздействие других неблагоприятных факторов – пожаров, рубок, выпаса скота и болезней. В связи с этим изучение влияния климата на состояние берёзовых лесов Северного Казахстана является актуальной задачей, а цель настоящего исследования – показать

роль климатических изменений в их деградации и рассмотреть возможные пути адаптации и сохранения.

Природно-климатические условия и экологическое состояние берёзовых колков Северного Казахстана

Берёзовые леса Северного Казахстана (рисунки 1–3) имеют очаговое распространение и образуют так называемые «колки» – островные рощи, приуроченные к понижениям рельефа и более увлажнённым участкам. Основные массивы берёз встречаются в Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской и частично Павлодарской областях. Геологический фундамент региона представлен древнеаллювиальными и ледниково-аккумулятивными отложениями, перекрытыми чернозёмами и тёмно-каштановыми почвами [1; 2; 3]. Эти почвы обеспечивают высокую продуктивность, но при этом чувствительны к засухам и эрозии.



Рисунок 1 – Берёзовые колки

Климат северных областей резко континентальный: зима продолжительная и холодная, лето – тёплое и нередко засушливое. Среднегодовое количество осадков составляет 300–360 мм, из которых до 70–80% выпадает в тёплый период года [4; 5]. Для региона характерна высокая изменчивость влагообеспеченности: чередование влажных и сухих лет. Современные наблюдения Казгидромета фиксируют рост среднегодовой температуры и учащение засух, что усиливает уязвимость берёзовых рощ [4]. В связи с этими изменениями на рисунке 2 мы можем наблюдать как увеличиваются сухостойные деревья и сокращаются площади берёзовых колков.



Рисунок 2 – Экологическое состояние берёзовых колок, 2025 год



Рисунок 3 – Распределение берёзовых колок

Берёза повислая (*Betula pendula* Roth) – одна из основных древесных пород лесостепной зоны Северного Казахстана. Этот вид отличается высокой экологической пластичностью, способностью быстро заселять нарушенные участки и восстанавливаться после пожаров. Берёза светолюбива, хорошо растёт на плодородных и умеренно влажных почвах, однако плохо переносит длительные засухи и застой влаги. Средняя продолжительность жизни берёзы составляет 70–100 лет, но при неблагоприятных условиях этот срок сокращается. Поверхностная корневая система делает растение зависимым от атмосферных осадков и уровня грунтовых вод, что объясняет высокую чувствительность к изменениям климата. Берёзовые колки играют

значительную экологическую роль: они способствуют накоплению влаги, препятствуют эрозии почв, улучшают микроклимат и служат убежищем для многих видов животных и растений. В ландшафтной структуре северных областей Казахстана берёзовые рощи выполняют водорегулирующую, защитную и рекреационную функции [1; 3; 6; 7].

По данным местных наблюдений, в 2022 г. отмечался избыточный уровень влаги и по воде пошло быстрое распространение бактериальной водянки. Следует отметить, что аналогичные тенденции наблюдаются и в прилегающих регионах Российской Федерации, в частности в Омской и Курганской областях, где берёзовые леса также испытывают давление климатических изменений [8].

Основными возбудителями бактериальной водянки считаются представители родов *Erwinia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, развивающиеся в анаэробных условиях, возникающих внутри заболонных и сердцевинных тканей. Бактерии продуцируют углекислый газ и органические кислоты, что вызывает повышение внутреннего давления и последующее вытекание жидкости через трещины коры [9].

Гидрологическая сеть Северного Казахстана включает реки Ишим и Тобол с притоками, а также многочисленные малые озёра и временные водотоки [10]. Они играют ключевую роль в поддержании влаги в пониженных местах, где сосредоточены берёзовые рощи. Для региона характерны также заболоченные территории, особенно в низинных местах, что оказывает существенное влияние на водный режим и условия произрастания лесных массивов. В таких условиях берёзы занимают преимущественно участки с хорошим водооттоком, где не застаивается влага, избегая избыточного переувлажнения. В годы с достаточным количеством осадков и талых вод в таких понижениях создаются благоприятные условия для роста деревьев, но во время засух уровень грунтовых вод падает, что вызывает усыхание и деградацию лесных участков [5; 10]. Следовательно, состояние гидрологической сети напрямую определяет судьбу берёзовых колок. Даже незначительное понижение уровня грунтовых вод в засушливые годы приводит к массовому усыханию, а избыток влаги в годы гумидизации – к развитию болезней. Это делает берёзу особенно уязвимой по сравнению с другими древесными породами региона. Деградация берёзовых колок представляет собой комплексное явление, обусловленное действием климатических, биотических и антропогенных факторов [6; 7].

Климатические причины включают повышение среднегодовой температуры, сокращение снежного покрова, снижение количества осадков и рост продолжительности засушливых периодов. Изменения гидрологического

режима приводят к понижению уровня грунтовых вод и пересыханию почв. Берёзы, особенно молодые, страдают от водного дефицита, что выражается в усыхании верхушек и крон [4; 5; 6]. Биотические факторы проявляются через поражение деревьев болезнями и вредителями. Ослабленные климатическим стрессом растения становятся уязвимыми к бактериальной водянке, грибковым инфекциям и стволовым вредителям. Поражение инфекциями часто становится вторичным следствием неблагоприятных погодных условий [3; 7]. Антропогенные факторы усиливают естественные процессы деградации. К ним относятся незаконные рубки, выжигание травы, чрезмерный выпас скота, уплотнение почв и освоение земель под сельское хозяйство. Эти воздействия нарушают почвенно-гидрологические условия, приводя к эрозии и истощению экосистем. По данным РГП «Казгидромет», среднегодовая температура в регионе повысилась более чем на 1,5 °C, что существенно влияет на водный баланс экосистем [11; 12].

Сокращение снежного покрова снижает защиту почв от промерзания, особенно на открытых участках. Весенние оттепели, сменяющиеся заморозками, приводят к повреждению корневых систем и трещинам в стволах. Летом деревья страдают от дефицита влаги и перегрева, что вызывает физиологическое ослабление и снижает устойчивость к болезням. В условиях засухи нарушается баланс между поступлением и расходом влаги, снижается прирост древесины и уменьшается количество листьев. На отдельных участках наблюдается полное усыхание древостоев. Таким образом, деградация берёзовых колков — это проявление несоответствия между изменяющимся климатом и экологическими потребностями вида. Изучение деградации берёзовых экосистем основывается на комплексном подходе, включающем анализ климатических, гидрологических и биологических данных. Научные исследования (Шульгин, 2020; Воробьёв, 2019) подтверждают, что устойчивость берёзовых лесов тесно связана с водным режимом и температурными колебаниями [4; 5; 6; 7].

Для оценки состояния древостоев используются наземные наблюдения: измерение плотности, определение доли сухостоя, мониторинг болезней и изучение почвенной влажности. Полученные данные позволяют выявлять тенденции деградации и разрабатывать меры по сохранению лесных экосистем. Современные стратегии сохранения берёзовых колков включают восстановление деградированных участков, ограничение антропогенной нагрузки, формирование защитных лесополос и контроль за пожарами. Важное значение имеет также международное сотрудничество в рамках программ адаптации лесного хозяйства к изменению климата [8; 11; 12].

Материалы и методы

Объектом исследования являлись берёзовые колки Северного Казахстана, отличающиеся очаговым распространением и высокой чувствительностью к климатическим изменениям.

Для анализа были использованы данные РГП «Казгидромет» за 2017–2024 гг., размещённые на официальном сайте. [4] Рассматривались следующие климатические параметры:

- средняя температура воздуха;
- минимальная и максимальная точка росы;
- парциальное давление водяного пара;
- скорость ветра;
- количество атмосферных осадков;
- относительная влажность воздуха;
- дефицит насыщения;
- высота снежного покрова.

Методика включала сравнительный анализ динамики климатических показателей по годам и сезонам, что позволило выявить тенденции изменения температуры, влагообеспеченности и снежного покрова. Дополнительно учитывалась межгодовая изменчивость, так как именно резкие колебания климатических условий оказывают наибольшее влияние на устойчивость берёзовых экосистем.

Отдельное внимание уделялось работе с картографическими материалами. По спутниковым картам и схемам распределения берёзовых колков (Google Earth, топографические карты) проводился визуальный анализ пространственной динамики. Сравнение картографических данных с метеонаблюдениями позволило выявить зоны с наиболее выраженными изменениями — деградацией древостоев в засушливые годы, заболачиванием в периоды избыточной влаги и сокращением снежного покрова.

Таким образом, сочетание статистических данных Казгидромета и картографического анализа обеспечило комплексный подход к оценке влияния климатических факторов на деградацию берёзовых колков Северного Казахстана.

Результаты и обсуждение

На фотографиях ниже (рисунки 4–5) наблюдаются изменения водности озер Северного Казахстана. При сравнении 1993 г. и 2025г. мы видим то, как в местных озерах увеличивается уровень воды. Сравнение спутниковых изображений разных лет (Google Earth) позволяет более детально проследить динамику состояния берёзовых лесов и водных объектов региона. Во-первых, спутниковые карты фиксируют изменение площади водных объектов:

одни озёра заметно увеличили свою акваторию (проявление процессов гумидизации), тогда как часть малых озёр полностью пересохла в засушливые годы. Это подтверждает высокую неустойчивость водного режима Северного Казахстана. Во-вторых, карты наглядно демонстрируют мозаичность изменений: в понижениях рельефа наблюдается заболачивание и вытеснение берёзы влаголюбивыми видами, а на возвышенностях и сухих участках – усыхание и сокращение площади роц. Таким образом, процессы деградации носят очаговый характер и зависят от сочетания климатических факторов и локальных гидрологических условий. Использование спутниковых данных позволяет не только подтвердить наблюдаемые в полевых условиях изменения, но и выявить тенденции, незаметные без дистанционного мониторинга. Это делает метод дистанционного зондирования Земли важным инструментом для прогноза будущего состояния берёзовых лесов и выработки мер по их сохранению [8; 10]

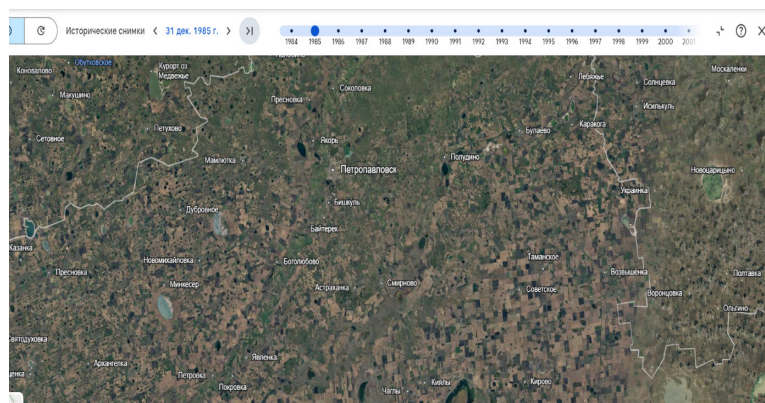


Рисунок 4 – Спутниковый снимок 1993 года.

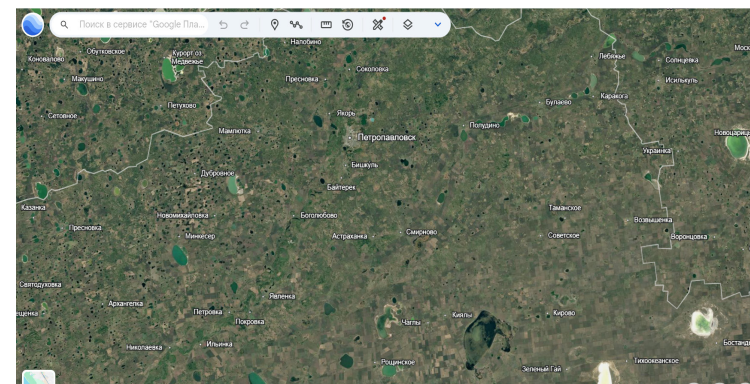


Рисунок 5 – Спутниковый снимок 2025 года.

Растительный покров региона характеризуется чередованием берёзовых и осиновых роц с участками степи. Древостой представлен берёзой повислой (*Betula pendula*), местами встречается осина и ивняк. Подлесок образуют черёмуха, рябина, калина, шиповник, а травянистый ярус включает злаково-разнотравные виды (ковыль, костёр, полынь, василёк). Такое сочетание делает берёзовые массивы типичным элементом лесостепного ландшафта, но и одновременно очень чувствительным к изменениям климата.

Анализ климатических условий Северного Казахстана (2017–2024 гг.)

Анализ метеорологических данных за 2017–2024 гг. показывает, что климат региона характеризуется высокой изменчивостью и усилением экстремальных явлений.

Разница между самой холодной зимой (2018 г., -22°C) и самой тёплой (2023–2024 гг., $-7...-8^{\circ}\text{C}$) составила около $14-15^{\circ}\text{C}$, что подтверждает тенденцию к смягчению зим и сокращению периода устойчивых морозов. Для берёзовых лесов это двойственная ситуация: с одной стороны, более мягкие зимы уменьшают глубину промерзания почв и снижают риск повреждения корневых систем; с другой стороны, учащение оттепелей приводит к потере закалённости и росту зимних повреждений. Таким образом, график демонстрирует, что именно нестабильность и резкие перепады температур, а не только общее потепление, становятся ключевым фактором деградации берёз. (рисунок 6).

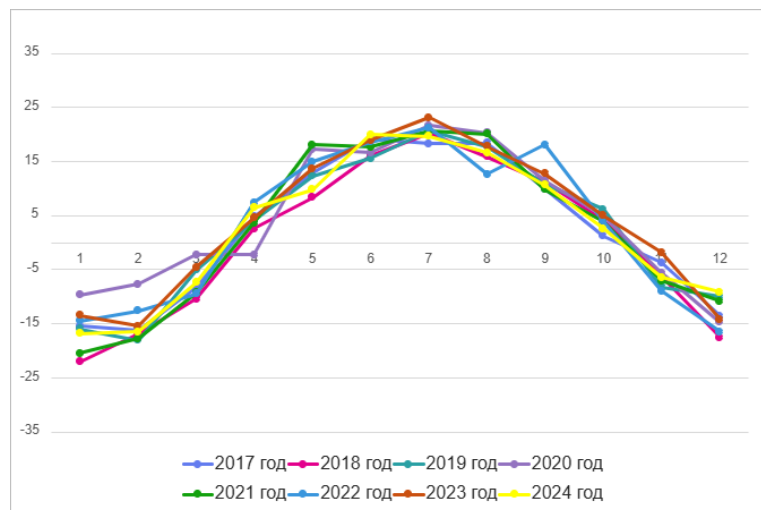


Рисунок 6 – Динамика температур 2017–2024 года.

Толщина снежного покрова за последние годы сократилась с 52 см (2017 г.) до 15–25 см (2023–2024 гг.), что указывает на выраженную тенденцию к уменьшению естественной защиты почвы. Для берёзовых лесов это критично: недостаточный снежный покров оставляет корневую систему и нижнюю часть ствола без теплоизоляции, что увеличивает вероятность подмерзания. Особенно опасным становится сочетание малоснежных зим с резкими температурными колебаниями. Таким образом, график подтверждает, что снижение снежного покрова напрямую подрывает устойчивость молодых берёзовых насаждений и повышает риск их гибели. (рисунок 8).

Годовое количество осадков варьировало от 330 мм (2019 г.) до 520 мм (2022 г.), что составляет почти 60 % колебаний. Такая изменчивость указывает на нестабильность климатической системы региона. Для берёзовых лесов это означает чередование двух стрессовых состояний: в засушливые годы наблюдается падение уровня грунтовых вод и массовое усыхание деревьев, а в периоды избыточных осадков – застой влаги и развитие заболеваний, в частности бактериальной водянки. Таким образом, график подтверждает, что ключевой угрозой для берёз является не только общее снижение количества влаги, но и его резкие колебания, которые делают экосистему крайне уязвимой к климатическим изменениям. (рисунок 7).

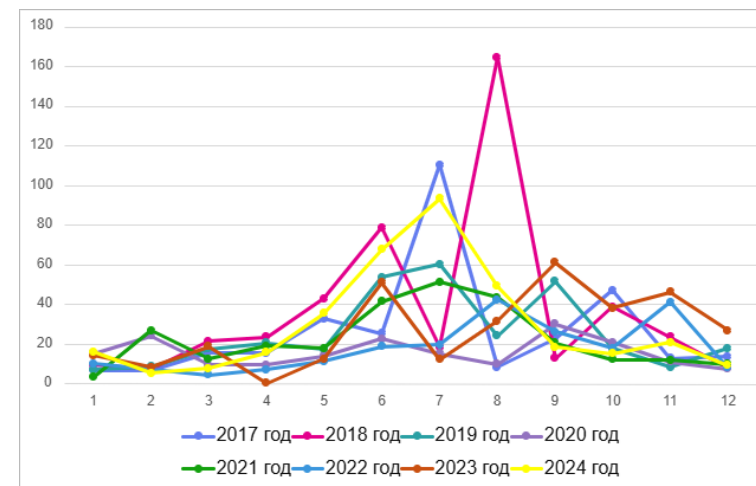


Рисунок 7 – Динамика осадков за сутки 2017–2024 года.

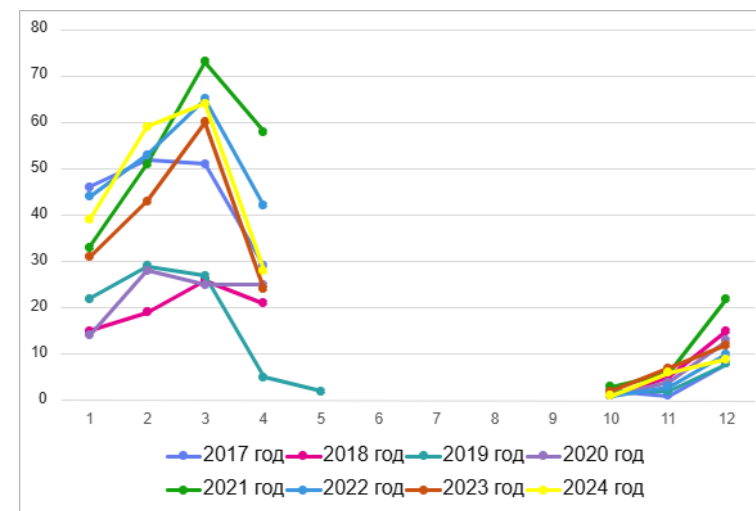


Рисунок 8 – Динамика снежного покрова 2017–2024 года.

Относительная влажность воздуха держалась в пределах 70–80 %, однако в 2021–2023 гг. в летние месяцы снижалась до 60–65 %. Дефицит насыщения в этот период превышал 10–12 гПа, что указывает на высокую

испаряемость и сухость воздуха. Для берёзовых лесов такие условия ведут к физиологическому истощению.

Средняя скорость колебалась от 2 до 5 м/с, при этом в весенние и осенние периоды отмечались порывистые ветры. Они способствовали ускоренному иссушению почв и усиливали транспирацию.

Таким образом, в 2017–2024 гг. климат Северного Казахстана демонстрирует чёткую тенденцию к потеплению и росту климатической контрастности. Для берёзовых лесов это выражается в сокращении снежного покрова, увеличении числа жарких и засушливых летних периодов, колебаниях влагообеспеченности. Эти факторы способствуют ослаблению древостоев, снижению их продуктивности и повышению уязвимости к вредителям и болезням таким как бактериальная водянка.

Выводы

Деградация берёзовых лесов под воздействием климатических изменений – это региональное проявление глобальной экологической проблемы, связанной с уязвимостью лесных экосистем в условиях изменения климата. В Северном Казахстане рост температур, учащение засух, сокращение снежного покрова и процессы частичной гумидизации климата приводят к ослаблению древостоев, их поражению болезнями и постепенному вытеснению берёзы другими видами. Для противодействия этим процессам необходим системный подход: регулярный мониторинг состояния лесов, изучение адаптационного потенциала берёзы, внедрение программ лесовосстановления и устойчивого управления. Особое значение имеют практические меры – создание защитных лесополос, контроль за пожарами, ограничение выпаса скота и поддержание водного баланса в условиях усиливающейся гумидизации. Поскольку схожие процессы наблюдаются и в сопредельных регионах России, важно развивать международное сотрудничество и обмен опытом. Сохранение берёзовых лесов как важного элемента природного наследия Северного Казахстана возможно только при комплексных усилиях учёных, государства и общества

Список использованных источников

- 1 Чеботарёв, А. А. (ред.) Лесостепная зона Казахстана: экология, почвы и растительность. – Алматы : Гылым, 2019. – 256 с.
- 2 Қазақ энциклопедиясы. Северо-Казахстанская область: энциклопедия. – Алматы, 2004. – 512 с.
- 3 Байтен, И. В. (ред.) Растительность Казахстана. Том 3. Лесные экосистемы. – Алматы : Наука, 2018. – 384 с.

4 Казгидромет. Климатический обзор Северо-Казахстанской области. – Астана : РГП «Казгидромет», 2023. – 42 с.

5 Министерство экологии и природных ресурсов РК. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 год. – Астана, 2023. – 180 с.

6 Шульгин, А. М. Изменение климата и динамика лесов Северной Евразии. – М. : Наука, 2020. – 288 с.

7 Воробьёв, Ю. С. Экология берёзовых лесов Евразии. – Новосибирск : Сибирское отделение РАН, 2019. – 352 с.

8 Европейский лесной институт. Леса России и изменение климата. – 2021. – 24 с. URL: https://efi.int/sites/default/files/files/publicationbank/2021/RUFORCLIM_Task1_brief_FINAL_RU.pdf (дата обращения: 23.09.2025).

9 Hamilton, W. D. Wetwood and Slime Flux in Landscape Trees. – Journal of Arboriculture, 1980.

10 КазНИИ водного хозяйства. Северо-Казахстанская область: гидрологическая характеристика рек и озёр. – Алматы, 2020. – 95 с.

11 ПРООН в Казахстане. Руководство по лесам высокой природоохранной ценности Казахстана. – Астана, 2021. – 140 с.

12 Комитет лесного хозяйства и животного мира МСХ РК. Государственный лесной кадастр Республики Казахстан. – Астана, 2022. – 200 с.

References

- 1 Chebotarev A. A. Lesostepnaya zona Kazakhstan: ekologiya, pochvy i rastitelnost' [Forest-steppe zone of Kazakhstan: ecology, soils and vegetation] – Almaty : Gylm, 2019. – 256 p.
- 2 Severo-Kazakhstanskaya oblast' : entsiklopediya [North Kazakhstan Region: Encyclopedia]. – Almaty : Qazaq entsiklopediiasy, 2004. – 512 p.
- 3 Baiten I. V. Rastitelnost' Kazakhstan. Tom 3. Lesnye ekosistemy [Vegetation of Kazakhstan. Vol. 3. Forest ecosystems] – Almaty : Nauka, 2018. – 384 p.
- 4 Kazgidromet. Klimaticheskiy obzor Severo-Kazakhstanskoy oblasti [Climatic review of the North Kazakhstan region]. – Astana : RGP «Kazgidromet», 2023. – 42 p.
- 5 Natsionalnyy doklad o sostoyanii okruzhayushchey sredy i ispolzovanii prirodnikh resursov Respubliki Kazakhstan za 2022 god [National report on the state of the environment and the use of natural resources of the Republic of

Kazakhstan for 2022]. – Astana : Ministry of Ecology and Natural Resources RK, 2023. – 180 p.

6 **Shulgin A. M.** Izmenenie klimata i dinamika lesov Severnoy Evrazii [Climate change and forest dynamics of Northern Eurasia]. – Moscow : Nauka, 2020. – 288 p.

7 **Vorobyov Yu. S.** Ekologiya beryozovykh lesov Evrazii [Ecology of birch forests of Eurasia]. – Novosibirsk : Siberian Branch of RAS, 2019. – 352 p.

8 Lesa Rossii i izmenenie klimata [Forests of Russia and climate change]. European Forest Institute, 2021. – 24 p. URL: https://efi.int/sites/default/files/files/publicationbank/2021/RUFORCLIM_Task1_brief_FINAL_RU.pdf (accessed: 23.09.2025).

9 **Hamilton W. D.** Wetwood and Slime Flux in Landscape Trees. – Journal of Arboriculture, 1980.

10 Severo-Kazakhstanskaya oblast': gidrologicheskaya kharakteristika rek i ozer [North Kazakhstan Region: hydrological characteristics of rivers and lakes] / Kazakh Research Institute of Water Management. – Almaty, 2020. – 95 p.

11 Rukovodstvo po lesam vysokoy prirodookhrannoy tsennosti Kazakhstana [Manual on high conservation value forests of Kazakhstan]. – Astana : UNDP in Kazakhstan, 2021. – 140 p.

12 Gosudarstvennyy lesnoy kadastr Respubliki Kazakhstan [State Forest Cadastre of the Republic of Kazakhstan]. – Astana : Committee of Forestry and Wildlife, Ministry of Agriculture RK, 2022. – 200 p.

Поступило в редакцию 11.11.25.

Поступило с исправлениями 17.11.25.

Принято в печать 23.12.25.

*А. Н. Бильтаева¹, З. М. Сергазинова², А. В. Макаров³

^{1,2}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

³Ресей ғылым академиясының Сібір бөлімшесінің жануарларды жүйелеу және экология институты, Ресей Федерациясы, Новосибирск қ.

11.11.25 ж. баспаға түсті.

17.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

23.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

КЛИМАТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕР СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҚАЙЫҢ ОРМАҢДАРЫНЫҢ ДЕГРАДАЦИЯСЫНЫҢ НЕГІЗГІ ФАКТОРЫ РЕТІНДЕ

Мақалада климаттық өзгерістердің Солтүстік Қазақстанның қайың ормандарының жай-күйі мен деградациясына әсері қарастырылады. Орманды-дала аймағының экожүйелерінің маңызды элементі болып табылатын қайың шоқтары суды реттейтін, қорғайтын және климатты тұрақтандыратын функцияларды орындайды, бірақ соңғы онжылдықтарда олар айқын деградация процестерін бастан кешіруде. Ағаштардың кебуі, өсудің төмендеуі, аурулардың зақымдануы және олардың таралу аймағының қысқаруы байқалады.

Зерттеу «Қазгидромет» РМК-ның 2017–2024 жылдардағы метеорологиялық деректерін талдауға, сондай-ақ спутниктік және картографиялық материалдарды салыстыруға негізделген. Қайың экожүйелерінің деградациясының негізгі климаттық факторлары орташа жылдық температураның жоғарылауы, қар жамылғысының төмендеуі, құрғақшылықтың жоғарылауы және жауын-шашынның өзгеруі болып табылады. Бұл процестер ағаштардың әлсіреуіне, олардың физиологиялық сарқылуына және биотикалық және антропогендік әсерлерге осалдықтың өсуіне әкеледі.

Қайың ормандарының деградациясы күрделі және климаттық, гидрологиялық, биотикалық және антропогендік факторлардың өзара әрекеттесуіне байланысты. Экожүйелердің гидрологиялық режимі мен су балансының өзгеруі Климаттық стресстің теріс әсерін күшейтетіні көрсетілген. Қорытындылай келе, қайың ормандарын сақтау мен бейімдеудің негізгі бағыттары ұсынылды: екпелердің жай-күйіне жүйелі мониторинг жүргізу, тозған учаскелерді қалпына келтіру, антропогендік жүктемені реттеу, қорғаныш орман белдеулерін қалыптастыру және ормандарды тұрақты басқару саласындағы халықаралық ынтымақтастықты дамыту.

Зерттеу нәтижелері климаттық өзгерістер Солтүстік Қазақстанның қайың экожүйелерінің деградациясының негізгі факторы болып табылатынын және оларды сақтауға кешенді көзқарасты талап ететінін растайды.

Кілтті сөздер: қайың ормандары, Солтүстік Қазақстан, климаттың өзгеруі, экожүйелердің деградациясы, гидрологиялық режим, бейімделу, тұрақты орман пайдалану.

*A. N. Biltayeva¹, Z. M. Sergazinova², A. V. Makarov³

^{1,2}Toraigyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

³Institute of Systematics and Ecology
of Animals, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences,
Russian Federation, Novosibirsk.

Received 11.11.25.

Received in revised form 17.11.25.

Accepted for publication 23.12.25.

CLIMATE CHANGE AS A KEY FACTOR IN THE DEGRADATION OF BIRCH FORESTS IN NORTHERN KAZAKHSTAN

The article discusses the impact of climate change on the condition and degradation of birch forests in Northern Kazakhstan. Birch forests, which are an important element of the forest-steppe zone ecosystems, perform water-regulating, protective, and climate-stabilizing functions, but in recent decades they have been undergoing significant degradation processes. There has been a noticeable drying out of tree stands, a decline in growth, disease damage, and a reduction in their distribution area.

The study is based on an analysis of meteorological data from the Kazhydromet State Agency for 2017–2024, as well as a comparison of satellite and cartographic materials. It has been established that the key climatic factors contributing to the degradation of birch ecosystems are an increase in the average annual temperature, a reduction in snow cover, more frequent droughts, and changes in precipitation patterns. These processes lead to the weakening of tree stands, their physiological depletion, and increased vulnerability to biotic and anthropogenic impacts.

The degradation of birch forests is complex in nature and is caused by the interaction of climatic, hydrological, biotic, and anthropogenic factors. It has been shown that changes in the hydrological regime and water balance of ecosystems exacerbate the negative impact of climatic stresses. In conclusion, the main directions for the conservation and adaptation of birch forests are proposed: systematic monitoring of the condition of plantations, restoration of degraded areas, regulation of anthropogenic pressure, formation of protective forest belts, and development of international cooperation in the field of sustainable forest management.

The results of the study confirm that climate change is a key factor in the degradation of birch ecosystems in Northern Kazakhstan and requires a comprehensive approach to their conservation.

Keywords: birch forests, Northern Kazakhstan, climate change, ecosystem degradation, hydrological regime, adaptation, sustainable forest management.

<https://doi.org/10.48081/FTFM2921>

*A. E. Magzamov

1 Aktogay-Agro LLP,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar region, Aktogay district,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9918-1506>

*e-mail: Adilmagzamov1@gmail.com

COMPARATIVE LETTUCE CULTIVATION METHODS IN OPEN FIELD CONDITIONS

*Abstract: this article presents a comparative model of cultivation methods for three varieties of lettuce (*Lactuca sativa*), developed based on open-field experimental experience and the analysis of foreign agrotechnical sources. The study explores agrobiological and methodological aspects of the cultivation process. The model includes methodological, technological, and visual-analytical levels – from variety selection and lighting conditions to the recording of results in tables and photographic materials. It reflects the principles of adaptive crop production, resource conservation, and a practice-oriented approach to agrotechnics under limited conditions.*

In the results visualization section, a system of photo documentation and tabular data is proposed to illustrate plant development dynamics, enabling an assessment of the effectiveness of the applied methods. The presented model is aimed at further improving open-field agrotechnologies and can be used for educational and research purposes.

Additionally, the study emphasizes the importance of sustainable practices, local adaptation, and interdisciplinary integration in small-scale agricultural systems under climate variability.

Keywords: cultivation methods, agrotechnics, comparative analysis, photo documentation, soil conditions

Introduction

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is one of the most important leafy vegetable crops, widely cultivated across various agroclimatic zones. It is distinguished by its rapid growth, biological value, and dietary properties, making it a highly demanded component of human nutrition and a promising subject for agrotechnical research [1].

An open-field lettuce cultivation experiment, based on accessible materials and observational data, can serve as an empirical foundation for evaluating the applicability and effectiveness of agrotechnical practices. At the same time, foreign sources offer standardized methodologies tested in scientific and commercial settings, enabling comparative analysis and the identification of optimal strategies.

This study focuses on a comparative examination of lettuce cultivation methods, drawing on data obtained during the experiment and information from international scientific publications.

The aim of the research was to compare the effectiveness of three different lettuce varieties under identical growing conditions, followed by a comparison of the results with foreign agrotechnological practices. The analysis includes a description of the cultivation conditions, the varieties used, soil types, lighting and irrigation regimes, as well as the recording of visual and quantitative results.

Materials and Methods

The lettuce cultivation experiment was conducted in open soil in the city of Ekibastuz from May to July 2025. The total cultivation cycle lasted 50 days – from sowing to harvest. The following varieties were grown: Iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*) – a head-forming variety characterized by a dense structure and high heat resistance; Oak leaf lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) – a leafy variety with characteristically lobed leaves; Red Romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) – a leafy variety with elongated purple leaves, resistant to temperature fluctuations.

The cultivation site was an open garden bed without the use of a greenhouse. The soil contained a universal substrate based on peat and coconut fiber. Pesticides were applied to protect against insect pests, following the dosage instructions provided by the manufacturer. Irrigation was performed manually on a daily basis, with increased volume on hot days to account for moisture evaporation. Lighting was entirely natural, without the use of artificial lamps.

Plant growth was monitored visually and by measuring height (in centimeters) at various developmental stages. For each variety, the following parameters were recorded: growth rate (days to technical maturity), resistance to external factors (heat, pests), visual characteristics (leaf color and shape), and yield (by mass and volume of leaf biomass). Photographic documentation was carried out at all stages – from seedling emergence to harvest.



Figure 1 – Oak Leaf Lettuce on Day 45 of Growth



Figure 2 – Red Romaine Lettuce on Day 50 of Growth



Figure 3 – Iceberg Lettuce on Day 40 of Growth

As shown in Figures 1–3, all three lettuce varieties reached a height of 20–25 cm between days 40 and 50 of growth. Cultivation was carried out on a grass-based substrate.

Results and Discussion

The experiment yielded data on the growth, resilience, and visual characteristics of three lettuce varieties: Iceberg, Oak Leaf, and Red Romaine. All plants reached technical maturity within 50 days under stable lighting conditions, regular manual irrigation, and the use of a commercial substrate. A comparative table of parameters is presented in Table 1.

Table 1 – Comparison of Lettuce Biometric Data

Lettuce Variety	Height (cm)	Time to Maturity (days)	Heat Resistance	Visual Characteristics	Notable Features
Iceberg	~25	50	Moderate	Dense head, broad leaves, local discoloration spots observed. Leaf count 20.	Slow growth, sensitive to overheating

Oak (leaf)	~30	45–50	High	Lobed, deep green leaves. Leaf count: 18–22.	Fast growth, tolerates heat well
Red Romaine	~25	50	High	Elongated leaves with a purple hue. Leaf count: 20.	Aesthetically expressive, pest-resistant

Visual Observations: Red Romaine demonstrated the most stable growth and highest ornamental value. Its leaves retained a rich color even under high temperatures. Oak Leaf lettuce proved to be the most heat-resistant: its leaves maintained turgor even after several consecutive hot days. Iceberg formed a dense head but was more sensitive to overheating and required increased irrigation.

The results confirm that under open-field conditions (garden bed), with natural lighting and manual irrigation, leafy lettuce varieties (Oak and Romaine) exhibit greater resilience and adaptability compared to the head-forming Iceberg. This aligns with data from international sources, where leafy varieties are recommended for low-intensity farming and resilient agricultural systems [2; 3].

In conventional agriculture, lettuce protection is typically carried out through preventive pesticide treatments up to eight applications during the entire cultivation period. Such frequent use reduces ecosystem services and may also lower product quality and contribute to pest resistance. The use of chemical insecticides did not negatively affect plant growth in this experiment; however, organic alternatives are recommended for longer cultivation cycles [4].

Compared to international data (Reis et al., 2014), the use of organic compost demonstrates more consistent results in terms of lettuce growth and quality than mineral or commercial substrates. In this experiment, a commercial substrate was used, which ensured stable growth but did not show advantages in moisture retention or soil biological activity [5].

Manual irrigation was employed during cultivation, providing stable growth for the leafy lettuce varieties (Oak and Romaine), but showing limited effectiveness for Iceberg, which is sensitive to overwatering. In comparison with the findings of Santosh et al. (2022) and Dlamini et al. (2019), drip irrigation ensures more uniform moisture distribution and increases yield [6; 7].

A comparative analysis of lettuce cultivation methods is presented in Table 2 [8; 9].

Table 2 – Comparative Analysis of Foreign and Kazakhstani Lettuce Cultivation Methods

Parameter	Poland	Kazakhstan	Experimental Conditions
Soil Type	Organic compost	Mineral mixtures and open field	Commercial universal substrate
Fertilizers	Biological: bacterial inoculants, mycorrhizal fertilizers, seaweed extracts, humates	Chemical: nitrogen, phosphorus, potassium-based mineral fertilizers.	Chemical pesticides for pest control
Irrigation	Drip, automated	Manual	Manual
Varieties	Leafy, resilient	Head-forming	Iceberg, Oak Leaf, Red Romaine
Heat Resistance	High under organic conditions	Moderate	High for Oak and Romaine

In recent years, there has been growing interest in sustainable and adaptive cultivation methods in both Eastern Europe and Central Asia. Agriculture in Poland, for example, demonstrates a steady transition toward organic and biologically balanced practices.

According to the study by Yu et al. (2024), intercropping, the use of compost, humates, and biostimulants have become widespread. These approaches contribute to improved soil structure, reduced dependence on mineral fertilizers, and enhanced plant resilience to stress factors [2].

Particular attention is given to leafy lettuce varieties such as Oak Leaf and Romaine, which adapt well to drip irrigation and organic substrates. Polish farmers actively employ automated irrigation systems and regulate greenhouse microclimates, enabling stable yields with minimal intervention.

In Kazakhstan, traditional open-field lettuce cultivation methods prevail, typically involving the use of mineral fertilizers. As shown in the meta-analysis by Ishfaq et al. (2023), such fertilizers can enhance the nutritional value of vegetable crops, including lettuce, provided that dosage and application timing are strictly controlled. However, high temperatures, arid climate conditions, and limited access to organic resources pose challenges for cultivation [3].

On average, fertilizer application in Kazakhstan amounts to 5 kg per hectare, whereas the agronomic norm is up to 100 kg per hectare. In southern regions, the

rate reaches up to 30 kg/ha, while in northern areas it remains around 5 kg/ha. The structure of fertilizer use is illustrated in Figure 4 [10].

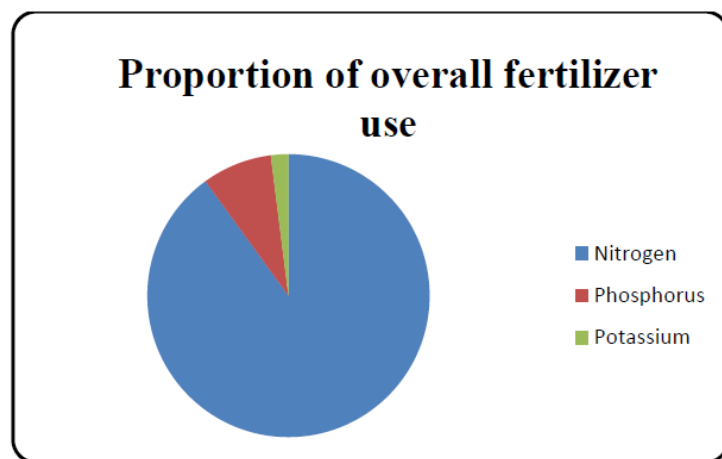


Figure 4 – Structure of Mineral Fertilizer Use in Kazakhstan [10]

Kazakhstani farmers tend to favor head-forming lettuce varieties such as Iceberg, which require more intensive care, especially during the head formation stage. Irrigation is typically manual or performed using basic systems, while pest control relies primarily on chemical agents. In the southern regions of Kazakhstan, surface irrigation predominates, which reduces water use efficiency. Drip irrigation covers only 26 % of all modern systems [11].

Conclusion

The comparative analysis indicates that cultivation methods used in Poland are oriented toward sustainability, ecological balance, and automation, making them promising for adaptation in household-scale agriculture. In contrast, Kazakhstani practices rely on mineral inputs and require more intensive management. Open-field experience confirms the effectiveness of leafy lettuce varieties under minimal resource conditions, opening avenues for further research into small-scale agro-systems and sustainable farming.

The analysis showed that commercial substrates provide a basic nutritional medium but are inferior to organic compost in terms of biological activity and moisture retention. Manual irrigation yields acceptable results but is less efficient compared to drip and automated systems, especially under limited water

availability. Lettuce varieties adapted to arid climates demonstrate resilience under minimal input conditions, as confirmed by Kazakhstani agronomic practices.

To ensure successful lettuce cultivation in Kazakhstan, it is necessary to modernize irrigation systems by transitioning to drip irrigation. The reliance on mineral fertilizers should be reduced, while the role of organic compost should be increased.

References

- 1 Mavlyanova, R. F., Mengniyozov, Zh. M. Specific features of the chemical composition of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars under conditions of Uzbekistan // Scientific Journal. – 2024. – No. 155. – P. 45–49.
- 2 Yu, R. P., Zhang, Y., Li, L., Brooker, R. W., Li, X. Intercropping: ecosystem functioning and sustainable agriculture // Plant and Soil. – 2024. – Vol. 493. – P. 1–24.
- 3 Ishfaq, M., Hussain, S., Ali, A., Khan, M. B., Wang, J. Improvement of nutritional quality of food crops with fertilizer: a global meta-analysis // Agronomy for Sustainable Development. – 2023. – Vol. 43, No. 4. – Article 72.
- 4 Barrière, V., Lecompte, F., Nicot, P. C., Maisonneuve, B., Tchamitchian, M., Lescourret, F. Lettuce cropping with less pesticides. A review // Agronomy for Sustainable Development. – 2014. – Vol. 34. – P. 175–198.
- 5 Reis, M., Coelho, L., Beltrão, J., Domingos, I., Moura, M. Comparative effects of inorganic and organic compost fertilization on lettuce (*Lactuca sativa* L.) // Acta Horticulturae. – 2014. – Vol. 1038. – P. 365–372.
- 6 Santosh, D. T., Natraj, K., Kumar, K.P., Kumar, K.S., Sagar, L. Evaluating the impact of drip irrigation on lettuce yield in polyhouse and field conditions // International Journal of Bioresource Science. – 2022. – Vol. 9. – No. 2. – P. 78–83.
- 7 Dlamini, M. V., Khumalo, T. Comparing the performance of a home-made bottle drip to a commercial drip system in lettuce production // International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. – 2019. – Vol. 4. – No. 8. – P. 14–20.
- 8 Liu, Z., Xu, Q. An automatic irrigation control system for soilless culture of lettuce // Water. – 2018. – Vol. 10. No. 11. – Article 1692.
- 9 Helmy, H. S., Abuarab, M. E., Abdeldaym, E. A., Abdelaziz, S. M., Abdelbaset, M. M., Dewedar, O. M., Molina-Martinez, J. M., El-Shafie, A. F., Mokhtar, A. Field-grown lettuce production optimized through precision irrigation water management using soil moisture-based sensors // Irrigation Science. – 2024. – Vol. 43. – P. 1045–1070.

10 **Eleshev, R. E.** The state of soil fertility in Kazakhstan and the strategy for applying mineral fertilizers. Soil Science and Agrochemistry. – 2015. – No. 3. – P. 12–17.

11 **Usayeva, A. B.** Improving the efficiency of irrigated land use in the agricultural sector of Southern Kazakhstan // Eurasian Science Review. – 2024. – No. 1. – P. 45–52.

Received 18.11.25.

Received in revised form 19.11.25.

Accepted for publication 02.12.25.

*А. Е. Магзамов

ТОО «Актоғай-Агро»,

Қазақстан Республикасы,

Павлодар облысы, Актоғай ауданы,

18.11.25 ж. баспаға түсті.

19.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

02.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

АШЫҚ ТОПЫРАҚ ЖАҒДАЙЫНДА ЖӘНЕ ШЕТЕЛДІК ДЕРЕККӨЗДЕР НЕГІЗІНДЕ САЛАТ ӨСІРУ ӘДІСТЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУІ

Бұл мақалада үш түрлі салат (*Lactuca sativa*) сорттарын өсіру әдістерінің салыстырмалы моделі ұсынылады. Модель ашық топырақтағы эксперименттік тәжірибе мен шетелдік агротехникалық дереккөздерге негізделген. Зерттеу өсіру процесінің агробиологиялық және әдістемелік аспектілерін қамтиды.

Модель сортты таңдау мен жарықтандыру жағдайларынан бастап нәтижелерді кестелер мен фотоматериалдарда тіркеуге дейінгі әдістемелік, технологиялық және визуалды-аналитикалық деңгейлерді қамтиды. Ол бейімделген егіншілік, ресурстарды үнемдеу және шектеулі жағдайларда агротехникаға бағытталған практикалық тәсіл қағидаттарын көрсетеді.

Нәтижелерді визуализациялау бөлімінде өсімдіктердің даму динамикасын көрсету үшін фотодокументация мен кестелік деректер жүйесі ұсынылады, бұл қолданылған әдістердің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Ұсынылған модель ашық топырақтағы

агротехнологияларды одан әрі жетілдіруге бағытталған және білім беру мен ғылыми мақсаттарда қолдануға болады.

Сонымен қатар, зерттеу климаттың өзгеру жағдайында шағын ауыл шаруашылық жүйелерінде тұрақты тәжірибелердің, жергілікті бейімделудің және пәнаралық интеграцияның маңыздылығын атап көрсетеді.

Кілтті сөздер: өсіру әдістері, агротехника, салыстырмалы талдау, фотодокументация, топырақ жағдайлары

*А. Е. Магзамов

ТОО «Актоғай-Агро»,

Республика Казахстан,

Павлодарская область,

Актогайский район.

Поступило в редакцию 18.11.25.

Поступило с исправлениями 19.11.25.

Принято в печать 02.12.25.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫРАЩИВАНИЯ САЛАТА В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ И НА ОСНОВЕ ЗАРУБЕЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В статье представлен сравнительный анализ методов выращивания трёх сортов салата (*Lactuca sativa*), основанный на экспериментальных данных, полученных в условиях открытого грунта, а также на анализе зарубежных агротехнических источников. Исследование охватывает агробиологические и методологические аспекты процесса выращивания. Модель включает методологический, технологический и визуально-аналитический уровни — от подбора сорта и условий освещения до фиксации результатов в таблицах и фотоматериалах. Работа отражает принципы адаптивного растениеводства, ресурсосбережения и практико-ориентированного подхода к агротехнике в условиях ограниченных ресурсов.

В разделе визуализации результатов предложена система фотодокументации и табличных данных, позволяющая отразить динамику развития растений и оценить эффективность применённых методов. Представленная модель направлена на совершенствование агротехнологий открытого грунта и может быть использована в образовательных и исследовательских целях.

Дополнительно в исследовании подчёркивается значимость устойчивых практик, локальной адаптации и междисциплинарной интеграции в маломасштабных агросистемах в условиях климатической изменчивости.

Ключевые слова: методы выращивания, агротехника, сравнительный анализ, фотодокументация, почвенные условия

FTAMP 87.53.02

<https://doi.org/10.48081/KFXN9635>**Ж. С. Муқарам¹, *Ш. Ж. Арынова²**^{1,2}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7014-5035>²ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9895-7649>*e-mail: shinar_uzh@mail.ru

ҚАТТЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ (ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫ МЫСАЛЫНДА)

Бұл мақалада Павлодар облысындағы қатты тұрмыстық қалдықтарды (ҚТҚ) басқарудың экологиялық және экономикалық аспектілері жан-жақты талданады. Урбанизацияның қарқынды дамуы, халық санының көбеюі және өнеркәсіптік өндірістің ұлғаюы аймақта қалдықтардың жыл сайын артуына себеп болып отыр. Бұл жағдай қоршаған ортаға және тұрғындардың өмір сапасына кері әсерін тигізуде. Зерттеу барысында облыс аумағындағы қалдықтардың экожүйеге ықпалы, атап айтқанда топырақтың, судың және ауаның ластану деңгейі анықталды. Сонымен қатар, қалдықтарды қайта өңдеу мен кәдеге жарату саласының экономикалық тиімділігі мен аймақтық экономикаға әсері бағаланды. Авторлар қалдықтарды басқарудың қазіргі жүйесін жетілдірудің тиімді тетіктерін ұсынады: жеке инвестицияларды тарту, қайта өңдеу инфрақұрылымын кеңейту, экологиялық мәдениетті арттыру және «жасыл экономика» қағидаттарын енгізу. Зерттеу нәтижелері қалдықтарды тиімді басқару қоршаған ортаның ластануын азайтып, жаңа жұмыс орындарын ашуға, экономикалық өсімді ынталандыруға және өңірдің тұрақты дамуын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретінін көрсетті. Сонымен бірге зерттеу нәтижелері жергілікті атқарушы органдар мен экологиялық саясатты жетілдіру үшін практикалық ұсынымдар ұсынуға негіз болады. Бұл зерттеу нәтижелері өңірлік деңгейде қалдықтарды тиімді басқарудың кеешенді стратегиясын әзірлеу және экологиялық

қауіпсіздікті арттыру бойынша болашақ ғылыми ізденістерге негіз бола алады.

Кілтті сөздер: қатты тұрмыстық қалдықтар, экологиялық тиімділік, экономикалық аспектілер, Павлодар облысы, қайта өңдеу.

Кіріспе

Соңғы онжылдықтарда өнеркәсібі дамыған елдердегі қалдықтарды басқару саясаты қалдықтардың түзілуін азайтуға және оны барынша пайдалану әдістерін әзірлеуге бағытталған елеулі өзгерістерге ұшырады. Бұл өзгерістердің негізгі қозғаушы күші қоршаған ортаның ластануы, оның халық денсаулығына кері әсері, экологиялық саясат пен заңнамадағы өзгерістер болды [1, 1420–1434-бб.; 2, 133088-б.].

Қазақстанда экономикалық дағдарысқа қарамастан, қоршаған ортаны қорғау басты басымдық болып қала береді. Мемлекет басшысы өз сөзінде 2050 жылға қарай Республиканың ұзақ мерзімді перспективада қол жеткізуі тиіс басты мақсат – болашақ ұрпақты елеулі экологиялық қауіп-қатерге ұшыратпай, қуатты мемлекетке негізделген гүлденген қоғам құру екенін атап өтті. Үкіметтің алдында «қоңыр экономикадан» «жасыл экономикаға» көшу міндеті тұр, бұл Елбасының Қазақстан халқына Жолдауында «Қазақстан 2050» жаңа стратегиясында көрсетілген мақсат. Қазақстан Республикасының «жасыл экономикаға» көшу тұжырымдамасы Қазақстан халқының әл-ауқаты мен өмір сүру сапасын арттыру және елді әлемнің ең дамыған 30 елінің қатарына қосу, сонымен бірге қоршаған ортаға әсер мен табиғи ресурстардың тозуын барынша азайту арқылы экономиканың жаңа түріне көшуге бағытталған терең жүйелі қайта құрулардың негізін қалайды [3, 225–235-бб.].

Экономикалық қызметте экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету мемлекеттің барған сайын маңызды функциясына айналууда. Қалдықтарды басқару ең күрделі экологиялық мәселелердің бірі болып табылады. Елдің көптеген аймақтарында өндірістік және тұтыну қалдықтарын басқарудың экологиялық саясаты қалдықтарды орналастыру үшін экологиялық төлемдерді жинауға негізделген, ал қалдықтарды басқарудың жаңа технологияларын енгізу құпталмайды. Экологиялық проблемалар шешуі кезек күттірмейтін мәселелердің қатарына жатады. Кез келген қазіргі өркениетті қоғамның дамуындағы бұл мәселелерді шешудің кілті олардың экономиканы, экологияны және саясатты қамтитын күрделілігі болып табылады [4, 127516-б.; 5, 899–918-бб.].

Материалдар мен әдістері

Қатты тұрмыстық қалдықтардың экологиялық әсері Павлодар облысында жыл сайын шамамен 400 мың тоннадан астам қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) түзіледі. Оның шамамен 90 %-ы полигондарға шығарылады, ал қайта өңдеу үлесі 10 %-дан аспайды. Бұл көрсеткіш экологиялық тепе-теңдікке айтарлықтай қауіп төндіреді.

Қалдықтардың экологиялық әсері төрт негізгі бағытта көрініс табады:

1 Топырақтың ластануы. Пластик, батареялар, тұрмыстық химия заттары мен металл сынықтары топыраққа улы элементтер бөледі. Бұл ауыр металдардың (қорғасын, сынап, кадмий) топырақ қабатында жинақталуына және өсімдіктердің улануына әкеледі.

2 Судың ластануы. Қалдықтар полигонынан бөлінетін фильтрат сулар жер асты су көздеріне түсіп, өзен-көлдерге тарайды. Бұл құбылыс әсіресе Ертіс өзенінің жағалауындағы қоқыс орындарында жиі кездеседі.

3 Ауаның ластануы. Полигондарда қалдықтардың шіруі кезінде метан, көмірқышқыл газы және күкірт қосылыстары бөлінеді. Ал кейде заңсыз қоқыс жағу әрекеттері нәтижесінде атмосфераға канцерогенді заттар тарайды.

4 Биологиялық әсер. Қоқыс орындары кеміргіштер мен зиянды микроорганизмдердің таралу ошағына айналады, бұл тұрғындардың санитарлық жағдайына кері әсер етеді.

1-кесте. Павлодар облысы бойынша ҚТҚ-ның экологиялық әсер ету үлесі (%)

Экологиялық бағыт	Ластану үлесі (%)	Сипаттама
Топырақ ластануы	40 %	Улы заттардың сіңуі, ауыр металдардың жиналуы
Су ресурстарының ластануы	25 %	Фильтрат арқылы жер асты сулардың улануы
Ауа сапасының нашарлауы	20 %	Метан мен диоксиндердің бөлінуі
Биологиялық әсерлер	15 %	Инфекция ошағы, зиянкестердің көбеюі

Қалдықтарды басқарудың экономикалық аспектілері. Қалдықтарды басқару тек экологиялық емес, сонымен қатар экономикалық тұрғыдан да үлкен маңызға ие. Қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) дұрыс ұйымдастырылған жағдайда – экономиканың жаңа бағытына, яғни ресурстық айналым мен «жасыл экономика» моделінің негізгі бөлігіне айналады [6, 277–281-бб.; 7, 448–454-бб.].

Павлодар облысы бойынша қалдықтарды басқару жүйесі соңғы жылдары біртіндеп жаңарып келе жатқанымен, экономикалық әлеуеті толық пайдаланылып отырған жоқ. 2024 жылғы мәліметтерге сәйкес, аймақта жылына шамамен 400 мың тонна ҚТҚ түзіледі. Оның ішінде тек 18 %-ы қайта өңделеді, ал қалған бөлігі полигондарға шығарылады. Егер қайта өңдеу үлесін 40 %-ға дейін арттыру мүмкін болса, бұл облыс экономикасына айтарлықтай қаржылық және әлеуметтік пайда әкелер еді.

Қайта өңдеудің экономикалық тиімділігі. Қалдықтарды қайта өңдеу арқылы алынған өнімдер екінші рет пайдалануға жарайды және бұл жаңа шикізатты өндіруден әлдеқайда арзан. Мысалы:

– 1 тонна пластикті қайта өңдеу арқылы шамамен 700 литр мұнай үнемделеді;

– 1 тонна қағазды қайта өңдеу 17 ағашты сақтап, 4000 кВт/сағат электр энергиясын үнемдейді;

– Қайта өңделген алюминий қалдықтары бастапқы кеннен өндірілген алюминийге қарағанда 95 % арзан энергия жұмсайды.

Павлодар облысында қағаз және пластик қалдықтарын қайта өңдеумен айналысатын «ТазаЕсо», «ЕсопромПавлодар» және «Павлодар картон зауыты» сияқты кәсіпорындар аймақ экономикасына үлес қосуда. Бұл кәсіпорындардың орташа жылдық айналымы 1,5–2 млрд теңге аралығында.

Экономикалық пайда бағыттары. Қалдықтарды басқару саласындағы экономикалық әсер бірнеше бағытта көрініс табады:

Қайта өңдеуден алынатын табыс. Қалдықтарды сұрыптау және қайта өңдеу зауыттары жергілікті бюджетке салық түсімдерін арттырады. Әрбір өңделген тонна қалдықтан орта есеппен 12–15 мың теңге көлемінде пайда алуға болады [8, 148–159-66.].

Жаңа жұмыс орындарының ашылуы. Қалдықтарды жинау, сұрыптау, өңдеу және тасымалдау процестерінде әрбір 10 мың тонна қалдыққа 30–40 жұмыс орны құрылады. Павлодар облысы бойынша қайта өңдеу саласында қазіргі таңда 400-ден астам адам еңбек етеді.

Импорт алмастыру және ішкі нарықты дамыту. Қайта өңдеу арқылы алынған шикізат (пластик түйіршіктер, макулатура, металл сынықтары) шетелден әкелінетін өнімдердің орнын басады. Бұл ұлттық экономиканың тұрақтылығын арттырады.

Энергия өндіру әлеуеті. Органикалық қалдықтар биогаз түрінде өңделіп, электр және жылу энергиясын өндіруге мүмкіндік береді. Егер Павлодар облысында қалдықтардың 20 %-ы биогазға айналдырылса, жылына шамамен 50 млн кВт/сағат энергия өндіруге болар еді.

Экономикалық тиімділікті арттыру жолдары

1 Жеке инвестицияларды тарту. Қалдықтарды басқару саласында мемлекеттік-жеке серіктестік (МЖС) негізінде жобаларды іске асыру тиімді. Инвесторларға салықтық жеңілдіктер мен инфрақұрылымдық қолдау көрсету қажет.

2 Экологиялық төлемдер жүйесін жетілдіру. «Ластаушы төлейді» қағидаты бойынша полигондарға қалдық тастаған кәсіпорындарға жоғары тарифтер енгізу, ал қайта өңдеуге жібергендерге жеңілдіктер беру – экономикалық ынталандырудың тиімді құралы.

3 Қайта өңдеу инфрақұрылымын кеңейту. Павлодар облысында жаңа қалдық өңдеу кешендерін салу, сондай-ақ шағын аудандарда сұрыптау пункттерін ашу қажет. Бұл көлік шығындарын азайтып, өңдеу тиімділігін арттырады.

4 Экологиялық кәсіпкерлікті қолдау. Қайта өңдеу және қалдықтарды екінші реттік шикізат ретінде пайдалануға бағытталған стартаптарға гранттар мен жеңілдетілген несиелер беру ұсынылады.

2-кесте. Павлодар облысы мысалындағы экономикалық көрсеткіштер (2024 жыл)

Көрсеткіш	Мәні	Түсіндірме
Жалпы ҚТҚ көлемі	400 000 т	Облыс бойынша жылдық қалдық мөлшері
Қайта өңдеу үлесі	18 %	Ресми мәлімет бойынша
Қайта өңдеуден түсетін орташа пайда	12 000 тг/т	Экономикалық есеп бойынша
Жылдық әлеуетті пайда (есептік)	≈ 864 млн тг	72 000 т × 12 000 тг
Қолда бар жұмыс орындары	400	Қайта өңдеу секторында
Ықтимал қосымша жұмыс орындары (40% өңдеу деңгейінде)	+500	Жаңа зауыттар мен сұрыптау пункттері есебінен

Қалдықтарды басқарудың экономикалық аспектілері Павлодар облысы үшін маңызды даму бағыты болып табылады. Бұл салада экологиялық және экономикалық мақсаттар бір-бірімен үйлесімді: қоршаған ортаны қорғау арқылы өңірдің экономикалық әлеуетін арттыруға болады. Қайта өңдеу жүйесін кеңейту, жаңа технологияларды енгізу және инвестициялық қолдау көрсету нәтижесінде Павлодар облысы Қазақстандағы экологиялық тиімді өңірлердің біріне айнала алады.

Нәтижелер және талқылау

Павлодар облысындағы қалдықтарды басқару жүйесінің қазіргі жағдайы. Аймақта қалдықтарды басқару инфрақұрылымы біртіндеп дамып келеді. Қала мен аудан орталықтарында контейнерлік жүйе орнатылған, ал кейбір мектептер мен кәсіпорындарда қалдықтарды бөлек жинау тәжірибесі енгізілген. Дегенмен, бірқатар мәселелер бар: қалдықтарды сұрыптау нүктелерінің аздығы, тұрғындардың экологиялық мәдениетінің төмендігі, қайта өңдеу зауыттарының қуаттылығы жеткіліксіздігі және мониторинг жүйесінің әлсіздігі [9, 65–72-бб.; 10, 41–45-бб.].

Қалдықтарды басқаруды жетілдіру жолдары. Қатты тұрмыстық қалдықтарды (ҚТҚ) тиімді басқару – экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің және аймақтың тұрақты дамуын қамтамасыз етудің маңызды тетігі. Павлодар облысы үшін қалдықтар мәселесі өзекті болып табылады, өйткені қаланың өндірістік және тұрмыстық қалдық көлемі жыл сайын артып келеді. Сондықтан қазіргі жүйені жетілдіру бағытында кешенді, ғылыми негізделген шараларды іске асыру қажет.

Экологиялық тұрғыдан жетілдіру шаралары.

Қалдықтарды бөлек жинау мәдениетін қалыптастыру. Тұрғындар арасында қалдықтарды сұрыптау маңызын түсіндіретін экологиялық ағарту жұмыстарын күшейту қажет. Мысалы, мектептер мен ЖОО-ларда «экологиялық сағат», «таза орта» атты акциялар өткізу тәжірибесін тұрақты ету ұсынылады.

Қайта өңдеу инфрақұрылымын кеңейту. Қалдықтарды өңдейтін зауыттардың қуаттылығын арттыру, пластик, шыны және қағаз қалдықтарын қайта өңдеуге арналған шағын өндірістер ашу маңызды. Павлодар қаласында орналасқан кәсіпорындар тәжірибесін облыстың өзге аудандарына тарату тиімді болады.

Полигондардың экологиялық қауіпсіздігін арттыру. Ескі полигондарды рекультивациялау (яғни, табиғи ландшафтқа келтіру), сүзінді суларды тазарту жүйелерін орнату және газды залалсыздандыру қондырғыларын енгізу қажет.

Жасыл технологияларды енгізу. «Waste-to-energy» (қалдықтан энергия алу) технологиясын кезең-кезеңімен енгізу – облыстың энергетикалық тиімділігін арттырады және көміртек ізі азайтады.

Экономикалық және басқарушылық жетілдіру шаралары. Мемлекеттік-жекеменшік серіктестік (МЖС) жобаларын дамыту. Қалдықтарды өңдеу саласына жеке инвесторларды тарту – бюджеттік жүктемені азайтады және инновациялық шешімдердің енгізілуін тездетеді. Қайта өңдеуге ынталандыру жүйесін қалыптастыру.

– Тұрғындарға қалдықтарды бөлек тапсыру үшін бонус немесе тарифтік жеңілдік беру.

– Қайта өңдеумен айналысатын кәсіпорындарға салықтық жеңілдіктер қарастыру.

Аймақтық қалдықтарды басқарудың ақпараттық жүйесін құру. Қалдықтардың қозғалысын (жинаудан бастап өңдеуге дейін) бақылайтын цифрлық мониторинг жүйесін енгізу. Бұл жүйе деректердің ашықтығын қамтамасыз етіп, тиімді шешім қабылдауға мүмкіндік береді [11, 25–31-бб.].

Тарифтік саясатты жетілдіру. Қалдықтарды жинау және тасымалдау қызметтерінің тарифін нақты есептеу әдістемесі негізінде қайта қарау қажет. Бұл қызмет сапасын арттырып, тұрғындардың сенімін күшейтеді.

Ұйымдастырушылық және әлеуметтік бағыттар.

Экологиялық білім мен мәдениетті арттыру. Балалар мен жастар арасында экологиялық сана қалыптастыруға бағытталған білім беру бағдарламаларын дамыту.

Қоғамдық ұйымдардың рөлін арттыру. ҰЕҰ, экологиялық бастамалар мен волонтерлік қозғалыстарды қолдау – халық пен билік арасындағы байланыс тетігін нығайтады.

Ақпараттық ашықтық. Полигондардың жағдайы, өңдеу көлемі, тарифтер және экологиялық көрсеткіштер туралы мәліметтерді ашық түрде жариялау қоғам сенімін арттырады.

Күтілетін нәтижелер

– Қалдықтарды өңдеу үлесі қазіргі 10 %-дан 30–35 %-ға дейін артады.

– Полигондарға түсетін қалдық көлемі 50 %-ға дейін азаяды.

– Қайта өңдеу саласында жаңа жұмыс орындары ашылып, экономикалық белсенділік өседі.

– Павлодар облысы экологиялық қауіпсіз және таза аймақ ретінде қалыптасады.

3-кесте. SWOT-талдау: Павлодар облысындағы қалдықтарды басқару жүйесін жетілдіру

Күшті жақтары (Strengths)	Әлсіз жақтары (Weaknesses)
Қалдықтарды бөлек жинау жүйесі енгізіліп жатыр	Қайта өңдеу үлесі өте төмен (≈10 %)
Қайта өңдеумен айналысатын кәсіпорындар бар	Полигондардың көбі экологиялық стандарттарға сай емес
Экологиялық заңнамалар мен бағдарламалар қабылданған	Ауылдық жерлерде инфрақұрылым жеткіліксіз

Экологиялық мәдениетке бағытталған мемлекеттік бастамалар бар	Сандық мониторинг пен есеп жүйесі толық енгізілмеген
Мүмкіндіктер (Opportunities)	Қауіптер (Threats)
Жеке сектор мен инвесторларды тарту мүмкіндігі	Экологиялық талаптардың орындалмауы салдарынан табиғи ортаға зиян
Waste-to-Energy технологияларын енгізу	Қаржыландыру тапшылығы жобаларды тежейді
Экологиялық білім мен мәдениетті арттыру	Қалдықтардың заңсыз төгілуі және бақылаудың әлсіздігі
«Жасыл экономика» бағдарламасы аясындағы гранттар мен субсидиялар	Климаттық өзгерістер мен ауа сапасының нашарлауы

Жалпы алғанда, Павлодар облысының қалдықтарды басқару жүйесінде әлеует жоғары: заңдық негіз қалыптасқан, жеке сектор белсенділігі байқалады және өңірлік бағдарламалар бар. Дегенмен, қайта өңдеу үлесін арттыру, инфрақұрылымдық қамтуды кеңейту және экологиялық мәдениетті күшейту – басты стратегиялық бағыттар болып табылады. Экологиялық және экономикалық тиімділіктің өзара байланысы. Қатты тұрмыстық қалдықтарды (ҚТҚ) басқаруда экологиялық және экономикалық тиімділік өзара тығыз байланысты екі маңызды аспектіні құрайды. Экологиялық тұрғыдан тиімді шешім қабылдау көбіне экономикалық тұрғыдан да оң нәтиже береді, ал керісінше, ресурстарды үнемдеу және қайта өңдеу экономикалық пайда әкелумен қатар, қоршаған ортаға түсетін жүктемені азайтады.

Экологиялық тиімділік ұғымы. Экологиялық тиімділік – табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану, қоршаған ортаны қорғау, қалдықтардың көлемін азайту және көміртек ізі мен ластану деңгейін төмендету нәтижесінде қол жеткізілетін көрсеткіш. Павлодар облысы жағдайында бұл тиімділік мына бағыттар арқылы көрініс табады:

- қайта өңдеуге жіберілген қалдықтар көлемінің артуы;
- полигондарға түсетін қалдықтардың азаюы;
- атмосфералық ауа сапасының жақсаруы және жер асты суларының ластануының төмендеуі;
- экожүйелердің тұрақтылығының сақталуы.

Мысалы, өңірде қайта өңдеу деңгейін қазіргі 10 %-дан 30 %-ға арттыру арқылы жылына шамамен 60–70 мың тонна қалдық полигонға түспейді, бұл өз кезегінде метан газының бөлінуін 25–30 %-ға азайтады.

Экономикалық тиімділік ұғымы. Экономикалық тиімділік – қалдықтарды басқару саласына жұмсалатын шығын мен алынатын экономикалық пайданың арақатынасы. Бұл пайда:

- 1) Қайта өңделген материалдарды (пластик, шыны, металл, қағаз) қайта сату.
- 2) Энергия өндіру (waste-to-energy технологиясы арқылы).
- 3) Қайта өңдеу зауыттарында жаңа жұмыс орындарын құру арқылы экономикалық белсенділікті арттыру.
- 4) Полигондардың қызмет ету мерзімін ұзарту есебінен бюджет шығындарын қысқарту арқылы көрінеді.

Мысалы, 1 тонна пластик қалдығын қайта өңдеу шамамен 500 кВт·сағ электр энергиясын үнемдейді, ал бұл шамамен 2 000 теңгеге тең үнем. Егер өңір бойынша жылына 10 000 тонна пластик қайта өңделсе, онда экономикалық әсер 20 млн теңгеге дейін жетуі мүмкін [12, 47-б.; 13, 23– 25-бб.].

4-кесте. Экологиялық және экономикалық тиімділіктің тоғысу нүктелері

№	Өзара байланыс саласы	Экологиялық әсер	Экономикалық әсер
1	Қалдықтарды қайта өңдеу	Табиғи ресурстарды үнемдеу, ластануды азайту	Шикізат және энергия шығындарын қысқарту
2	Полигондарды рекультивациялау	Топырақ пен судың қалпына келуі	Жерді қайта пайдалану мүмкіндігі
3	Энергия өндіру (waste-to-energy)	Газ шығарындыларын азайту	Электр және жылу энергиясы өндірісі
4	Экологиялық білім мен мәдениет	Тұтыну деңгейін төмендету	Сервистік және қайта өңдеу бизнесінің дамуы

Қалдықтарды басқару саласында экологиялық және экономикалық тиімділік бір-бірін толықтырады.

Павлодар облысы мысалындағы практикалық байланыстар. Павлодар облысында экологиялық және экономикалық тиімділіктің өзара байланысын нақтылауға болады:

Қайта өңдеу кәсіпорындарына мемлекеттік қолдау көрсету нәтижесінде экологиялық көрсеткіш жақсарып, өңірдің экономикалық кірісі өседі;

Полигондарға түсетін қалдық азайған сайын, олардың қызмет ету мерзімі ұзарып, бюджет шығындары қысқарады;

Waste-to-energy жобалары іске асқан жағдайда, облыс энергияның жаңа балама көзін алады, бұл экологиялық қауіпсіздікпен қатар энергетикалық тәуелсіздікті арттырады [14, 311-б.].

Қорытынды

Қатты тұрмыстық қалдықтарды (ҚТҚ) басқару мәселесі қазіргі таңда экологиялық тұрақтылық пен экономикалық дамудың маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Зерттеу барысында Павлодар облысындағы қалдықтарды басқару жүйесінің жай-күйін талдау, оның қоршаған орта мен өңір экономикасына әсері жан-жақты қарастырылды.

Экологиялық тұрғыдан қарағанда, тұрмыстық қалдықтардың дұрыс жиналмауы мен өңделмеуі топырақтың, судың және ауаның ластануына әкеліп соғады. Бұл өз кезегінде халық денсаулығына, ауыл шаруашылығына және экожүйенің тепе-теңдігіне айтарлықтай қауіп төндіреді. Сондықтан экологиялық қауіпсіздік шараларының жүйелі түрде жүзеге асуы аса маңызды.

Экономикалық аспект тұрғысынан алғанда, қалдықтарды өңдеу мен қайта пайдалану өңірдің экономикалық әлеуетін арттырудың тиімді жолы болып табылады. Қайта өңдеу кәсіпорындары жаңа жұмыс орындарын ашуға, жергілікті бюджетті толықтыруға және табиғи ресурстарды үнемдеуге мүмкіндік береді. Мысалы, Павлодар облысында қалдықтарды сұрыптау және қайта өңдеу орталықтарының жұмысы айтарлықтай экономикалық нәтиже беріп отыр.

Павлодар облысында қалдықтарды басқару жүйесін жетілдіру үшін кешенді шаралар қажет:

- қалдықтарды жинау, сұрыптау және қайта өңдеу инфрақұрылымын дамыту;
- халық арасында экологиялық сана мен мәдениетті қалыптастыру;
- мемлекеттік және жеке сектор арасындағы серіктестікті нығайту;
- қалдықтарды өңдеу технологияларына инвестиция тарту.

Осы шараларды тиімді жүзеге асыру арқылы экологиялық жүктемені азайтып, өңірдің экономикалық әлеуетін арттыруға толық мүмкіндік бар. Қорытындылай келе, қалдықтарды басқарудың тиімді жүйесін құру – бұл табиғатты қорғаумен қатар, экономикалық дамуға серпін беретін стратегиялық бағыт.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 **Maalouf, A., Agamuthu, P.** Waste management evolution in the last five decades in developing countries—A review // *Waste Management & Research*. – 2023. – 41(9). – P. 1420–1434.

2 **Khan, A. H., López-Maldonado, E. A., Khan, N. A., Villarreal-Gómez, L. J., Munshi, F. M., Alsabhan, A. H., Perveen, K.** Current solid waste management

strategies and energy recovery in developing countries—State of art review // *Chemosphere*. – 2022. – 291. – 133088 p.

3 **Березюк, О. В.** Динамика распространенности переработки и утилизации ТБО в республике Казахстан // Сагадиевские чтения 2022 – новая экономическая политика РК : реалии и перспективы. – 2022. – С. 225–235.

4 **Batista, M., Caiado, R. G. G., Quelhas, O. L. G., Lima, G. B. A., Leal Filho, W., Yparraguirre, I. T. R.** A framework for sustainable and integrated municipal solid waste management : Barriers and critical factors to developing countries // *Journal of Cleaner Production* – 2021. – 312. – 127516 p.

5 **Peiris, M. T. O. V., Dayarathne, G. L. N.** Application of life cycle framework for municipal solid waste management : a circular economy perspective from developing countries // *Circular Economy and Sustainability*. – 2023. – 3(2). – P. 899–918.

6 **Байбатшаев, А. Н.** Текущая ситуация с управлением ТБО в Казахстане и в частности в Карагандинской области // Актуальные проблемы транспорта и энергетики : пути их инновационного решения. – 2021. – С. 277– 281.

7 **Булекова, А. А., Габдуллина, С.** Проблема утилизации ТБО // *Вестник ЗКТУ*. – 2021. – № 1. – С. 448–454.

8 **Нукушева, А. А., Айтимов, Б. Ж.** Правовые аспекты управления бытовыми отходами в Казахстане и зарубежных странах: сравнительно-правовой анализ // *Вестник Института законодательства и правовой информации Республики Казахстан*. – 2022. – № 3(70). – С. 148–159.

9 **Калиева, А. Б., Оразбайқызы, К. М., Сергазинова, З. М., Толеужанова, А. Т., Таскарин, А. К.** Оценка уровня загрязнения окружающей среды на полигоне твёрдых бытовых отходов ТОО «KazEcoProm» (г. Павлодар, Республика Казахстан) // *Самарский научный вестник*. – 2022. – 11 (2). – С. 65–72.

10 **Твердые бытовые отходы: проблемы и решения / Макаров, О. А., Тюменцев, И. В., Горленко, А. С.** // *Экология и пром-сть России*. – 2000. – Сентябрь. – С. 41–45.

11 **Шнайдер, И. М.** Проблема твердых бытовых отходов и пути ее решения // *Академ. зап.* – 2002. – N 1(02). – С. 25–31.

12 **Экология и проблемы охраны окружающей среды: аналитическая справка / Кучеров В. С.** – Уральск : ЗКФ АО «НЦНТИ», 2008 – 47 с.

13 **Миркин, Б. М.** Новый взгляд на проблему ТБО : «Zero Waste» // *Экология и жизнь*. – 2005. – № 1. – С. 23– 25.

14 **Харламова, М. Д., Курбатова, А. И.** Управление твердыми отходами. – М. : Юрайт, 2023. – 311 с.

References

1 **Maalouf, A., Agamuthu, P.** Waste management evolution in the last five decades in developing countries—A review // *Waste Management & Research*. – 2023. – 41(9). – P. 1420-1434.

2 **Khan, A. H., López-Maldonado, E. A., Khan, N. A., Villarreal-Gómez, L. J., Munshi, F. M., Alsabhan, A. H., Perveen, K.** Current solid waste management strategies and energy recovery in developing countries-State of art review // *Chemosphere*. – 2022. – 291. – 133088 p.

3 **Berezyuk, O. V.** Dinamika rasprostranennosti pererabotki i utilizatsii TBO v Respublike Kazakhstan [Dynamics of the prevalence of recycling and utilization of municipal solid waste in the Republic of Kazakhstan] // *Sagadiyevskie chteniya* 2022 – novaya ekonomicheskaya politika RK : realii i perspektivy. – 2022. – P. 225–235.

4 **Batista, M., Caiado, R. G. G., Quelhas, O. L. G., Lima, G. B. A., Leal Filho, W., Yparraguirre, I. T. R.** A framework for sustainable and integrated municipal solid waste management: Barriers and critical factors to developing countries // *Journal of Cleaner Production* – 2021. – 312. – 127516 p.

5 **Peiris, M. T. O. V., Dayarathne, G. L. N.** Application of life cycle framework for municipal solid waste management: a circular economy perspective from developing countries // *Circular Economy and Sustainability*. – 2023. – 3(2). – P. 899–918.

6 **Baibatshaev, A. N.** Tekushchaya situatsiya s upravleniem TBO v Kazakhstane i v chastnosti v Karagandinskoy oblasti // *Aktualnye problemy transporta i energetiki: puti ikh innovatsionnogo resheniya*. [The current situation with solid waste management in Kazakhstan and particularly in the Karaganda region // *In Actual Problems of Transport and Energy : Ways of Innovative Solutions*] – 2021. – P. 277–281.

7 **Bulekova, A. A., Gabdullina, S.** Problema utilizatsii TBO [The problem of municipal solid waste utilization] // *Vestnik ZKGU*. – 2021. – № 1. – P. 448–454.

8 **Nukusheva, A. A., Aitimov B. Zh.** Pravovye aspekty upravleniya bytovymi otkhodami v Kazakhstane i zarubezhnykh stranakh: sravnitel'no-pravovoy analiz // *Vestnik Instituta zakonodatelstva i pravovoy informatsii Respubliki Kazakhstan*. [Legal aspects of household waste management in Kazakhstan and foreign countries: A comparative legal analysis // *Bulletin of the Institute of Legislation and Legal Information of the Republic of Kazakhstan*] – 2022. – № 3(70). – P. 148–159.

9 **Kalieveva, A. B., Orazbaikyzy, K. M., Sergazinova, Z. M., Toleuzhanova, A. T., Taskarin, A. K.** Otsenka urovnya zagryazneniya

okruzhayushchey sredy na poligone tverdykh bytovykh otkhodov TOO «KazEcoProm» (g. Pavlodar, Respublika Kazakhstan) // *Samarskiy nauchnyy vestnik*. [Assessment of environmental pollution at the municipal solid waste landfill of KazEcoProm LLP (Pavlodar, Republic of Kazakhstan // *Samara Scientific Bulletin*] – 2022. – 11(2). – P. 65–72.

10 Tverdye bytovye otkhody : problemy i resheniya [Municipal Solid Waste: Problems and Solutions] / Makarov, O. A., Tyumentsev, I. V., Gorlenko, A. S. // *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. [Ecology and Industry in Russia] – 2000. – September. – P. 41–45.

11 **Shnayder, I. M.** Problema tverdykh bytovykh otkhodov i puti ee resheniya [The problem of solid household waste and ways to solve it. Academic Notes] // *Akadem. zap.* – 2002. – № 1(02). – P. 25–31.

12 **Kucherov, V. S.** Ekologiya i problemy okhrany okruzhayushchey sredy: analiticheskaya spravka [Ecology and environmental protection problems: Analytical report] – Uralsk : ZKF AO «NTsNTI», 2008. – P. 47.

13 **Mirkin, B. M.** Novyy vzglyad na problemu TBO: «Zero Waste» // *Ekologiya i zhizn* [A new look at the solid waste problem: «Zero Waste» // *Ecology and Life*] – 2005. – № 1. – P. 23–25.

14 **Kharlamova, M. D., Kurbatova, A. I.** Upravlenie tverdymi otkhodami [Solid Waste Management] – M. : Yurayt, 2023. – P. 311.

10.11.25 ж. баспаға түсті.

18.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

04.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

*Ж. С. Муқарам¹, *Ш. Ж. Арынова²*

^{1,2}Торайғыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар.

Поступило в редакцию 10.11.25.

Поступило с исправлениями 18.11.25.

Принято в печать 04.12.25.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ (НА ПРИМЕРЕ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ)

В данной статье комплексно проанализированы экологические и экономические аспекты обращения с твердыми бытовыми

отходами (ТБО) в Павлодарской области. Стремительное развитие урбанизации, рост населения и промышленного производства являются причинами ежегодного увеличения количества отходов в регионе. Эта ситуация негативно сказывается на окружающей среде и качестве жизни жителей. В ходе исследования было определено воздействие отходов на экосистему региона, в частности, уровень загрязнения почвы, воды и воздуха. Кроме того, оценена экономическая эффективность сектора переработки и утилизации отходов и его влияние на экономику региона. Авторами предложены эффективные механизмы совершенствования действующей системы обращения с отходами: привлечение частных инвестиций, расширение инфраструктуры переработки, повышение экологической культуры и внедрение принципов «зеленой экономики». Результаты исследования показали, что эффективное обращение с отходами позволяет снизить загрязнение окружающей среды, создать новые рабочие места, стимулировать экономический рост и обеспечить устойчивое развитие региона. В то же время, результаты исследования служат основой для предоставления практических рекомендаций по совершенствованию деятельности местных исполнительных органов и экологической политики. Результаты данного исследования могут послужить основой для будущих научных исследований по разработке комплексной стратегии эффективного управления отходами на региональном уровне и повышения экологической безопасности.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, экологическая эффективность, экономические аспекты, Павлодарская область, переработка.

Zh. S. Mukaram¹, *Sh. Zh. Arynova²

^{1,2}Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 10.11.25.

Received in revised form 18.11.25.

Accepted for publication 04.12.25.

ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS OF SOLID WASTE MANAGEMENT (ON THE EXAMPLE OF THE PAVLODAR REGION)

In this article, the ecological and economic aspects of municipal solid waste (MSW) management in the Pavlodar region are comprehensively analyzed. The rapid development of urbanization, population growth, and industrial production are the main factors contributing to the annual increase in waste generation in the region. This situation negatively affects the environment and the quality of life of local residents.

The study identified the impact of waste on the region's ecosystem, particularly the level of soil, water, and air pollution. In addition, the economic efficiency of the waste recycling and disposal sector and its influence on the regional economy were assessed. The authors propose effective mechanisms for improving the current waste management system, including attracting private investment, expanding recycling infrastructure, increasing environmental awareness, and implementing the principles of a "green economy."

The results of the study show that effective waste management can reduce environmental pollution, create new jobs, stimulate economic growth, and ensure sustainable regional development. At the same time, the findings serve as a basis for providing practical recommendations for improving the activities of local executive authorities and environmental policy. The results of this research may also serve as a foundation for future scientific studies aimed at developing a comprehensive strategy for efficient regional waste management and enhancing environmental safety.

Keywords: municipal solid waste, environmental efficiency, economic aspects, Pavlodar region, and recycling.

СЕКЦИЯ «СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО»

МРНТИ 62.01.11

<https://doi.org/10.48081/RUEB5030>***И. Е. Веселовский¹, З. В. Капшакбаева²**^{1,2}Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6389-1756>²ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7989-5270>*e-mail: veselovskii_Ivan@mail.ru**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В БИОТЕХНОЛОГИИ:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
И ГОРИЗОНТЫ РАЗВИТИЯ**

В обзоре систематизированы недавние достижения применения искусственного интеллекта (ИИ) в биотехнологии, охватывающие геномику, структурную биологию, редактирование геномов, одноклеточные и мультиомные анализы, биопроектирование, а также пищевую и молочную биотехнологию. Показано, как современные архитектуры глубокого обучения – трансформеры и генеративные модели (AlphaFold2, RFdiffusion, Chroma и др.) переводят ИИ от аналитики к рациональному дизайну биомолекул, ускоряя идентификацию функциональных белков, ферментов и сборок. Рассмотрены вероятностные модели (например, scVI) для интеграции разнородных омических данных и устойчивого извлечения латентных биосигналов с целью прогнозирования фенотипов и отклика на вмешательство. Особое внимание уделено автоматизации цикла DBTL (design–build–test–learn) и связке ИИ с роботизированными лабораториями, цифровыми двойниками и онлайн-сенсорами (PAT), что формирует «умные» биофабрики с сокращённым временем итераций и повышенной воспроизводимостью. Обсуждаются ключевые вызовы: стандартизация данных и метаданных, интерпретируемость и верифицируемость моделей, биоэтика и требования регуляторов (GxP), переносимость решений между площадками и экономическая целесообразность. Сделан вывод, что

ИИ становится «ядром» биотехнологических инноваций, ускоряя переход к устойчивым, контролируемым и масштабируемым исследованиям и производственным процессам в биофармацевтике и пищевой индустрии.

Ключевые слова: искусственный интеллект, генеративные модели, пищевая биотехнология, мультиомика, автоматизация пищевых производств.

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) за последние годы стал одним из ключевых элементов трансформации биотехнологической отрасли. Он проникает в фундаментальные исследования (например, структурная биология, инженерия белков) и прикладные цепочки (геномика, одноклеточная биология, биофармацевтика, питание). Прорывы в области глубокого обучения, генеративных моделей и вероятностного вывода позволяют интегрировать большие данные, автоматизировать эксперименты и ускорять циклы «design–build–test–learn» (DBTL). В этой статье мы систематически рассмотрим статус ИИ-инструментов в биотехнологии, с фокусом на зарубежные источники, а также в конце – выделим примеры из пищевой/молочной биотехнологии, что иллюстрирует расширение применения ИИ вне классической фарма/медбио направлений.

Искусственный интеллект (ИИ) за последние годы стал одним из ключевых элементов трансформации биотехнологической отрасли, охватывая фундаментальные исследования (структурная биология, инженерия белков) и прикладные контуры (геномика, одноклеточная биология, биофармацевтика, пищевая индустрия). Прорывы в глубоком обучении и трансформерных архитектурах, а также в генеративных моделях для белков, радикально ускорили этапы цикла «design–build–test–learn» (DBTL) и расширили возможности интеграции данных и автоматизации эксперимента. На этом фоне значимы два тренда: 1) переход от сугубо аналитического применения ИИ к генеративному дизайну биомолекул и биопроектированию [1]; 2) конвергенция ИИ, роботизации и цифровых двойников в «умных» биофабриках [2]. Цель статьи – систематизировать направления применения ИИ в биотехнологии и обсудить ограничения и перспективы, включая пищевую и молочную ветвь и национальные инициативы в Казахстане.

Материалы и методы

Был проведен тематический поиск в Scopus, Web of Science и PubMed по ключевым словам: «AI in biotechnology», «protein design AI», «single-cell AI», «bioprocessing digital twins», «food dairy AI» (период 2018–2025).

В обзор включены рецензируемые источники высокого импакт-фактора (Nature, Nat. Struct. Mol. Biol., Nat. Biotechnol., Bioresource Technology, Processes, Animals), а также аналитические и обзорные работы по биоэтике/безопасности и политике внедрения ИИ. Критерии включения: фокус на биотехнологических приложениях ИИ, новизна подхода/масштаб данных, наличие экспериментальной/производственной валидации или системного обзора. Дополнительно использованы отраслевые сводки по глобальным инвестициям и занятости в ИИ на основе открыто опубликованных материалов.

Для расширения и верификации поисковой выборки применялась платформа Semantic Scholar на основе искусственного интеллекта, обеспечивающая цитатно-ориентированный поиск, кластеризацию по полям знаний и ранжирование по «влиянию» публикаций. Поисковые запросы формировались на англ. языке с использованием логических операторов и ключевых слов («AI in biotechnology», «protein design AI», «single-cell transcriptomics AI», «bioprocessing digital twin», «dairy and machine learning» и др.).

Результаты и обсуждение

В то время как основная масса исследований и коммерческих решений в сфере ИИ формируется в США, Европе и Азии, в странах СНГ также ведутся работы по ключевым направлениям: цифровизация АПК, применение ИИ для контроля качества молока, патологоанатомическая диагностика и здравоохранение. Русскоязычные обзоры подчеркивают, что американские практики могут быть адаптированы к местным условиям, однако этому препятствуют дефицит данных, кадровые ограничения и недостаточное финансирование [3; 4].

В российской научной литературе отмечается внедрение методов машинного обучения в патанатомии и медицине (в т. ч. анализ изображений и диагностические алгоритмы) [5]. Эти подходы потенциально переносимы на биотехнологические и пищевые процессы – например, на контроль качества молочной продукции и оценку сыропригодности сырья.

Аналитическое исследование, выполненное по заказу компании ZeroBounce в 2024 году, сопоставило страны-лидеры по развитию ИИ. В основу сравнения легли совокупные инвестиции за последнее десятилетие, число связанных со сферой ИИ стартапов и показатели занятости (доля занятых и объем вакансий). Исходные данные получены из отчетов Statista, GlobalData и Visual Capitalist; итоговый рейтинг сформирован преимущественно по величине инвестиций за 10-летний период. Данные представлены в таблице – 1.

Таблица 1 – Страны-лидеры по развитию и внедрению ИИ

Страна	Объем инвестиций млрд. долл. США		Стартапы 2013–2024	Доля занятости в области ИИ, %	Мировой индекс ИИ	Вакансии в области ИИ, %	Вакансии в области ИИ (2024)	Совокупный балл
	2023	2013–2023						
США	67,22	335,24	5509	0,34	100	1,62	71000	17,25
Китай	7,76	103,65	1446	0,64	61,5	0,61	21508	14,07
Великобритания	3,78	22,25	727	0,35	41,8	0,85	5218	10,81
Сингапур	1,14	6,25	193	0,88	49,7	1,07	1584	12,73
Канада	1,61	10,56	397	0,45	40,3	1,05	3802	11,06
Южная Корея	1,39	7,25	189	0,79	40,3	0,47	426	10,84
Израиль	1,52	12,83	442	1,13	40,0	0,59	857	12,45
Германия	1,91	10,35	319	0,69	39,2	0,81	4673	11,39
Япония	0,68	4,81	333	0,81	33,9	0,21	1621	10,21
Австралия	0,37	3,40	147	0,31	30,9	1,00	1289	9,74
Индия	1,39	9,85	338	0,42	31,4	0,15	12047	9,13
Франция	1,69	8,31	391	0,49	32,8	1,07	2694	10,87
Швеция	1,89	2,88	94	0,56	30,3	1,31	613	11,2

Источник: [6]. Исследование ZeroBounce: «Страны-лидеры в области искусственного интеллекта»

Таблица отражает сравнительные данные по основным мировым лидерам в сфере искусственного интеллекта (ИИ), включая объем инвестиций, число стартапов, долю занятости, индекс развития ИИ и востребованность кадров. Показатели охватывают как экономическую (инвестиционную и стартап-активность), так и кадровую (занятость и вакансии) составляющие, что позволяет оценить комплексную зрелость ИИ-экосистем стран.

В 2025 году Казахстан вошёл в этап активного формирования национальной экосистемы искусственного интеллекта. Старт задала Речь-Послание Президента РК К.-Ж. Токаева, в котором ИИ обозначен как стратегический приоритет цифровой трансформации; в документе анонсированы создание профильного ведомства по ИИ и разработка «цифрового кодекса», а также курс на системную государственную политику в области цифровой экономики [7]. Уже 1 октября 2025 года состоялось первое заседание Совета по развитию искусственного интеллекта при Президенте РК, призванного координировать внедрение ИИ-технологий в ключевые отрасли и выстраивать взаимодействие государства, науки и бизнеса [8]. В повестку также включены подготовка кадров и развитие отечественных ИИ-моделей на казахском языке, что соответствует цели формирования национальной стратегии ИИ и амбиции стать региональным центром цифровых инноваций Центральной Азии. При этом сохраняется потребность в укреплении инфраструктуры, нормативной базы и устойчивых механизмов финансирования, однако политическая воля и институциональные шаги

указывают на ускорение цифровой трансформации и более глубокую интеграцию страны в глобальное ИИ-пространство.

Суммируя общие тренды развития ИИ – рост инвестиций, кадров и зрелость инструментов, логичным следующим шагом становится анализ его практических внедрений в биотехнологии. Именно здесь сочетание больших биомедицинских данных, роботизации эксперимента и вычислительных моделей создает наибольшую добавленную стоимость: от ускорения циклов DBTL и повышения воспроизводимости до генеративного дизайна белков и интеграции мультиомики.

Развитие ИИ в биотехнологии опирается на несколько взаимосвязанных технологических векторов:

Архитектуры глубокого обучения и трансформеры. Сверточные нейронные сети (CNN) и трансформеры перешли из областей компьютерного зрения и обработки естественного языка к задачам биологических последовательностей, структур и траекторий экспериментов. Например, архитектура трансформера позволяет моделям «читать» аминокислотные последовательности как «языки белков», извлекать контекстуальные зависимости и предсказывать функции/структуры. Такие подходы поддерживают идеи, изложенные в обзоре «The transformative power of artificial intelligence» [9].

Генеративные модели. В биотехнологии появились успешные генеративные модели (например, диффузионные модели, автокодировщики, авторегрессивные языковые модели белков) – они позволяют не просто анализировать, но генерировать новые биомолекулы (белки, ферменты, олигомеры) с заданными свойствами, что открывает путь к «рациональному дизайну» биоматериалов и терапевтических агентов [10].

Вероятностные/латентные модели и мультиомика. Одним из ключевых направлений является применение вероятностных моделей (например, вариационных автоэнкодеров, латентные вероятностные пространства) для анализа омических данных (геномика, транскриптомика, протеомика), интеграции данных и прогнозирования фенотипов. Эти методы позволяют уменьшить размерность, справиться с шумом и извлечь латентные биологические сигналы [11].

Интеграция автоматизации и роботизации. Дополнительно, ИИ всё чаще используется в контексте автоматизированных биофабрик, где эксперименты планируются, выполняются и анализируются автоматически – что позволяет значительно сокращать временные и ресурсные издержки. Такой сдвиг становится фундаментальным для ускорения циклов DBTL.

В области геномики ИИ-методы внедрены уже широко: Метод DeepVariant (разработанный компанией Google) использует сверточные сети для обработки изображений «pile-up» (выравнивание считываний) и способен отличать истинные варианты от ошибок секвенирования, что значительно улучшает качество вызова SNP и инделов. Этот подход значительно повысил точность и стал стандартом во многих лабораториях [12].

После получения списка вариантов (например, миссенс-мутаций) возникает задача: какие из них имеют клиническое или биологическое значение? Здесь ИИ помогает через предсказание влияния мутации на структуру белка, стабильность, взаимодействие. Например, применение моделей вроде AlphaFold2 позволяет рассмотреть варианты в контексте трёхмерной структуры, выявляя потенциально вредные изменения [13].

Одно из наиболее впечатляющих применений ИИ – предсказание структуры белков и генерация новых. Разработка AlphaFold2 (DeepMind) стала прорывом: она способна предсказывать трёхмерные структуры белков с точностью, ранее недоступной, и изменила саму практику структурной биологии [14].

Генеративный дизайн белков. Следующий шаг – не просто предсказывать структуры, а проектировать их заново. Модели вроде RFdiffusion, Chroma – позволяют генерировать стабильные белки, олигомеры и функциональные белковые конструкции, которые затем тестируются in vitro и in vivo [15].

Это открывает путь к новым биокатализаторам, терапевтическим белкам, устойчивым биоматериалам. Индустриальные установки (биофабрики) всё чаще включают ИИ-модели в цикл: гипотезы → роботизированная платформа → анализ данных → корректировка гипотезы. Такая интеграция позволяет значительно ускорить цикл оптимизации белков или микроорганизмов [16].

Эта автоматизация – фундаментальное изменение парадигмы: лаборатория перестаёт быть вручную управляемой, а становится частью цифрового контура.

Одноклеточная биология и мультиомика. Современная биотехнология активно использует омические данные, особенно на уровне отдельных клеток, и здесь ИИ играет ключевую роль.

Появление технологий одиночной клеточной транскриптомики (scRNA-seq) позволило профилировать тысячи-миллионы клеток и выявлять гетерогенность тканей, траектории дифференцировки и ответа на терапию. Метод scVI (variational autoencoder) позволяет интегрировать данные из разных партий, уменьшать размерность, справляться с батч-эффектами и извлекать латентные представления состояний клеток. Это ускорило создание клеточных атласов и углубление понимания клеточной динамики [17].

Мультиомика и прогнозирование фенотипов. К настоящему моменту ИИ-модели применяются не только в транскриптомике, но и к интеграции с протеомикой, метаболомикой и даже пространственными данными (spatial transcriptomics). Они позволяют формулировать предсказания: какие клетки станут ответом на вмешательство, какие маршруты дифференцировки активируются, и даже прогнозировать отклик на лекарство [18; 19].

Пищевая и молочная биотехнология. Здесь ИИ-инструменты применяются для мониторинга сырья, прогнозирования производительности, качества молока, выявления заболеваний у животных и контроля процессов пищевого производства. Например, обзор «AI and Data Analytics in the Dairy Farms: A Scoping Review» рассматривает, как предиктивная аналитика используется на молочных фермах для прогнозирования удоя, выявления мастита и хромоты (lameness) [20].

Глобальный спрос на пищевые продукты стремительно растёт: требуется повышение производительности, улучшение контроля качества, сокращение потерь и обеспечение безопасности продукции. ИИ-решения в пищевой промышленности сегодня охватывают: прогнозирование сырья и потребностей, автоматическую инспекцию продукции, мониторинг контаминации/фальсификаций, оптимизацию процессов ферментации и производства.

На молочных фермах ИИ-инструменты используются для прогнозирования удоя, выявления случаев мастита и хромоты (lameness) у коров на основе сенсорных данных, видео-аналитики и исторических метрик. Обзор Palma O. и др. (2025) фиксирует роль «predictive analytics» в повышении эффективности молочного производства [20].

В производстве молочных порошков (milk powder) был проведён обзор, где описаны прямые и косвенные методы контроля качества, и отмечено, что ИИ-технологии (в частности, спектроскопия, изображение, нейронные сети) становятся всё более востребованными. Пример: использование нейронных сетей (CNN) на изображениях частиц молочного порошка для предсказания сыпучести, диспергируемости и других технологических параметров.

В пищевой промышленности в целом и молочной в частности обзоры отмечают применение ИИ в автоматизации производственных линий: компьютерное зрение для инспекции сырья и готовой продукции, автоматическое обнаружение брака, контроль процесса ферментации и упаковки.

Современные ИИ-подходы в биотехнологии расходятся по двум главным траекториям: 1) генеративный дизайн (диффузионные, авторегрессионные, автоэнкодерные модели) для белков и биоматериалов, что переводит ИИ из аналитической роли в инструмент «рационального конструирования»; 2) вероятностные латентные модели для мультиомики, интегрирующие

RNA, ATAC и spatial-данные, дающие устойчивые представления для предсказания фенотипов и откликов. На уровне производства оформляется связка «ИИ, роботизация, цифровые двойники, онлайн-сенсоры», ускоряющая DBTL-цикл и повышающая воспроизводимость биопроцессов, а в пищевой и молочной отрасли – автоматизирующая контроль качества (CV, спектроскопия) и снижая потери.

Для масштабируемого внедрения необходимы общие форматы и онтологии метаданных (образец-протокол-сенсор-партия), минимальные наборы QC-метрик для омик-данных и изображений, эталонные датасеты, бенчмарки с «честным» разбиением и внешней валидацией, (iv) контейнеризованные, версионизируемые ML-пайплайны (MLOps) с возможностью аудита.

В биофармацевтике и пищевой безопасности ИИ-решения должны укладываться в ISO-рамки: трассируемость данных и решений модели, управление рисками (model risk management), процедуры перенастройки, ре-валидации, кибербезопасность и защита персональных данных. Для генеративных биомолекул – обязательна многоуровневая биобезопасность и экспериментальные «стоп-кран»-критерии перед масштабированием.

Наибольший возврат показывают участки, где ИИ сокращает число экспериментальных итераций (генеративный дизайн, оптимизация среды, параметров), снижает брак (визуальный QA) или уменьшает простои линий (прогнозные модели и тд.). Для принятия решений нужны прозрачные метрики: стоимость итерации, TAT, доля успешных кандидатов, OEE/FPY на линии.

На горизонте 2025–2030 гг. можно выделить следующие ключевые направления:

– Автономные биофабрики и полностью интегрированные циклы. Ожидается, что сочетание ИИ, робототехники, сенсоров и автоматизации позволит создавать автономные лаборатории/производства, где экспериментальные гипотезы выдвигаются и тестируются без непрерывного вмешательства человека.

– Генеративная терапия и материалы. Генеративные ИИ-модели будут использоваться для проектирования новых терапевтических белков, биокатализаторов и устойчивых биополимерных материалов. В пищевой промышленности – проектирование ферментов и микроорганизмов, оптимизированных для ферментации, переработки и устойчивого производства.

– Нормативное регулирование и стандарты ИИ-био. Появятся отраслевые стандарты (например, «model in the loop», аудит ИИ-моделей, безопасное

использование генеративных систем) и международные инициативы по обмену данными, федерированному обучению и открытым базам данных (особенно для пищевых и биотехнологических приложений).

Выводы

ИИ в биотехнологии преобразился из вспомогательного инструмента в ядро проектирования, производства и клинической трансляции. Научные и инженерные предпосылки уже созданы: структурные и генеративные модели, вероятностные методы для омик-данных, цифровые двойники и автоматизированные лаборатории. Ключевыми остаются вопросы: стандартизация данных, интерпретируемость, нормативы безопасности и интеграция ИИ-инструментов в реальные лаборатории и производства.

Особо стоит подчеркнуть расширение применения ИИ в пищевой и молочной биотехнологии – от анализа молока и порошков до автоматизации производственных линий и контроля качества. Это свидетельствует о том, что биотехнологическая революция с участием ИИ выходит далеко за рамки медицины и фарма.

Если индустрия (академическая, промышленная, регуляторная) сможет синхронизировать технологии, данные и процессы, ближайшие 5 лет обещают быть эпохой бурного роста и трансформации. Однако без рассмотрения этических, нормативных и инфраструктурных вопросов дальнейший прогресс рискует быть фрагментированным.

Список использованных источников

- 1 **Cramer, P.** AlphaFold2 and the future of structural biology // Nat. Struct. Mol. Biol. – 2021. – № 28. – P. 704–705.
- 2 **Zhang, X., Zhang, T., Wei, X.** Reducing potential dual-use risks in synthetic biology laboratory research: a dynamic model of analysis // Humanit. Soc. Sci. Commun. – 2024. – № 11. – P. 140–147
- 3 **Жиганова, Л. П.** Современные тенденции применения ИИ в области биотехнологии США // Московский экономический журнал – 2024. – № 10 – С. 312–338.
- 4 **Ламоткин, А. И., Корабельников, Д. И., Ламоткин, И. А., Лившиц, С. А., Перевалова, Е. Г.** Искусственный интеллект в здравоохранении и медицине: история ключевых событий, его значимость для врачей, уровень развития в разных странах // Фармакоэкономика. – 2024. – № 2. – С. 243–249.

5 **Швороб, Д. С., Васяева, Т. А., Хрюкин, Е. А., Папакина, А. В.** Применение искусственного интеллекта в патологической анатомии // Архив патологии. – 2025. – № 2. – С. 211–217.

6 Edwards, R. A new ZeroBounce study reveals countries advancing AI the fastest. – 2024.

7 **Токаев, К.-Ж.** Казахстан в эпоху искусственного интеллекта : актуальные задачи и их решения через цифровую трансформацию : Послание Главы государства, 8 сентября 2025 г. [Электронный ресурс]. – Официальный интернет-ресурс Президента Республики Казахстан (Акорда). – URL: <https://www.akorda.kz/>. (дата обращения: 30.10.2025).

8 Акорда. Глава государства провёл первое заседание Совета по развитию искусственного интеллекта: новость от 1 октября 2025 г. [Электронный ресурс]. – Официальный интернет-ресурс Президента Республики Казахстан. – URL: <https://www.akorda.kz/>. (дата обращения: 30.10.2025).

9 **Zatsu, V, Shine, A. E., Tharakan, J. M.** Revolutionizing the food industry: The transformative power of artificial intelligence-a review // Food Chem X. – 2024. – № 1.

10 **Mardikoraem, M., Wang, Z., Pascual, N., Woldring, D.** Generative models for protein sequence modeling: recent advances and future directions // Brief. Bioinform. – 2023. – № 6. – Article: bbad358.

11 **Argelaguet, R., Velten, B., Arnol, D.** Multi-Omics Factor Analysis – a framework for unsupervised integration of multi-omics data sets // Mol. Syst. Biol. – 2018. – № 6. – Article: e8124.

12 **Poplin, R., et al.** A universal SNP and small-indel variant caller using deep neural networks // Nat. Biotechnol. – 2018. – № 10. – P. 983–987.

13 **Akdel, M., et al.** A structural biology community assessment of AlphaFold2 applications // Nat. Struct. Mol. Biol. – 2022. – № 11 – P. 1056–1067.

14 **Jumper, J., et al.** Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold // Nature. – 2021. – № 10. – P. 583–589.

15 **Watson, J. L., et al.** De novo design of protein structure and function with RFdiffusion // Nature. – 2023. – № 11. – P. 1089–1100.

16 **Foldi, J., Connolly, J. A., Takano, E., Breitling, R.** Synthetic Biology of Natural Products Engineering: Recent Advances Across the Discover-Design-Build-Test-Learn Cycle // ACS Synth Biol. – 2024 – № 9. – P. 2684–2692.

17 **Lopez, R., et al.** Deep generative modeling for single-cell transcriptomics // Nat. Methods. – 2018. – № 12. – P. 1053–1058.

18 **Gayoso, A., Steier, Z., Lopez, R., Regier, J., Nazor, K. L.** Joint probabilistic modeling of single-cell multi-omic data with totalVI // Nat. Methods. – 2021. – № 3. – P. 272–282.

19 **Biancalani, T., Scalia, G., Buffoni, L., et al.** Deep learning and alignment of spatially resolved single-cell transcriptomes with Tangram // *Nat. Methods.* – 2021. – № 18. – P. 1352–1362.

20 **Palma, O., et al.** AI and Data Analytics in the Dairy Farms : A Scoping Review // *Animals.* – 2025. – № 9. – Article: 1291.

References

1 **Cramer, P.** AlphaFold2 and the future of structural biology // *Nat. Struct. Mol. Biol.* – 2021. – № 28. – P. 704–705.

2 **Zhang, X., Zhang, T., Wei, X.** Reducing potential dual-use risks in synthetic biology laboratory research: a dynamic model of analysis // *Humanit. Soc. Sci. Commun.* – 2024. – № 11. – P. 140–147.

3 **Zhiganova, L. P.** Sovremennye tendentsii primeneniya II v oblasti biotekhnologii SShA [Modern trends in the application of AI in US biotechnology] // *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal.* – 2024. – № 10. – P. 312–338.

4 **Lamotkin, A. I., Korabelnikov, D. I., Lamotkin, I. A., Livshits, S. A., Perevalova, E. G.** Iskusstvennyi intellekt v zdavookhraneniі i meditsine: istoriya klyuchevykh sobytii, ego znachimost' dlya vrachei, uroven' razvitiya v raznykh stranakh [Artificial intelligence in healthcare and medicine: history of key events, significance for physicians, and cross-country maturity] // *Farmakoeconomika.* – 2024. – № 2. – P. 243–249.

5 **Shvorob, D. S., Vasyaeva, T. A., Khryukin, E. A., Papakina, A. V.** Primenenie iskusstvennogo intellekta v patologicheskoi anatomii [Application of artificial intelligence in pathological anatomy] // *Arkhiv patologii.* – 2025. – № 2. – P. 211–217.

6 **Edwards, R.** A new ZeroBounce study reveals countries advancing AI the fastest. – 2024.

7 **Tokaev, K.-Zh.** Kazakhstan v epokhu iskusstvennogo intellekta: aktual'nye zadachi i ikh resheniya cherez tsifrovuyu transformatsiyu : Poslanie Glavy gosudarstva, 8 sentyabrya 2025 g. [Artificial Intelligence Era in Kazakhstan: Current Tasks and Their Solutions through Digital Transformation: Address of the Head of State, 8 September 2025] [Electronic resource]. – Ofitsial'nyi internet-resurs Prezidenta Respubliki Kazakhstan (Akorda). – URL: <https://www.akorda.kz/>. – (Date of access 30.10.2025).

8 Akorda. Glava gosudarstva provel pervoe zasedanie Soveta po razvitiyu iskusstvennogo intellekta: novost' ot 1 oktyabrya 2025 g. [The Head of State Held the First Meeting of the Council for the Development of Artificial Intelligence: news dated 1 October 2025] [Electronic resource]. – Ofitsial'nyi internet-resurs

Prezidenta Respubliki Kazakhstan (Akorda). – URL: <https://www.akorda.kz/>. – (Date of access 30.10.2025).

9 **Zatsu, V., Shine, A. E., Tharakan, J. M.** Revolutionizing the food industry: The transformative power of artificial intelligence – a review // *Food Chem. X.* – 2024. – № 1.

10 **Mardikoraem, M., Wang, Z., Pascual, N., Woldring, D.** Generative models for protein sequence modeling: recent advances and future directions // *Brief. Bioinform.* – 2023. – № 6. – Article: bbad358.

11 **Argelaguet, R., Velten, B., Arnol, D.** Multi-Omics Factor Analysis – a framework for unsupervised integration of multi-omics data sets // *Mol. Syst. Biol.* – 2018. – № 6. – Article: e8124.

12 **Poplin, R., et al.** A universal SNP and small-indel variant caller using deep neural networks // *Nat. Biotechnol.* – 2018. – № 10. – P. 983–987.

13 **Akdel, M., et al.** A structural biology community assessment of AlphaFold2 applications // *Nat. Struct. Mol. Biol.* – 2022. – № 11. – P. 1056–1067.

14 **Jumper, J., et al.** Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold // *Nature.* – 2021. – № 10. – P. 583–589.

15 **Watson, J. L., et al.** De novo design of protein structure and function with RFdiffusion // *Nature.* – 2023. – № 11. – P. 1089–1100.

16 **Foldi, J., Connolly, J. A., Takano, E., Breitling, R.** Synthetic Biology of Natural Products Engineering: Recent Advances Across the Discover-Design-Build-Test-Learn Cycle // *ACS Synth. Biol.* – 2024. – № 9. – P. 2684–2692.

17 **Lopez, R., et al.** Deep generative modeling for single-cell transcriptomics // *Nat. Methods.* – 2018. – № 12. – P. 1053–1058.

18 **Gayoso, A., Steier, Z., Lopez, R., Regier, J., Nazor, K. L.** Joint probabilistic modeling of single-cell multi-omic data with totalVI // *Nat. Methods.* – 2021. – № 3. – P. 272–282.

19 **Biancalani, T., Scalia, G., Buffoni, L., et al.** Deep learning and alignment of spatially resolved single-cell transcriptomes with Tangram // *Nat. Methods.* – 2021. – № 18. – P. 1352–1362.

20 **Palma, O., et al.** AI and Data Analytics in the Dairy Farms : A Scoping Review // *Animals.* – 2025. – № 9. – Article: 1291.

Поступило в редакцию 21.11.25.

Поступило с исправлениями 24.11.25.

Принято в печать 23.12.25.

*И. Е. Веселовский¹, З. В. Капшакбаева²^{1,2}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

21.11.25 ж. баспаға түсті.

24.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

23.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

**БИОТЕХНОЛОГИЯДА ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ:
ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ДАМУ КӨКЖИЕГІ**

Бұл шолуда жасанды интеллектінің (ЖИ) биотехнологиядағы соңғы жетістіктері жүйеленді: геномика, құрылымдық биология, геномды редакциялау, біржасушалық және мультиомикалық талдаулар, биопроцестеу, сондай-ақ азық-түлік және сүт биотехнологиясы. Терең оқыту архитектуралары – трансформерлер мен генеративті үлгілер (AlphaFold2, RFdiffusion, Chroma және т.б.) – ЖИ-ді тек аналитикадан биомолекулаларды рационалды жобалауға көшіру арқылы функционалдық ақуыздарды, ферменттерді және жинақтарды жылдам айқындауды жеделдететіні көрсетілді. Әртекті омикалық деректерді біріктіруге және латентті биологиялық сигналдарды орнықты түрде бөліп алуға арналған ықтималдық модельдері (мысалы, scVI) фенотиптерді және араласуға жауапты болжауға мүмкіндік береді. DBTL (design–build–test–learn) циклін автоматтандыруға және ЖИ-ді роботтандырылған зертханалармен, цифрлық егіздермен және онлайн-сенсорлармен (PAT) ұштастыруға айрықша назар аударылады; бұл итерация уақытын қысқартатын және қайталанымдылығын арттыратын ақылды биофабрикалардың қалыптасуына әкеледі. Негізгі сын-қатерлер талқыланады: деректер мен метадеректерді стандарттау, модельдердің түсіндірмелілігі мен верификациясы, биоэтика және реттеуші талаптар (GxP), шешімдердің алаңдар арасында тасымалданымдылығы және экономикалық орындылығы. Қорытындысында ЖИ биотехнологиялық инновациялардың өзегіне айналып, биофармацевтика мен азық-түлік индустриясындағы зерттеулер мен өндірістік процестерді орнықты, басқарылатын және ауқымдандырылатын жүйелерге қарай жеделдететіні атап өтіледі.

Кілтті сөздер: жасанды интеллект, генеративті модельдер, азық-түлік биотехнологиясы, мультиомика, азық-түлік өндірістерін автоматтандыру.

*I. E. Veselovskiy¹, Z. V. Kapshakbaeva²^{1,2}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 21.11.25.

Received in revised form 24.11.25.

Accepted for publication 23.12.25.

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BIOTECHNOLOGY:
CURRENT STATUS AND FUTURE HORIZONS**

This review systematizes recent advances in the application of artificial intelligence (AI) to biotechnology, spanning genomics, structural biology, genome editing, single-cell and multi-omics analyses, bioprocessing, and food & dairy biotechnology. We show how modern deep-learning architectures—transformers and generative models (AlphaFold2, RFdiffusion, Chroma, and others)—shift AI from pure analytics to the rational design of biomolecules, accelerating the identification of functional proteins, enzymes, and assemblies. Probabilistic models (e.g., scVI) for integrating heterogeneous omics data enable robust extraction of latent biological signals to predict phenotypes and responses to interventions. Special attention is given to automation of the design–build–test–learn (DBTL) cycle and to coupling AI with robotic laboratories, digital twins, and online sensors (PAT), which is giving rise to smart biofoundries with shortened iteration times and improved reproducibility. We discuss key challenges: standardization of data and metadata, model interpretability and verifiability, bioethics and GxP regulatory requirements, cross-site portability of solutions, and economic feasibility. In conclude that AI is becoming the core engine of biotechnological innovation, accelerating the transition toward sustainable, controllable, and scalable research and production workflows in biopharmaceuticals and the food industry.

Keywords: artificial intelligence, generative models, food biotechnology, multi-omics, automation food production.

<https://doi.org/10.48081/EDTP8420>

***V. A. Zhidenko¹, I. N. Anikina²**

^{1,2}Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4971-7090>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9535-5909>

*e-mail: vika_7625@mail.ru

THE EFFECT OF NUTRITIONAL MEDIUM ON THE REPRODUCTION COEFFICIENT OF CULTIVATED PLANTS

This article presents an analysis of one of the key areas of potato micropropagation optimization: the development of nutrient media adapted to the physiological needs of plants and enhancing their rooting efficiency and in vivo survival. To explore the potential for nutrient media optimization, an analysis of the crop's nutritional requirements for adequate plant development was conducted. The role of optimizing the composition of growth stimulants used during the primary adaptation stage is also considered. A literature review revealed that the use of nutrient media that best meet potato crop requirements and an optimized composition of growth regulators, as well as the selection of cultivation, rooting, and acclimatization conditions, can significantly enhance the effectiveness of clonal micropropagation technology in specific application settings. A properly selected medium can increase the multiplication rate by 8-10 times per cycle and ensure high rates of production of healthy planting material suitable for large-scale industrial propagation and breeding purposes. The use of a set of optimized measures will enable us to reach a new level of supply of initial planting material for potatoes of higher reproductions and will help solve the problem of seed import substitution.

Keywords: potato, meristem culture, in vitro propagation, nutrient medium, morphogenesis.

Introduction

Potato (*Solanum tuberosum* L.) is one of the most important food crop, capable of producing high yields in various agroecological conditions and characterized by a significant dry matter yield per unit of sown area. Increasing yields and improving

planting material are key areas of modern potato seed production, which has been based on biotechnology in recent decades.

Elite potato seed production is based on the use of modern biotechnological approaches. The most effective method for obtaining healthy planting material is recognized as the use of apical meristem isolation and microclonal propagation technologies. Cell culture methods aimed at producing virus-free potato starting material are actively being developed worldwide [1].

The use of meristem cultures in combination with chemo- and thermotherapy ensures the production of genetically stable microplants that are free from infections caused by viruses and other phytopathogens. The study of methods for reproducing seed material using these biotechnological techniques remains a relevant area of research, since in countries with a developed agro-industrial sector, biotechnological methods are the basis of modern seed production [2].

Clonal micropropagation is an aseptic process involving the cultivation of plant organs, tissues, or individual cells. This method allows offspring to be obtained without sexual reproduction and traditional methods of vegetative propagation.

It is known that at each stage of micropropagation, it is necessary to optimize *in vitro* cultivation conditions for specific species and varieties, including the selection of the mineral and organic composition of nutrient media, the regulation of physical growth parameters, and the determination of the optimal level and ratio of growth regulators [3].

One of the main factors determining the effectiveness of this method is the composition of the nutrient medium, which affects the growth, morphogenesis, and reproduction rate of cultured plants [4]. This coefficient reflects the number of new shoots formed from a single explant per subcultivation cycle and is the main indicator of the productivity of microclonal propagation [5].

Materials and methods

To prepare this review article, a systematic analysis of domestic and foreign scientific publications devoted to the influence of nutrient medium composition on the reproduction rate of plants *in vitro* was performed. Sources were searched in the Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, Cyberleninka databases, and on the eLibrary.ru platform. The analysis included works published in 2010–2025 containing data on the effect of macro- and microelements, growth regulators, carbohydrates, and gelatinizing agents on micropropagation parameters.

The literature was selected based on the following criteria: peer review of the publication, availability of experimental data on modifications of standard nutrient media, and presentation of quantitative indicators of the reproduction

coefficient. The main methods of information processing included content analysis and comparison of the experimental conditions of different researchers.

The search was conducted using keywords and combinations thereof: «potato», «*in vitro*», «*micropropagation*», «*culture medium composition*», «*meristem culture*», «*nutrient medium*», as well as their Russian equivalents. To refine the queries, logical operators AND, OR, NOT were used, for example: «*potato AND meristem culture*», «*in vitro propagation AND nutrient medium*», «*culture medium composition AND micropropagation*».

For each selected publication, the object of study, the type and composition of the nutrient medium, the concentrations of phytohormones used, and the obtained reproduction coefficient values were recorded. Data synthesis allowed us to identify key trends in the relationship between medium components and the effectiveness of microclonal reproduction.

Results and discussion

1 The role of nutrient medium composition in plant development

The fertilizer requirements of potatoes at various stages of their life cycle are largely determined by the nutrient content of the soil, substrate, and, above all, the nutrient medium or nutrient solution used in the hydroponic system [6]. Recently, numerous studies have attempted to optimize the composition of *in vitro* nutrient media to accelerate the growth of microplants and increase the yield of micro- or mini-tubers [7]. Much attention in the current literature is devoted to the modification of nutrient media to improve the efficiency of *in vitro* potato cultivation. Researchers analyze the influence of both traditional components and new combinations of substances, developing individual compositions for different varieties.

The nutrient medium provides plants with all the necessary elements for cell division, tissue differentiation, and photomorphogenesis [5]. Of the large number of nutrient media studied for potato meristems, the most suitable are mineral-based media according to Murashige and Skoog (MS), which are distinguished by the most complete nutrient content and high nitrogen and potassium content [8]. However, its composition may vary depending on the variety and stage of plant development.

The main element of any nutrient medium used in the cultivation of isolated plant tissues is a balanced set of mineral salts, including macro- and microelements necessary for maintaining cell viability. The main macroelements include nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, and iron, while microelements include boron, manganese, zinc, copper, molybdenum, and others. Additionally, vitamins, carbohydrate energy sources, and phytohormones, or their synthetic substitutes, are added to the media, which ensures complete nutrition and regulation

of plant growth *in vitro*. Some types of nutrient media are additionally enriched with casein hydrolysate and amino acids, which serve as a source of organic nitrogen and stimulate cell growth [9].

2 The influence of macro- and microelements on the growth of cultivated potato plants

At the stage of mass propagation, the main task is to obtain the maximum number of regenerated plants by stimulating the formation of shoots with a large number of internodes. In addition to growth regulators, the composition and concentration of the components of the nutrient medium have a significant influence on the formation of this morphological indicator [2].

Macro- and microelements present in plants are among the essential nutrients that ensure the normal course of biochemical processes. Their importance is determined by the fact that:

- without them, the plant is unable to complete its life cycle;
- no other element can completely replace their physiological role;
- complete plant nutrition is impossible without the participation of each of these elements, since they are all involved in key metabolic processes [10].

The key elements of mineral nutrition for potatoes are nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K), which play a fundamental role in tuber formation processes [11]. In addition, it has been established that calcium (Ca) and magnesium (Mg) have a significant impact on plant productivity, contributing to increased yields and improved tuber quality [12].

Together, macronutrients – nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and sulfur – enable the synthesis of proteins, nucleic acids, enzymes, and structural components of cells. They participate in the regulation of metabolic and physiological processes, determining the growth and development of potato plants [10].

Nitrogen ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$) is a key macronutrient that determines plant growth and morphogenesis *in vitro*. In potato cultures, its balanced content ensures participation in the biochemical reactions of amino acid, protein, nucleic acid, chlorophyll, and purine base synthesis, as well as regulates the work of enzyme systems involved in respiration and photosynthesis. The nitrate form is absorbed through the nitrate and nitrite reductase pathway, while the ammonium form is directly involved in the GS-GOGAT cycle, ensuring the efficient incorporation of nitrogen into organic compounds.

Optimal concentrations of macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium) in the nutrient medium help maintain ion balance, osmotic pressure, ATP synthesis, cell wall formation, and active cell division. Excessive nitrogen supply to the nutrient medium causes an imbalance in

physiological processes, which manifests itself in elongation of shoots, darkening of leaves, and deterioration of the regenerative properties of microplants. Insufficient nitrogen supply leads to signs of chlorosis, slow growth, and reduced photosynthetic efficiency [10].

Phosphorus (P) is one of the main elements of mineral nutrition for plants and plays a key role in energy exchange processes, as it is a component of adenosine triphosphate (ATP). This element actively contributes to the formation and development of the root system, and also affects the reproductive processes of plants.

The physiological significance of phosphorus is manifested in its participation in the storage and transfer of energy, ensuring full flowering, fruiting, and seed formation. Adequate phosphorus supply to plants contributes to their resistance to stressful conditions and various infectious diseases. A deficiency of this element, on the contrary, leads to slower growth and weakened physiological activity of plants, weakening of the root system and the formation of thin shoots, while the leaves acquire a dark green, purple or reddish tint. Excessive phosphorus intake can disrupt the mineral balance, reducing the absorption of trace elements such as zinc, iron, copper, manganese, and boron [10].

Potassium (K) is one of the main elements of mineral nutrition for plants and performs important functions in regulating the water and osmotic balance of cells, helping to increase their resistance to stress factors. This element is involved in the mechanisms of plant adaptation to adverse environmental conditions, including drought and low temperatures.

The role of potassium in plant life is manifested in its participation in the regulation of water metabolism, transpiration, and metabolic processes. The presence of sufficient amounts of this element increases the resistance of plants to drought and frost, and also strengthens their defense mechanisms against fungal diseases and pests. In addition, potassium is involved in the biosynthesis of proteins, carbohydrates, and lipids, ensuring the normal course of metabolic processes.

Potassium deficiency causes stunted growth, burns and yellowing of leaf edges, as well as the formation of necrotic areas on old leaves. Excessive accumulation of potassium, in turn, can interfere with the absorption of other macro- and microelements, including magnesium, calcium, and nitrogen [11].

Calcium, magnesium, and sulfur play an important role in maintaining the structural integrity of plant tissues and ensuring the normal functioning of the photosynthetic apparatus [13].

Virtually all major physiological functions of plants depend on the presence of trace elements – iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), copper (Cu), boron

(B), molybdenum (Mo), and cobalt (Co). Sulfur (S) occupies a special place among mesoelements, second only to nitrogen and phosphorus in terms of its influence on plant life. Although trace elements do not perform an energy function, their importance is determined by their participation in the regulation of metabolism, as they are part of enzymes, coenzymes, hormones, and vitamins. These elements are involved in respiration, genetic information transfer, and absorption, transport, and metabolism mechanisms. In addition, trace elements play an important role in redox reactions and biosynthetic processes, ensuring normal plant development and maintaining high photosynthetic activity through the activation of enzyme systems [10].

Boron (B) is one of the trace elements that play an important role in ensuring normal plant growth and development. It participates in carbohydrate transport, amino acid synthesis, and cell wall formation. Boron is also important in the reproduction of agricultural crops, ensuring flowering, fruiting, and improving crop quality.

Boron deficiency causes disturbances in the physiological functions of plants: slow growth of young shoots, leaf deformation, death of growth points, appearance of dark brown spots, and chlorosis of leaf blades. In addition, a deficiency of this element leads to a decrease in flowering intensity and impaired fruit formation [11].

Iron (Fe) is a vital trace element involved in key stages of plant energy metabolism. It ensures chlorophyll synthesis, activates respiration and photosynthesis enzymes, and promotes efficient electron transfer in cell membranes, which is directly related to plant growth intensity and productivity. Iron plays a key role in the processes of nitrogen reduction and fixation, as well as in the formation of lignin, which strengthens cell walls. Iron deficiency leads to the suppression of photosynthetic processes, manifested in weakened growth, the formation of chlorosis, and reduced plant viability during the flowering and fruiting phases, which naturally leads to a decrease in yield [13].

Manganese (Mn) is an important trace element that ensures the normal functioning of physiological processes in plants. It participates in the formation of chloroplasts and plays a key role in photosynthetic activity, in particular in the photolysis of water. In addition, manganese contributes to the activation of a number of enzymes that affect seed germination, growth, and ripening of agricultural crops. Manganese deficiency causes pigment metabolism disorders and manifests itself in the form of chlorosis, in which young leaves acquire a characteristic yellowing along the veins [14].

Zinc (Zn) is an essential trace element involved in a wide range of physiological and biochemical processes in plants. It is especially important in the early stages of ontogenesis, contributing to the normal development of the root

system, seeds, and fruits. Zinc is involved in photosynthesis, maintains hormonal balance, and regulates the activity of auxins, which affect plant growth responses. Zinc deficiency causes slow plant growth, shortened internodes, smaller young leaves, and chlorosis, which mainly shows up in the lower parts of shoots [14].

Research results have shown that reducing the concentration of mineral salts to half the standard Murashige and Skoog medium ($\frac{1}{2}$ MS) leads to a decrease in shoot hypertrophy and promotes the formation of a greater number of viable microstems.

Thus, the balance of macro- and microelement nutrition determines the level of morphogenetic activity of potatoes and the formation of their productivity. In *in vitro* culture conditions, the composition of the nutrient medium is of particular importance, as it directly affects the intensity of morphogenesis, the growth rate of micro-shoots, and the formation of micro-tubers. Optimizing the mineral and organic composition of the medium can significantly increase the efficiency of clonal micropropagation and the quality of the resulting planting material.

3 The importance of growth regulators in the formation of shoots *in vitro*

Growth regulators are a key component that determines the morphogenetic orientation of a culture.

Phytohormones determine the direction of morphogenetic processes *in vitro*. Auxins initiate cell dedifferentiation, while cytokinins activate cell division and callus formation. When inducing stem morphogenesis, the concentration of auxins in the medium is usually reduced or completely eliminated, which promotes the formation of shoots from meristematic structures [12].

Cytokinins (BAP, kinetin, zeatin) promote shoot formation and increase the reproduction rate.

Auxins (IUC, IMC, 2,4-D) stimulate root formation, but in high concentrations they inhibit shoot cell division.

Gibberellins (GA3) accelerate shoot growth and internode elongation, facilitating their division during subcultivation.

The optimal ratio of cytokinins and auxins is crucial: when cytokinins predominate, meristem cell division and shoot formation are enhanced; an excess of auxins activates callus and root growth, which reduces the reproduction rate. The rooting of shoots and the formation of a full-fledged root system *in vitro* is the third and key stage of clonal micropropagation of potatoes. The effectiveness of rhizogenesis depends on the type and concentration of auxins used.

A study by Babadzhanova F. I. et al. proved that phytohormones – kinetin and BAP – affect the growth and morphogenesis of new RNA interference lines of potatoes obtained during somatic embryogenesis by suppressing the expression of the phyB gene. The results also showed that the greatest growth and development of

plants was observed when using a nutrient medium containing 1.0 mg/l of kinetin. This ratio of components contributed to an increase in the height of plants of all studied lines and stimulated the formation of a more developed root system [15].

A study conducted by Sunil Tulshiram Hajare et al. also showed that the effectiveness of potato morphogenesis depends on the composition of the phytohormonal complex of the nutrient medium. For the Gudiene variety, the largest number of shoots was formed on Murashige and Skoog (MS) medium supplemented with 1.5 mg/l BAP and 3.0 mg/l NAA, while for the Belete variety, optimal results were obtained with 1.0 mg/l BAP and 2.0 mg/l NAA. The best rooting ability was observed when using MS medium containing 1.0 mg/l IBA and 0.5 mg/l IUK [16].

Koleva Gudeva et al. conducted research aimed at evaluating the effect of cytokinins and their combination with auxins on the formation and growth of microtubers of two potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) under *in vitro* conditions. Sprouts and nodal segments cultivated on MS medium containing 4 mg/l kinetin (KIN) or 2 mg/l BAP (6-benzylaminopurine), as well as their combinations with auxins – MS + 4 mg/l KIN + 1 mg/l IAA (indole-3-butyric acid) and MS + 2 mg/l BAP + 1 mg/l NAA (naphthaleneacetic acid). To stimulate tuber germination *in vivo*, treatment with 2 ppm gibberellic acid (GA₃) was used. Comparative analysis showed that nodal explants were characterized by a higher ability to form microtubers compared to seedlings [1].

4 Influence of carbohydrate sources and organic additives

Carbohydrates are an essential component of nutrient media used in the cultivation of isolated plant tissues and cells, since most such cultures are incapable of complete autotrophic nutrition. Carbohydrate sources provide cells with the energy necessary for growth and division. Sucrose at a concentration of 20–30 g/l is most commonly used as a carbon source, less commonly glucose or fructose.

The sugar concentration has a significant effect on the osmotic potential of the medium and the intensity of cell division: an increase in carbohydrate content above 35 g/l leads to a slowdown in shoot growth [12].

Sucrose is the main source of carbohydrates in nutrient media for plant cultivation. Numerous studies confirm its important role in root system formation and microtuber induction [14]. However, sucrose acts not only as an energy source but also as a growth regulator that influences plant morphogenesis. According to Miakisheva E. P., changes in the concentration of sucrose in the nutrient medium alter the morphogenetic response of regenerated plants, affecting the number of internodes and confirming the involvement of carbohydrates in the regulation of growth and differentiation [2].

According to Miakisheva E. P., both low (1 %) and excessively high (9 %) carbohydrate content in the nutrient medium leads to inhibition of morphogenesis, manifested in a reduction in the number of internodes and a decrease in the reproduction coefficient to 5–6 microcuttings per plant. The most favorable development of regenerants forming 9–10 internodes is observed at a sucrose content of 3–5 % of the total composition of the medium [2].

In a study by Cheremisina A. I. and Kumpan V. N., the process of potato regeneration from meristems on nutrient media with different sucrose and growth regulator contents was investigated. It was found that the composition of the nutrient medium significantly affects the growth and development of potato varieties and hybrids. Optimal results for varieties were obtained on the original medium developed by the Lorch Research Institute of Potato Breeding, while for hybrids, the best effect was observed when using a medium with an increased sucrose content [8].

Organic additives – vitamins (thiamine, pyridoxine, nicotinic acid), amino acids, yeast extracts, or coconut water – activate metabolism and stimulate tissue regeneration.

Lebedeva N. V. and Fedorova Yu. N. established that vitamins included in the nutrient medium are important growth regulators that ensure normal plant development *in vitro*. The classic Murashige and Skoog (MS) nutrient medium uses a vitamin complex that includes thiamine hydrochloride (vitamin B₁) – 0.1 mg/l, pyridoxine chloride (vitamin B₆) – 0.5 mg/l, and nicotinic acid (vitamin PP) – 0.5 mg/l; the stock solution is added at a rate of 1 ml/l of medium [17].

In studies by Miakisheva E. P. et al., the effect of the Murashige and Skoog medium vitamin complex, including thiamine, pyridoxine, and nicotinic acid, on the development of regenerated plants of various potato varieties was studied. These vitamins act as coenzymes and participate in key biochemical processes. It has been established that the vitamin component has a positive effect on morphogenesis – the growth of the above-ground part and the development of the root system – and the optimal ratio of vitamins for each variety has been determined [2].

Research conducted by Anikina I. N. et al. in northeastern Kazakhstan revealed a pronounced stimulating effect of black nightshade infusion on potato productivity. Treatment of plants with this herbal preparation contributed to an increase in the total mass of tubers from one bush by an average of 34 %, while the increase in the mass of edible tubers reached 46 %. Given the biochemical composition of black nightshade, it can be assumed that its effect is not limited to a growth-stimulating effect. A promising direction for further research is to study

the role of this preparation in activating the protective reactions of potatoes and forming their resistance to biotic stressors [18].

Thus, the combination of growth regulators has a pronounced stimulating effect, contributing to an increase in the height of plants of all studied biotechnological lines and more intensive formation of the root system.

5 Practical aspects of selecting a medium for potatoes

When conducting microclonal propagation of potatoes, optimal results are most often achieved using MS nutrient medium enriched with a number of additional components (Table 1).

Table 1 – Additional components of MS culture medium

Component	Concentration	Purpose
Sucrose	30 g/l	Energy source
BAP	1,5 mg/l	Stimulation of shoot formation
IUK	1 mg/l	Acceleration of root formation
GA ₃	0,2 mg/l	Shoot elongation
Agar	7 g/l	Structuring the medium
pH	5,7–5,8	Optimal digestibility of elements

Under these conditions, the reproduction rate varies from 6 to 9 shoots per cycle, and the plants maintain morphological stability. A reduction in salt concentration to ½ MS is used at the rooting stage, which increases the survival rate of micro-shoots during *ex vitro* adaptation.

A series of experiments is conducted on the culture to vary the concentration of hormones and salts. Optimal conditions are determined empirically based on the highest reproduction rate and shoot viability.

The optimal pH of the medium is 5.6–5.8, which ensures the assimilation of macronutrients.

In the practice of clonal micropropagation of plants, solid nutrient media are more commonly used, but the use of liquid options has a number of advantages. They ensure a more uniform distribution and mobility of nutrients, as well as make it possible to change the composition of the medium directly during the cultivation process, which contributes to the active growth of meristem buds [17].

Reducing the content of the gelling agent has a positive effect on the availability of nutrients for plants [2].

Agar, added to the medium at a concentration of 6–8 g/l, determines its density and affects root permeability. Traditionally, it is used in a concentration

of about 7 g/l, but experimental data show that when the agar content is reduced to 4 g/l, there is an increase in the number of internodes, thickening of the stem, and intensification of green mass growth and root formation, which is associated with improved nutrient supply [2].

The use of retardants in in vitro culture media is an effective method for regulating the growth and morphogenesis of potato plants. The addition of compounds such as paclobutrazol (PBZ) or chlorocholine chloride (CCC) slows shoot growth, reduces internode length, and increases the interval between cuttings, which contributes to more stable maintenance of plant collections and reduces the labor costs of subcultivation. According to Baltazar Bernal O. et al., the introduction of paclobutrazol into the Murashige-Skoog medium at a concentration of 0.5–2.0 mg/l ensured the formation of compact, physiologically stable plants and contributed to the preservation of their viability under conditions of slow growth. The authors note that this approach can be successfully applied for medium-term storage and regeneration of potato collection samples in vitro, ensuring growth control while maintaining the regenerative capacity of plants [19].

Conclusions

The composition of the nutrient medium has a decisive influence on the reproduction rate of cultivated potato plants.

The balance of macro- and microelements, the optimal ratio of cytokinins and auxins, as well as the choice of carbon sources determine the rate of shoot formation, their viability, and morphological uniformity.

A properly selected medium allows the propagation rate to be increased by 8–10 times per cycle and ensures high rates of obtaining healthy planting material suitable for large-scale commercial propagation and breeding purposes.

References

- 1 Koleva, G. L., Mitrev, S., Trajkova, F., Ilievski, M. Micropropagation of Potato in vitro // Electronic Journal of Biology. – 2012. – № 8(3). – P. 45–49.
- 2 Miakisheva, E. P., Tavartkiladze, O. K., Durnikin, D. A. Clonal micropropagation of potato varieties by Western Siberia selection – the new features // Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University. – 2016. – № 6(1). – P. 375–389.
- 3 Global, R. S. The effect of various types of auxins on the development of Rhododendron hybr. shoots in in vitro culture and the adaptation of regenerated plants in closed ground // International Scientific and Practical Conference «World science». – 2017.

4 Chindessa, E. Composition and preparation of plant tissue culture medium // Tissue Cult Bio Bioeng. – 2020. – № 3. – 120 p.

5 Мизанбекова, А., Назым, Ә., Коробов, Д. Микроклональное размножение растений // Экономика и социум. – 2022. – № 2–2. – 93 с.

6 Yadav, K. K., Sarkar, S. Biofertilizers, impact on soil fertility and crop productivity under sustainable agriculture // Environment Ecology. – 2019. – № 37. – P. 89–93.

7 Munthali, C., Kinoshita, R., Onishi, K., Rakotondrafara, A., Mikami, K., Koike, M., Tani, M., Palta, J., Aiuchi, D. A. Model nutrition control system in potato tissue culture and its influence on plant elemental composition // Plants. – 2022. – № 11. – P. 2–12.

8 Черемисин, А. И., Кумпан, В. Н. Влияние состава питательной среды при микроклональном размножении сортов и гибридов картофеля // Вестник ОмГАУ. – 2017. – № 4. – 28 с.

9 Safarova, N. K., Safarov, K. S. Optimization of nutrient medium composition for the cultivation of Ostrowskia magnifica Regel in vitro conditions // European science review. – 2016. – № 9. – 10 p.

10 Hawkesford, M. J., Horst, W. J., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J. K., Møller, I. S., & White, P. J. Functions of Macronutrients // Academic Press. – 2012. – P. 135–189.

11 Dos, S., Viana, J., Palaretti, L. F., De Faria, R. T., Delgado, Y. V., Dalri, A. B., Barbosa, J. A. Potato production affected by fertilization methods, masses of seed tubers and water regimes // Hortic. Bras. – 2020. – № 38. – P. 166–174.

12 Tessema, L., Chindi, A., Giorgis, G. W., Solomon, A., Shunka, E., Seid, E. Determination of nutrient solutions for potato (Solanum tuberosum L.) seed production under aeroponics production system // Open Agric. – 2017. – № 2. – P. 155–159.

13 Шириева, О. Ю., Шириева, М. М. Содержание макроэлементов в растениях разных сортов // Известия ОГАУ. – 2022. – № 4. – 96 с.

14 Rout, G. R., Sahoo, S. Role of iron in plant growth and metabolism // Reviews in Agricultural Science. – 2015. – № 3. – P. 1–24.

15 Бабаджанова, Ф. И., Убайдуллаева, Х. А., Камбурова, В. С., Латыпова, Э. А., Болкиев, А. А., Абдуллаев, С. А., Абдуллаев, А. Н., Буриев, З. Т. Рост и развитие в условиях in vitro растений-регенератов картофеля, полученных путем соматического эмбриогенеза // Нива Поволжья. – 2023. – № 2. – 66 с.

16 **Sunil, T. H., Nitin, M. C., Girum, K.** Effect of growth regulators on in vitro micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete varieties from Ethiopia. – 2021. – P. 1–8.

17 **Лебедева, Н. В., Федорова, Ю. Н.** Применение витаминов при ускоренном размножении картофеля // Вестник российского государственного аграрного заочного университета. – Москва, 2014. – С. 15–17.

18 **Аникина, И. Н.** Перспективы использования фитопрепарата на основе *Solanum Nigrum* в картофелеводстве // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты». – Нальчик, 2021. – Т. 2. – С. 14–18.

19 **Baltazar Bernal, O., Spinoso-Castillo, J. L., Mancilla-Álvarez, E., Muñoz-Márquez, R. A., Bello-Bello, J. J.** In vitro conservation and regeneration of potato (*Solanum tuberosum* L.): Role of Paclobutrazol and Silver Nanoparticles // *Horticulturae*. – 2023. – № 9(6). – 676 p.

References

1 **Koleva, G. L., Mitrev, S., Trajkova, F., Ilievski, M.** Micropropagation of Potato *Solanum tuberosum* L. // *Electronic Journal of Biology*. – 2012. – № 8(3). – P. 45–49.

2 **Miakisheva, E. P., Tavartkiladze, O. K., Durnikin, D. A.** Clonal micropropagation of potato varieties by Western Siberia selection – the new features // *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*. – 2016. – № 6(1). – P. 375–389.

3 **Global, R. S.** The effect of various types of auxins on the development of *Rhododendron* hybr. shoots in in vitro culture and the adaptation of regenerated plants in closed ground // *International Scientific and Practical Conference «World science»*. – 2017.

4 **Chimdesa, E.** Composition and preparation of plant tissue culture medium // *Tissue Cult Bio Bioeng*. – 2020. – № 3. – 120 p.

5 **Mizanbekova, A., Nazym, A., Korobov, D.** Mikroklonalnoe razmnzhenie rastenij [Microclonal propagation of plants] // *Ekonomika i socium*. – 2022. – № 2–2. – 93 p.

6 **Yadav, K. K., Sarkar, S.** Biofertilizers, impact on soil fertility and crop productivity under sustainable agriculture // *Environment Ecology*. – 2019. – № 37. – P. 89–93.

7 **Munthali, C., Kinoshita, R., Onishi, K., Rakotondrafara, A., Mikami, K., Koike, M., Tani, M., Palta, J., Aiuchi, D. A.** Model nutrition control

system in potato tissue culture and its influence on plant elemental composition // *Plants*. – 2022. – № 11. – P. 2–12.

8 **Cheremisin, A. I., Kumpan, V. N.** Vliyanie sostava pitatelnoj sredy pri mikroklonalnom razmnzhenii sortov i gibridov kartofelya [Influence of nutrient composition during microclonal propagation of potato varieties and hybrids] // *Vestnik OmGAU*. – 2017. – № 4. – 28 p.

9 **Safarova, N. K., Safarov, K. S.** Optimization of nutrient medium composition for the cultivation of *Ostrowskia magnifica* Regel in vitro conditions // *European science review*. – 2016. – № 9. – 10 p.

10 **Hawkesford, M. J., Horst, W. J., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J. K., Møller, I. S., & White, P. J.** Functions of Macronutrients // *Academic Press*. – 2012. – P. 135–189.

11 **Dos, S., Viana, J., Palaretti, L. F., De Faria, R. T., Delgado, Y. V., Dalri, A. B., Barbosa, J. A.** Potato production affected by fertilization methods, masses of seed tubers and water regimes // *Hortic. Bras*. – 2020. – № 38. – P. 166–174.

12 **Tessema, L., Chindi, A., Giorgis, G. W., Solomon, A., Shunka, E., Seid, E.** Determination of nutrient solutions for potato (*Solanum tuberosum* L.) seed production under aeroponics production system // *Open Agric*. – 2017. – № 2. – P. 155–159.

13 **Shiryaeva, O. Yu., Shiryaeva, M. M.** Soderzhanie makroe`lementov v rasteniyax razny`x sortov [The content of macronutrients in plants of different varieties] // *Izvestiya OGAU*. – 2022. – № 4. – 96 p.

14 **Rout, G. R., Sahoo, S.** Role of iron in plant growth and metabolism // *Reviews in Agricultural Science*. – 2015. – № 3. – P. 1–24.

15 **Babadzhanova, F. I., Ubajdullaeva, X. A., Kamburova, V. S., Latypova, E. A., Bolkiev, A. A., Abdullaev, S. A., Abdullaev, A. N., Buriev, Z. T.** Rost i razvitie v usloviyax in vitro rastenij-regeneratov kartofelya, poluchennyx putem somaticheskogo embriogeneza [Growth and development in vitro of potato regenerate plants obtained by somatic embryogenesis] // *Niva Povolzhya*. – 2023. – № 2. – 66 p.

16 **Sunil, T. H., Nitin, M. C., Girum, K.** Effect of growth regulators on in vitro micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete varieties from Ethiopia. – 2021. – P. 1–8.

17 **Лебедева, Н. В., Федорова, Ю. Н.** Применение витаминов при ускоренном размножении картофеля [The use of vitamins in accelerated potato propagation] // *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta*. – Moskva, 2014. – P. 15–17.

18 **Anikina, I. N.** Perspektivy ispolzovaniya fitopreparata na osnove Solanum Nigrum v kartofelevodstve [Prospects of using phytopreparation based on Solanum Nigrum in potato growing] // Materialy Vserossijskoj (nacionalnoj) nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktualnye problemy agrarnoj nauki: prikladnye i issledovatel'skie aspekty». – Nalchik, 2021. – T. 2. – P. 14–18.

19 **Baltazar Bernal, O., Spinoso-Castillo, J. L., Mancilla-Álvarez, E., Muñoz-Márquez, R. A., Bello-Bello, J. J.** In vitro conservation and regeneration of potato (*Solanum tuberosum* L.): Role of Paclobutrazol and Silver Nanoparticles // Horticulturae. – 2023. – № 9(6). – 676 p.

Received 19.11.25.

Received in revised form 19.11.25.

Accepted for publication 04.12.25.

*В. А. Жиденко¹, И. Н. Аникина²

^{1,2}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

19.11.25 ж. баспаға түсті.

19.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

04.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

ӨСІРІЛЕТІН ӨСІМДІКТЕРДІҢ КӨБЕЮ КОЭФФИЦИЕНТІНЕ ҚОРЕКТІК ОРТАНЫҢ ӘСЕРІ

Бұл мақалада картоптың микрокөбейтуін оңтайландырудың негізгі бағыттарының бірі: өсімдіктердің физиологиялық қажеттіліктеріне бейімделген қоректік орталарды әзірлеу және олардың тамырлану тиімділігін және *in vivo* тіршілігін арттыру талданады. Қоректік орталарды оңтайландыру әлеуетін зерттеу үшін өсімдіктің тиісті дамуы үшін дақылдың қоректік заттарға деген қажеттілігін талдау жүргізілді. Бастапқы бейімделу кезеңінде қолданылатын өсу стимуляторларының құрамын оңтайландырудың рөлі де қарастырылады. Әдебиеттерге шолу картоп дақылдарының талаптарына ең жақсы сәйкес келетін қоректік орталарды пайдалану және өсу реттегіштерінің оңтайландырылған құрамы, сондай-ақ өсіру, тамырлану және акклиматизация жағдайларын таңдау клондық микрокөбейту технологиясының нақты қолдану жағдайларындағы тиімділігін айтарлықтай арттыра алатынын көрсетті. Дұрыс таңдалған орта

циклде көбейту жылдамдығын 8-10 есеге арттыра алады және ірі көлемді өнеркәсіптік көбейту және селекция мақсаттарына жарамды сау отырғызу материалын өндірудің жоғары қарқынын қамтамасыз ете алады. Оңтайландырылған шаралар жиынтығын пайдалану жоғары репродукциялы картоп үшін бастапқы отырғызу материалын жеткізудің жаңа деңгейіне жетуге мүмкіндік береді және тұқым импортын алмастыру мәселесін шешуге көмектеседі.

Кілтті сөздер: картоп, меристемалық дақыл, *in vitro* көбею, өсіру ортасы, морфогенез.

*В. А. Жиденко¹, И. Н. Аникина²

^{1,2}Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Поступило в редакцию 19.11.25.

Поступило с исправлениями 19.11.25.

Принято в печать 04.12.25.

ВЛИЯНИЕ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ РАЗМНОЖЕНИЯ КУЛЬТУРАЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

В статье представлен анализ одного из ключевых направлений оптимизации микроклонального размножения картофеля – разработки питательных сред, адаптированных к физиологическим потребностям растений и повышающих эффективность их укоренения и выживаемости растений картофеля *in vivo*. Для изучения возможностей оптимизации питательных сред проведен анализ потребностей данной культуры к элементам питания, обеспечивающих полноценное развитие растений. Рассмотрена так же роль оптимизации состава используемых стимуляторов роста на стадии первичной адаптации. В ходе анализа литературы выявлено, что использование питательных сред, наиболее соответствующих требованиям культуры картофеля и оптимизированного состава регуляторов роста, а также подбор условий культивирования, укоренения и акклиматизации позволяет в значительной степени повысить эффективность технологии клонального микроразмножения в конкретных условиях применения. Правильно подобранная среда позволяет повысить коэффициент размножения до 8–10 раз за цикл и обеспечить высокие темпы получения оздоровленного посадочного материала, пригодного для

масштабного производственного размножения и селекционных целей. Применение комплекса оптимизированных мероприятий позволит выйти на новый уровень обеспечения исходным посадочным материалом картофеля высших репродукций и позволит решить проблему импортозамещения семян.

Ключевые слова: картофель, меристемная культура, размножение in vitro, питательная среда, морфогенез.

SRSTI 68.01.79

<https://doi.org/10.48081/WZRN4252>

Zh. Zh. Uakhitov¹, *K. K. Seitkhanova², G. D. Yergazinova³

^{1,2}Toraighyrov university,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

³Margulan university,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7090-7834>

²ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9767-6510>

³ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9102-7748>

*e-mail: kumiszhan79@gmail.com

MODERN PEDAGOGY OF TEACHING THE DISCIPLINE «PLANT GROWING»: TRADITIONS AND INNOVATIONS

The methodological modernization of teaching the discipline «Plant Growing» in Kazakhstan is driven by the strategic economic importance of the country's agro-industrial complex (AIC) as a major grain exporter and by the imperative of the widespread introduction of precision farming technologies. Modern educational standards require the training of highly competent, socially responsible, and environmentally conscious specialists capable of integrating scientific research potential and artificial intelligence systems into practical activities.

This process entails a transformation of the teacher's functional role – from the passive transmission of information to mentoring and moderation – encouraging an active and reflective position on the part of students. The updated methodology is based on a humanistic framework, the principles of cooperative pedagogy, the personalization of learning trajectories, and the synergy between verbal presentation and the digital reactivation of visual methods.

Particular importance is attached to the integration of geographic information systems (GIS), 3D modeling, and immersive technologies (VR/AR) for realistic simulation of production scenarios. A central element of the methodology is the concept of independent work as an individualized path to professional self-realization. This approach involves students mastering the skills of critical analysis of large data sets (Big Data), working with

satellite information, and integrating laboratory practice with modern statistical methods for processing field and production data.

Key words: plant growing, personnel training, educational innovation, data analysis, professional competencies

Introduction

The development of the agro-industrial complex is recognized as one of the key strategic directions of Kazakhstan's economy, directly determining the food security and well-being of the country's population. The Republic is a significant player in the global food market, ranking among the top ten world leaders in grain exports and second in terms of flour production [1].

In today's world, it's super important to train a new generation of agribusiness professionals. At this stage of economic development, specialists need to be not only highly professional and responsible, but also environmentally conscious, and able to effectively integrate scientific achievements with practical agricultural production tasks using artificial intelligence [1; 2; 3].

The discipline of plant growing is the main one in the training of agronomists and agroecologists. Studying the discipline of "Plant Growing" is not just about mastering technologies; it is a path to becoming a qualified, responsible, and creative specialist in this field [4].

The relevance of updating the methodology is due to fundamental changes in the agro-industrial complex: the transition to precision farming, the need to ensure food security in the context of global climate risks, and the introduction of modern digital platforms [5]. A modern specialist – an agronomist – must not only know the morphology of plants, but also be able to interpret satellite images, analyze yield maps, and make decisions based on data.

To achieve this goal, a system of deep, purposeful, and active interaction between the teacher and students is necessary. Teachers need to act as mentors, organizers, and inspirers.

For example, when studying the topic "Corn," the teacher not only shares facts (economic significance, biology, agricultural technology), but also invites students to reflect on: «How can we create optimal conditions for the growth of this crop in a changing climate?» [4; 6]. In order for knowledge to be consolidated, the narrative must be accompanied by demonstrations: the teacher works with live specimens, collections, interactive models, and GIS maps, linking theory with reality [4; 6; 7]. True assimilation and consolidation occurs when the learner becomes an active subject of cognition [7]. This is achieved through independent immersion in literature, creative laboratory and practical tasks, conducting mini-research and field observations, as well as developing comprehensive technological

maps and participating in industrial practice. It follows that teaching is carried out using various methods [5; 7; 8]. Teaching methods are usually defined as «the ways in which teachers and students work together to achieve the acquisition of knowledge, skills, and abilities by students, the formation of their worldview, and the development of their abilities» [8].

Materials and methods

In preparing this review article, methods of theoretical analysis and systematization of scientific and pedagogical sources were used. Textbooks and manuals used in agricultural universities, as well as publications in scientific journals devoted to issues of agricultural education and the application of modern digital technologies in agriculture.

Results and discussion

Current trends and principles of teaching

The methods used to teach the discipline of "Plant Growing" have features in common with the methods used to teach other disciplines, but they are determined by the content of the "Plant Growing" course and reflect the nature of the research methods characteristic of this science. In plant growing, the main research methods are observation and experimentation [9]. Therefore, teaching plant growing cannot do without observation and experimentation [5; 9; 10].

The training of agronomists requires the use of exercises (participation in production work) that help develop the skills of observation and comparison of facts [8], as well as the formation of critical thinking and digital competencies [11]. The humanistic method of teaching plant growing is based on cooperative pedagogy: we follow the principle of a personalised approach, where each student is unique, and relationships are built on dialogue and partnership [6; 7]. According to the teachings of Pavlov I.P., humans have two signalling systems. Based on the understanding of the unity of the two signaling systems, demonstration and narration should work together [7]. In order for students to perceive the material being studied, the teacher must skillfully combine explanation, work with the textbook, demonstration of visual aids, conducting observations and experiments by students, and performing practical tasks.

The choice of teaching method depends on the didactic goals it serves: a) acquisition of new knowledge by students; b) comprehension and consolidation of acquired knowledge; c) formation of skills and abilities in students; d) application of knowledge and development of creative activity (project approach); e) testing and evaluating students' knowledge [6; 7].

Didactic and organizational components of the educational process in the teaching methodology of the discipline «Plant Growing»

Classroom work should be based on lively communication and exchange of ideas. As is well known, the main forms of verbal interaction between the teacher and students are storytelling, explanation, lecture, and conversation [6; 7].

Instead of a monologue, explanations and narrations serve as an invitation to joint exploration: usually, the teacher does not simply convey information, but reveals the essence of processes and cause-and-effect relationships [8; 9], thereby stimulating critical thinking and the need for students to independently comprehend the material.

The lecture is transformed from a passive form into structured co-creation: it should not be a dictation, but a logically structured scientific dialogue in which the teacher clearly outlines the horizons of research and directs the audience's attention to key concepts and scientific conclusions [6; 7].

Conversation (dialogue) is, in essence, the main tool for feedback and personal activation of students. The question-and-answer format allows students to formulate their professional position, exchange practical experience, thereby developing communication skills and strengthening confidence in their knowledge [9].

In parallel with verbal methods, there is a radical renewal of visual methods. Thanks to the intensive development of digital technologies, demonstrations of the objects being studied can go beyond the old teaching aids and turn into an exciting form of visualization and complete immersion in agronomic reality.

This requires the use of advanced digital tools: interactive 3D models [12; 13; 14], and, in our vision, these should be video cases from production fields, detailed GIS maps, as well as virtual and augmented reality (VR/AR) technologies that allow for the safe simulation and practice of complex agronomic operations or disease diagnostics [15].

Laboratory work has always been and remains at the heart of the discipline [9], where the student acts as a real researcher, and the learning process becomes a discovery through personal experience [7]. Classical observations and experiments must be integrated with advanced methods of statistical data analysis [10; 11; 12]. It is necessary for students to be able to immerse themselves in practical work with real data and analyze it, study the monitoring systems of combines and GIS platforms, thereby mastering the key tools and technologies of precision farming [5; 15].

Independent work by students within the framework of the «Plant Growing» course should be transformed into an individual trajectory of professional growth [5; 7]. Its key goal is to develop not only subject knowledge, but also such important qualities as independence, initiative, and responsibility [12; 13].

In keeping with the trends of the times, work with information resources should be significantly expanded: it should go beyond traditional textbooks and include active interaction with specialized digital platforms [13; 14]. Students must learn to critically analyze data obtained from electronic systems, process satellite images and GIS reports, thereby developing the skills necessary for decision-making in precision agriculture [5; 15; 16].

To ensure the intensity of training and operational control of knowledge, programmed learning (e.g., electronic testing) should be used, which will allow for effective management of the learning process [6; 7].

Conclusions

The teaching of the discipline «Plant Growing» is undergoing a profound methodological transformation, reflecting the convergence of agricultural education with digital and humanistic paradigms. In modern conditions, the main task of the teacher is not so much to convey academic material as to stimulate systematic thinking in students and to develop the responsibility and competencies of a highly qualified agronomist.

In turn, the role of the teacher is undergoing strategic changes in modern realities; they are no longer just a source of knowledge and must transition to the role of a mentor-moderator of the educational process.

The digitalization of the educational environment opens up fundamentally new opportunities for increasing clarity and engagement. The use of interactive GIS platforms, virtual and augmented reality (VR/AR) technologies, and 3D modeling will allow students to immerse themselves in technological cycles and simulate production management scenarios. These tools effectively transform learning into research practice, ensuring an inseparable link between theory and applied tasks.

Individualization of the educational process occupies a key place in modern methodology. Independent and practical activity of students should become a conscious trajectory of professional development for agronomists.

Modern teaching methods for the discipline of «Plant Growing» should represent an effective synthesis of tradition and technological innovation. The basis of these methods should be the unity of sensory perception (digital visualization) and cognitive understanding (scientific dialogue), which is the foundation for training a new generation of specialists. Such graduates are capable of demonstrating interdisciplinary thinking, working effectively with digital ecosystems, and at the same time understanding the importance of sustainable agricultural work.

References

- 1 **Есполов, Т. И., Тиреуов, К. М., Омиржанов, Е. Т.** Об опыте подготовки кадров высшей квалификации в Казахском национальном аграрном исследовательском университете //Казанский педагогический журнал. – 2020. – № 6(143). – С. 50–56.
- 2 **Титков, А. А., Нурғалиева, А. А., Эрнazarov, Т. Я.** Трудовые ресурсы АПК Республики Казахстан и эффективность их использования //Проблемы агрорынка. – 2019. – № 4. – С. 171–176
- 3 **Hartmann, K., Martin, M. J.** A critical pedagogy of agriculture //Journal of Agricultural Education. – 2021. – Т. 62. – № 3. – С. 51–71.
- 4 **Васько, В. Т.** Теоретические основы растениеводства. – М., 2004 – 197 с.
- 5 **Шекшаева, Н. Н., Наумкин, Н. И., Кувшинов, А. Н.** Проектирование агроинженерной образовательной среды на основе использования стендов-симуляторов //Педагогическое образование в России. – 2024. – № 5. – С. 280–291.
- 6 **Ториков, В. Е., Мельникова О. В.** Методика преподавания дисциплины «Растениеводство». – 2017.
- 7 **Смирнов, С. Д.** Педагогика и психология высшего образования: от деятельности к личности : учебное пособие / С. Д. Смирнов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Академия, 2013. – 304 с.
- 8 **Томилов, В. П.** Опытное дело в растениеводстве. - Астана, 2001, 178 с.
- 9 **Дьюи, Д.** Опыт и образование Дьюи Дж. Опыт и образование //Дьюи Д. Демократия и образование. – М. : Педагогика. – 2000. – С. 324.
- 10 **Атабаева, Х. Н., Умарова, Н. С.** Растениеводство //Ташкент, Мехнат. – 2000. – Т. 270. – № уzb.
- 11 **Евтефеев, Ю. В.** Основы агрономии. – М., 2008 – 368 с.
- 12 **Доспехов, Б. А.** Методика полевого опыта. – 1985.
- 13 **Мамажонов, У. М.** Цифровые технологии: их роль в образовательном процессе //Проблемы современного образования. – 2022. – № 5. – С. 209–218.
- 14 **Куркина, Н. Р., Стародубцева, Л. В.** Цифровые технологии как фактор повышения эффективности образовательного процесса //Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2018. – Т. 9. – № 1. – С. 14–17.
- 15 **Брюханов, А. Ю., Судаченко, В. Н., Эрк, А. Ф.** Цифровые технологии обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства //АгроЭкоИнженерия. – 2019. – № 1(98). – С. 257–268.

- 16 **Kumar, A., Kumar, V. A.** Pedagogy in higher education of agriculture //Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2014. – Vol. 152. – P. 89–93.

References

- 1 **Espolov, T. I., Tireuov, K. M., Omirzhanov, E. T.** Ob opyte podgotovki kadrov vysshej kvalifikacii v Kazahskom nacional'nom agrarnom issledovatel'skom universitete [On the Experience of Training Highly Qualified Specialists at the Kazakh National Agrarian Research University] // Kazanskij pedagogicheskij zhurnal. – 2020. – № 6(143). – P. 50–56.
- 2 **Titkov, A. A., Nurgalieva, A. A., Ernazarov, T. YA.** Trudovye resursy APK Respubliki Kazahstan i effektivnost' ih ispol'zovaniya [Labor Resources of the Agro-Industrial Complex of the Republic of Kazakhstan and the Efficiency of Their Use]//Problemy agrorynka. – 2019. – № 4. – P. 171–176
- 3 **Hartmann, K., Martin, M. J.** A critical pedagogy of agriculture // Journal of Agricultural Education. – 2021. – Т. 62. – № 3. – С. 51–71.
- 4 **Vas'ko, V. T.** Teoreticheskie osnovy rastenievodstva. [Theoretical Foundations of Plant Growing] – М., 2004 – 197 p.
- 5 **SHekshaeva, N. N., Naumkin, N. I., Kuvshinov, A. N.** Proektirovanie agroinzhenernoj obrazovatel'noj sredy na osnove ispol'zovaniya stendov-simulyatorov [Designing an Agro-Engineering Educational Environment Based on the Use of Simulator Stands]//Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. – 2024. – № 5. – P. 280–291.
- 6 **Torikov, V. E., Mel'nikova O. V.** Metodika prepodavaniya discipliny «Rastenievodstvo». [Methodology of Teaching the Discipline «Plant Growing»] – 2017.
- 7 **Smirnov, S. D.** Pedagogika i psihologiya vysshego obrazovaniya: ot deyatel'nosti k lichnosti [Pedagogy and Psychology of Higher Education: From Activity to Personality]: uchebnoe posobie / S. D. Smirnov. – 5-e izd., pererab. i dop. – Moskva : Akademiya, 2013. – 304 p.
- 8 **Tomilov, V. P.** Opytnoe delo v rastenievodstve. [Experimental Work in Plant Growing] – Astana, 2001, 178 p.
- 9 **D'yui, D.** Opyt i obrazovanie [Experience and Education] D'yui Dzh. Opyt i obrazovanie //D'yui D. Demokratiya i obrazovanie. – М. : Pedagogika. – 2000. – P. 324.
- 10 **Atabaeva, H. N., Umarova, N. S.** Rastenievodstvo [Plant Growing] // Tashkent, Mekhnat. – 2000. – Vol. 270. – № yzb.
- 11 **Evtefeev, YU. V.** Osnovy agronomii. [Fundamentals of Agronomy] – М., 2008 – 368 p.

12 **Dospekhov, B. A.** Metodika polevogo opyta. [Methodology of Field Experiment] – 1985.

13 **Mamazhonov, U. M.** Cifrovye tekhnologii: ih rol' v obrazovatel'nom processe [Digital Technologies: Their Role in the Educational Process]//Problemy sovremennogo obrazovaniya. – 2022. – № 5. – P. 209–218.

14 **Kurkina, N. R., Starodubceva, L. V.** Cifrovye tekhnologii kak faktor povysheniya effektivnosti obrazovatel'nogo processa [Digital Technologies as a Factor in Increasing the Efficiency of the Educational Process]//Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie. – 2018. – Vol. 9. – № 1. – P. 14-17.

15 **Bryuhanov, A. YU., Sudachenko, V. N., Erk, A. F.** Cifrovye tekhnologii obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti sel'skohozyajstvennogo proizvodstva [Digital Technologies for Ensuring Environmental Safety in Agricultural Production]//AgroEkoInzheneriya. – 2019. – № 1(98). – P. 257–268.

16 **Kumar, A., Kumar, V. A.** Pedagogy in higher education of agriculture //Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2014. – Vol. 152. – P. 89–93.

Received 05.11.25.

Received in revised form 11.11.25.

Accepted for publication 23.12.25.

*Ж. Ж. Уахитов¹, *К. К. Сейтханова², Г. Д. Ергазина³*

^{1,2}Торайғыров Университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

³Марғұлан Университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

05.11.25 ж. баспаға түсті.

11.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

23.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

«ӨСІМДІК ШАРУАШЫЛЫҒЫН» ОҚЫТУДЫҢ ЗАМАНАУИ ПЕДАГОГИКАСЫ: ДӘСТҮРЛЕР МЕН ИННОВАЦИЯЛАР

Қазақстанда «Өсімдік шаруашылығы» пәнін оқытудың әдістемелік жаңғыртылуы елдің агроөнеркәсіптік кешенінің (АӨК) стратегиялық экономикалық маңыздылығымен, яғни ірі астық экспорттаушы ретіндегі рөлімен және дәлме-дәл егіншілік технологияларын кеңінен енгізу қажеттілігімен айқындалады.

Қазіргі білім беру стандарттары ғылыми-зерттеу әлеуетін және жасанды интеллект жүйелерін практикалық қызметке біріктіре алатын, жоғары білікті, әлеуметтік жауапты және экологиялық саналы мамандарды даярлауды талап етеді.

Бұл өз кезегінде оқытушының функционалдық рөлін өзгертеді: ол ақпаратты пассивті жеткізушіден тәлімгер мен модераторға айналып, студенттердің белсенді әрі рефлексивті ұстанымын ынталандырады.

Жаңартылған әдістеме гуманистік платформаға, кооперативтік педагогика қағидаттарына, оқыту траекторияларын жекелендіруге және вербалды баяндауды визуалды әдістердің цифрлық реактивациясымен ұштастыруға негізделген.

Маңызды назар географиялық ақпараттық жүйелерді (ГАЗ), 3D модельдеуді және иммерсивті технологияларды (VR/AR) оқу процесіне енгізуге аударылады, бұл өндірістік жағдайларды шынайы модельдеуге мүмкіндік береді.

Әдістеменің орталық элементі – студенттің кәсіби өзін-өзі жүзеге асыруының дара жолы ретінде қарастырылатын дербес жұмыс тұжырымдамасы. Ол студенттердің үлкен деректерді (Big Data) сыни талдау, спутниктік деректермен жұмыс істеу және зертханалық-практикалық сабақтарды интеграциялау дағдыларын меңгеруін көздейді.

Кілтті сөздер: өсімдік шаруашылығы, кадрларды даярлау, оқыту жаңалықтары, деректерді талдау, кәсіби құзыреттер

*Ж. Ж. Уахитов¹, *К. К. Сейтханова², Г. Д. Ергазина³*

^{1,2}Торайғыров Университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар;

³Марғұлан Университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Поступило в редакцию 05.11.25.

Поступило с исправлениями 11.11.25.

Принято в печать 23.12.25.

СОВРЕМЕННАЯ ПЕДАГОГИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «РАСТЕНИЕВОДСТВО»: ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ

Методологическая модернизация преподавания дисциплины «Растениеводство» в Казахстане обусловлена стратегической экономической значимостью агропромышленного комплекса (АПК) страны как крупного экспортёра зерна и необходимостью широкого внедрения технологий точного земледелия. Современные образовательные стандарты требуют подготовки высококомпетентных, социально ответственных и экологически сознательных специалистов, способных интегрировать научно-исследовательский потенциал и системы искусственного интеллекта в практическую деятельность. Это влечет за собой трансформацию функциональной роли преподавателя, который смещает акцент с пассивной передачи информации на наставничество и модерацию, иницируя активную, рефлексивную позицию со стороны студентов. Обновленная методология основана на гуманистической платформе, принципах кооперативной педагогики, персонализации траекторий обучения и синергии вербальной презентации с цифровой реактивацией визуальных методов. Фундаментальное значение придается интеграции географических информационных систем (ГИС), 3D-моделирования и иммерсивных технологий (VR/AR) для реалистичного моделирования производственных сценариев. Центральным элементом методологии является концепция самостоятельной работы как индивидуализированного пути к профессиональной самореализации, которая предполагает овладение студентами навыками критического анализа больших объемов информации (Big Data), работы с спутниковыми данными и интеграции лабораторных практических занятий.

Ключевые слова: растениеводство, подготовка кадров, образовательные инновации, анализ данных, профессиональные компетенции

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ

Аникина Ирина Николаевна, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор, Ауыл шаруашылық ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: anikina.i@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9535-5909>

Арынова Шынар Жаныбековна, PhD докторы, қауымд. профессор, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 1400008, Қазақстан Республикасы, e-mail: shinar_uzh@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9895-7649>

Арынова Шынар Жаныбековна, PhD докторы, қауымд. профессор, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 1400008, Қазақстан Республикасы, e-mail: shinar_uzh@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9895-7649>

Байсалова Галия Жумамуратовна, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің профессоры, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: galya_72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1338-0308>

Бильтаева Азина Нурлановна, Торайғыров университетінің жаратылыстану ғылымдары факультетінің экология факультетінің студенті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: azina.biltaeva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-8403-9243>

Буркитбаева Улжан Дүйсенбаевна, PhD докторы, қауымд. профессор, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 1400008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ulzhan_1280@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8585-0412>

Веселовский Иван Евгеньевич, «Биотехнология» мамандығы бойынша докторант, Ауыл шаруашылық ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: veselovskii_ivan@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6389-1756>

Ергазинова Гульнар Джумабаевна, Шет тілдер филологиясының магистрі, Шет тілдер факультеті, Марғұлан университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: gulchatay09@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-9102-7748>

Жиденко Виктория Александровна, «Биотехнология» мамандығы бойынша докторант, Ауыл шаруашылық ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: vika_7625@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4971-7090>

Канатқызы Ертай Бекзада, Астана медицина университетінің магистранты, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: Bekzada2001_2001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-6883-0062>

Капшақбаева Зарина Владимировна, PhD, профессор, Ауыл шаруашылық ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: z.k.87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7989-5270>

Кереев Амангельды Ерланович, 7M05201 «Экология» мамандығы бойынша магистрант, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kereev.aman.1999@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-8369-7883>

Кужатова Пернегуль Оразаевна, Астана медицина университетінің аға оқытушысы, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: perne-orazai@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-4378-0568>

Магзамов Адиль Ерланұлы, Ақтоғай-Агро, Ақтоғай ауданы, Павлодар облысы, 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: adilmagzamov1@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-9918-1506>

Макаров Александр Владимирович, Ресей Ғылым академиясы Сібір филиалының Жануарлар систематикасы және экологиясы институты, Новосибирск қ., 630000, Ресей Федерациясы, e-mail: al_micromammals@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1551-4939>

Мукарам Жәмила Серікқызы, 6B05201 «Экология» мамандығы бойынша магистрант, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhamilya.mukaram@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7014-5035>

Сапышев Мадияр Жандосович, «Органикалық заттардың химиялық технологиясы» мамандығы бойынша магистрант, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Лауазымы: «ПМХЗ» ЖШС технологиялық қондырғыларының операторы, Қазақстан Республикасы, e-mail: sapyshevmediyar@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-2043-2291>

Сейтханова Күмісжан Қабдылуахитқызы, «Биотехнология» мамандығы бойынша докторант, Ауылшаруашылық ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: seyt.r@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9767-6510>

Сергазинова Зарина Мухтаровна, PhD, доцент, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000 Қазақстан Республикасы, e-mail: wwwszm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3437-8717>

Талтенов Абзал, Л. Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университетінің профессоры, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: abzal06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0620-3816>

Уахитов Жастлек Жумабаевич, ауылшаруашылық ғылымдарының кандидаты, профессор, Ауылшаруашылық ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhassan-kozgan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7090-7834>

Шарипова Айнагуль Каировна, жаратылыстану ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: scharipova_5@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8482-0258>

Шарипова Карагоз Болатовна, 7M05201 «Экология» мамандығы бойынша магистрант, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: sharipova_karagoz@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7043-827X>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аникина Ирина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, Факультет сельскохозяйственных наук, Торайғыров университет, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: anikina.i@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9535-5909>

Арынова Шынар Жаныбековна, доктор PhD, ассоц. профессор, Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: shinar_uzh@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9895-7649>

Арынова Шынар Жаныбековна, доктор PhD, ассоц. профессор, Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: shinar_uzh@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9895-7649>

Байсалова Галия Жумамуратовна, профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: galya_72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1338-0308>

Бильтаева Азина Нурлановна, студент, специальность «Экология», Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: azina.biltaeva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-8403-9243>

Буркитбаева Улжан Дуйсенбаевна, доктор PhD, ассоц. профессор, Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ulzhan_1280@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8585-0412>

Веселовский Иван Евгеньевич, докторант, специальность «Биотехнология», Факультет сельскохозяйственных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: veselovskii.Ivan@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6389-1756>

Ергазинова Гульнар Джумабаевна, магистр иностранной филологии, Факультет Иностранных языков, Маргулан университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: gulchatay09@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-9102-7748>

Ертай Бекзада Канатовна, магистрант, Медицинский университет Астана, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: Bekzada2001_2001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-6883-0062>

Жиденко Виктория Александровна, докторант, специальность «Биотехнология», Факультет сельскохозяйственных наук, Торайғыров

университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: vika_7625@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4971-7090>

Капшабаева Зарина Владимировна, PhD, профессор, Факультет сельскохозяйственных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: z.k.87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7989-5270>

Кереев Амангельды Ерланович, магистрант, специальность 7M05201 «Экология», Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kereev.aman.1999@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-8369-7883>

Кужатова Пернегуль Оразаевна, ст. преподаватель, Медицинский университет Астана, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: perne-orazai@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-4378-0568>

Магзамов Адиль Ерланович, ТОО «Актогай-Агро», Актогайский район, Павлодарская область, 140008, Республика Казахстан, e-mail: adilmagzamov1@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-9918-1506>

Макаров Александр Владимирович, Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, 630000, Российская Федерация, e-mail: al_micromammals@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1551-4939>

Мукарам Жамиля Сериккызы, магистрант, специальность 6B05201 «Экология», Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zhamilya.mukaram@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7014-5035>

Сапышев Мадияр Жандосович, магистрант, специальность «Химическая технология органических веществ», Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, Должность: оператор технологических установок ТОО «ПНХЗ», e-mail: sapyshevmediyar@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-2043-2291>

Сейтханова Кумисжан Кабдылуахиткызы, докторант, специальность «Биотехнология», Факультет гуманитарных и социальных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: seyt.r@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9767-6510>

Сергазинова Зарина Мухтаровна, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: wwwszm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3437-8717>

Талтенов Абзал, профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилёва, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: abzal06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0620-3816>

Уахитов Жастлек Жумабаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, Факультет гуманитарных и социальных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zhassan-kozgan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7090-7834>

Шарипова Айнагуль Каировна, магистр естественных наук, ст. преподаватель, Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: scharipova_5@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8482-0258>

Шарипова Карагоз Болатовна, магистрант, специальность 7М05201 «Экология», Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: sharipova_karagoz@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7043-827X>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anikina Irina Nikolayevna, Candidate of agricultural sciences, professor, Faculty of Agricultural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: anikina.i@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9535-5909>

Arynova Shynar Zhanybekovna, PhD, Associate Professor, Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: shinar_uzh@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9895-7649>

Arynova Shynar Zhanybekovna, PhD, Associate Professor, Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: shinar_uzh@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9895-7649>

Baisalova Galiya, Professor of L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: galya_72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1338-0308>

Biltayeva Azina Nurlanovna, Student of the specialty «Ecology», Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: azina.biltaeva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-8403-9243>

Burkitbayeva Ulzhan Duisembaevna, PhD, Associate Professor, Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ulzhan_1280@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8585-0412>

Kapshakbaeva Zarina Vladimirovna, PhD, professor, Faculty of Agriculture Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: z.k.87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7989-5270>

Kereyev Amangeldy Yerlanovich, Master's student in the specialty 7М05201 «Ecology», Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, kereev.aman.1999@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-8369-7883>

Kuzhatova Pernegul, Senior Lecturer of Astana Medical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: perne-orazai@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-4378-0568>

Magzamov Adil Yerlanovich, Aktogay-Agro, Aktogay district, Pavlodar region, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: adilmagzamov1@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-9918-1506>

Makarov Alexander Vladimirovich, Institute of Animal Systematics and Ecology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,

Novosibirsk, 630000, Russian Federation, e-mail: al_micromammals@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1551-4939>

Mukaram Zhamilya Serikkyzy, Master's student in the specialty 6B05201 «Ecology», Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhamilya.mukaram@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7014-5035>

Sapyshev Madiyar Zhandosovich, Master student in «Chemical Technology of Organic Substances», Faculty of Natural Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, Position: operator of technological installations of PNHZ LLP, e-mail: sapyshevmediyar@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-2043-2291>

Seitkhanova Kumiszhan Kabdyluakhitkyzy, doctoral student in «Biotechnology», Faculty of Agricultural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: seyt.r@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9767-6510>

Sergazinova Zarina Mukhtarovna, PhD, Associate Professor, Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: wwwszm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3437-8717>

Sharipova Ainagul Kairovna, Master of Natural Sciences, Senior Lecturer, Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, scharipova_5@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8482-0258>

Sharipova Karagoz Bolatovna, Master's student in the specialty 7M05201 «Ecology», Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, sharipova_karagoz@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7043-827X>

Taltenov Abzal, Professor of L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: abzal06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0620-3816>

Uakhitov Zhastlek Zhumabaevich, Candidate of agricultural sciences, professor, Faculty of Agricultural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhassan-kozgan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7090-7834>

Veselovskiy Ivan Evgenievich, doctoral student in «Biotechnology», Faculty of Agriculture Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: veselovskii_ivan@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6389-1756>

Yergazinova Gulnar Jumabaevna, Master of Foreign Philology, Faculty of Foreign Languages, Margulan University, Pavlodar, 140000, Republic of

Kazakhstan, e-mail: gulchatay09@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-9102-7748>

Yertay Bekzada, Master's student of Astana Medical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Bekzada2001_2001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-6883-0062>

Zhidenko Viktoriya Aleksandrovna, doctoral student in «Biotechnology», Faculty of Agricultural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: vika_7625@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4971-7090>

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
научных журналов НАО «Торайғыров университет»
«Вестник Торайғыров университета»,
«Наука и техника Казахстана»**

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

* В номер допускается не более одной рукописи от одного автора либо того же автора в составе коллектива соавторов.

* Количество соавторов одной статьи не более 5.

* Степень оригинальности статьи должна составлять не менее 60 % (согласно решению редакционной коллегии).

* Направляемые статьи не должны быть ранее опубликованы, не допускается последующее опубликование в других журналах, в том числе переводы на другие языки.

* Решение о принятии рукописи к опубликованию принимается после проведения процедуры рецензирования.

* Двойное рецензирование (слепое) проводится конфиденциально, автору не сообщается имя рецензента, а рецензенту – имя автора статьи.

* Квитанция об оплате предоставляется после принятия статей к публикации. Стоимость публикации в журнале составляет 7000 (семь тысяч) тенге.

* докторантам НАО «Торайғыров университет» и иностранным авторам (без казахстанских соавторов) публикация в журнале бесплатно.

* Если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом статья возвращается автору на доработку. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензирование 1 раз. Ответственность за содержание статьи несет автор.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления. Журнал формируется исходя из количества не более 30 статей в одном номере.

Периодичность издания журналов – 4 раза в год (ежеквартально).

Сроки подачи статьи:

- первый квартал до 01 февраля;
- второй квартал до 01 мая;
- третий квартал до 01 августа;
- четвертый квартал до 01 ноября.

Научный журнал «Вестник Торайғыров университета», «Наука и техника Казахстана» выпускается с периодичностью 4 раза в год в сетевом (электронном) формате в следующие установленные сроки выхода номеров журнала:

- первый номер выпускается до 30 марта текущего года;
- второй номер – до 30 июня;
- третий номер – до 30 сентября;
- четвертый номер – до 30 декабря.

Статью (электронную версию и квитанции об оплате) следует направлять на сайтах:

- <https://vestnik-pedagogic.tou.edu.kz/>
- <https://vestnik-philological.tou.edu.kz/>
- <https://vestnik-energy.tou.edu.kz/>
- <https://vestnik-humanitar.tou.edu.kz/>
- <https://vestnik-cb.tou.edu.kz/>
- <https://vestnik-economic.tou.edu.kz/>
- <https://vestnik-pm.tou.edu.kz/>
- <https://vestnik-law.tou.edu.kz/>
- <https://stk.tou.edu.kz>
- <https://localhistory.tou.edu.kz>

Для подачи статьи на публикацию необходимо пройти регистрацию на сайте.

Автор, который внес наибольший интеллектуальный вклад в подготовку рукописи (при двух и более соавторах), является автором-корреспондентом и обозначается «*».

Авторы из разных учебных заведений указываются цифрами 1,2.

Для осуществления процедуры двойного рецензирования (слепого), авторам необходимо отправлять два варианта статьи: первый – с указанием личных данных, второй – без указания личных данных. При нарушении принципа слепого рецензирования статья не рассматривается.

Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям, в электронном варианте со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для Windows» (в форматах .doc, .docx, .rtf).

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы должен составлять **не менее 7 и не более 12 страниц печатного текста**. Поля страниц – 30 мм со всех сторон листа; Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).

Структура научной статьи включает название, аннотация, ключевые слова, основные положения, введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, выводы, информацию о финансировании (при наличии), список использованных источников (литературы) к каждой статье, включая романизированный (транслитерированный латинским алфавитом) вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках) см. ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.

Статья должна содержать:

1. **МРНТИ** (Межгосударственный рубрикатор научной технической информации);

2. **DOI** – после МРНТИ в верхнем правом углу (присваивается и заполняется редакцией журнала);

3. **Инициалы** (имя, отчество) **Фамилия** автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (жирным шрифтом, по центру);

Автор, который внес наибольший интеллектуальный вклад в подготовку рукописи (при двух и более соавторах), является автором-корреспондентом и обозначается «*».

Авторы из разных учебных заведений указываются цифрами 1,2.

4. **Аффилиация** (организация (место работы (учебы)), страна, город) – на казахском, русском и английском языках. Полные данные об аффилиации авторов представляются в конце журнала;

5. **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (не более 12 слов, прописными буквами, жирным шрифтом, по центру, на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий);

6. **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском либо немецком языках (рекомендуемый объем аннотации на языке публикации – не менее 150, не более 300 слов, курсив, нежирным шрифтом, кегль – 12 пунктов, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец);

7. **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (оформляются на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий; кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 1 см.). Рекомендуемое количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3. Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (см. образец);

8. **Основной текст** статьи излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

- **Введение** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы. Актуальность темы определяется общим интересом к изученности данного объекта, но отсутствием исчерпывающих ответов на имеющиеся вопросы, она доказывается теоретической или практической значимостью темы.

- **Материалы и методы** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

- **Результаты и обсуждение** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Приводится анализ и обсуждение полученных вами результатов исследования. Приводятся выводы по полученным в ходе исследования результатам, раскрывается основная суть. И это один из самых важных разделов статьи. В нем необходимо провести анализ результатов своей работы и обсуждение соответствующих результатов в сравнении с предыдущими работами, анализами и выводами.

- **Информацию о финансировании (при наличии)** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).

- **Выводы** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).

Выводы – обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором, и заключение автора об изменении научного знания с учетом полученных результатов. Выводы не должны быть абстрактными, они должны быть использованы для обобщения результатов исследования в той или иной научной области, с описанием предложений или возможностей дальнейшей работы.

- **Список использованных источников** (жирными буквами, кегль – 14 пунктов, в центре) включает в себя:

Статья и список использованных источников должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами читателям для ознакомления, как смежные работы, проводимые параллельно. Объем не менее 10, не более чем 20 наименований (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки), преимущественно за последние 10-15 лет.

В случае наличия в списке использованных источников работ на кириллице (на казахском и русском языках), необходимо представить список литературы в двух вариантах: 1) в оригинале (указываются источники на русском, казахском и английском либо немецком языках); 2) романизированный вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках), то есть транслитерация латинским алфавитом. см. ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.

Онлайн сервис Транслитерация по ГОСТу – <https://transliteration-online.ru/>

Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.

Романизированный список литературы должен выглядеть следующим образом: автор(-ы) (транслитерация либо англоязычный вариант при его наличии) → название статьи в транслитерированном варианте → [перевод названия статьи на английский язык в квадратных

скобках] → название казахоязычного либо русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название при его наличии) → выходные данные с обозначениями на английском языке.

Иллюстрации, перечень рисунков и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

Математические формулы должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В электронном варианте приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (номера телефонов для связи редакции с авторами, не публикуются);

Сведения об авторах

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Фамилия Имя Отчество (полностью)		
Должность, ученая степень, звание		
Организация		
Город		
Индекс		
Страна		
E-mail		
Телефон		

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

МРНТИ 14.37.27

DOI xxxxxxxxxxxxxxxx

***С. К. Антикеева**

Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ ЧЕРЕЗ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

В данной статье представлена теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, которая разработана в рамках докторской диссертации «Формирование личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации». В статье приводятся педагогические аспекты самого процесса моделирования, перечислены этапы педагогического моделирования. Представлены методологический, процессуальный (технологический) и инструментальный уровни модели, ее цель, мониторинг сформированности искомых компетенций, а также результат. В модели показаны компетентностный, личностно-ориентированный и практико-ориентированный педагогические подходы, закономерности, принципы, условия формирования выбранных компетенций; описаны этапы реализации процесса формирования, уровни сформированности личностных и профессиональных компетенций. В разделе практической подготовки предлагается интерактивная работа в системе слушатель-преподаватель-группа, подразумевающая личное участие каждого специалиста, а также открытие первого в нашей стране Республиканского общественного объединения «Национальный альянс профессиональных социальных работников». Данная модель подразумевает под собой дальнейшее совершенствование и самостоятельное развитие личностных и профессиональных компетенций социальных работников. Это позволяет увидеть в модели эффективность реализации курсов повышения квалификации, формы, методы и средства работы.

Ключевые слова: теоретическая модель, компетенции, повышение квалификации, социальные работники.

Введение

Социальная работа – относительно новая для нашей страны профессия. Поэтому обучение социальных работников на современной стадии не характеризуется наличием достаточно разработанных образовательных стандартов, которые находили бы выражение в формулировке педагогических целей, в содержании, технологиях учебного процесса.

*Продолжение текста публикуемого материала***Материалы и методы**

Теоретический анализ научной психолого-педагогической и специальной литературы по проблеме исследования; анализ законодательных и нормативных документов по открытию общественных объединений; анализ содержания программ курсов повышения квалификации социальных работников; моделирование; анализ и обобщение педагогического опыта; опросные методы (беседа, анкетирование, интервьюирование); наблюдение; анализ продуктов деятельности специалистов; эксперимент, методы математической статистики по обработке экспериментальных данных.

*Продолжение текста публикуемого материала***Результаты и обсуждение**

Чтобы понять объективные закономерности, лежащие в основе процесса формирования и развития личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, необходимо четко представлять себе их модель.

*Продолжение текста публикуемого материала***Выводы**

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации содержит три уровня ее реализации.

*Продолжение текста публикуемого материала***Список использованных источников**

- 1 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : сущность, эффективность и неопределенность [Текст] // Педагогика. – 2003. – № 4. – С. 22.
- 2 **Кузнецова, А. Г.** Развитие методологии системного подхода в отечественной педагогике : монография [Текст]. – Хабаровск : Изд-во ХК ИППК ПК, 2001. – 152 с.
- 3 **Каропа, Г. Н.** Системный подход к экологическому образованию и воспитанию (На материале сельских школ) [Текст]. – Минск, 1994. – 212 с.

- 4 **Штофф, В. А.** Роль моделей в познании [Текст] – Л. : ЛГУ, 1963. – 128 с.
- 5 **Таубаева, Ш.** Методология и методика дидактического исследования : учебное пособие [Текст]. – Алматы : Казак университеті, 2015. – 246 с.
- 6 **Дахин, А. Н.** Моделирование компетентности участников открытого образования [Текст]. – М. : НИИ школьных технологий 2009. – 290 с.
- 7 **Дахин, А. Н.** Моделирование в педагогике [Текст] // Идеи и идеалы. – 2010. – № 1(3). – Т. 2 – С. 11–20.
- 8 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : монография [Текст]. – Новосибирск : Изд-во НИПКиПРО, 2005. – 230 с.
- 9 **Аубакирова, С. Д.** Формирование деонтологической готовности будущих педагогов к работе в условиях инклюзивного образования : дисс. на соиск. степ. д-ра филос. (PhD) по 6D010300 – Педагогика и психология [Текст] – Павлодар, 2017. – 162 с.
- 10 **Арын, Е. М., Пфейфер, Н. Э., Бурдина, Е. И.** Теоретические аспекты профессиональной подготовки педагога XXI века : учеб. пособие [Текст]. – Павлодар : ПГУ им. С. Торайғырова; СПб. : ГАФКиС им. П. Ф. Лесгафта, 2005. – 270 с.

References

- 1 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : suschnost, effektivnost i neopredelennost [Pedagogical modeling : essence, effectiveness, and uncertainty] [Text]. In Pedagogy. – 2003. – № 4. – P. 22.
- 2 **Kuznetsova, A. G.** Razvitie metodologii sistemnogo podhoda v otechestvennoi pedagogike [Development of the system approach methodology in Russian pedagogy : monograph] [Text]. – Khabarovsk : Izd-vo KhK IPPK PK, 2001. – 152 p.
- 3 **Karopa, G. N.** Sistemnyi podhod k ekologicheskomu obrazovaniyu i vospitaniyu (Na materiale selskih shkol) [The systematic approach to environmental education and upbringing (Based on the material of rural schools)] [Text] – Minsk, 1994. – 212 p.
- 4 **Shtoff, V. A.** Rol modelei v poznanii [The role of models in cognition] [Text] – L. : LGU, 1963. – 128 p.
- 5 **Taubayeva, Sh.** Metodologiya i metodika didakticheskogo issledovaniya : uchebnoe posobie [Methodology and methods of educational research : a tutorial] [Text] – Almaty : Kazak University, 2015. – 246 p. c.
- 6 **Dahin, A. N.** Modelirovanie kompetentnosti uchastnikov otkrytogo obrazovaniya [Modeling the competence of open education participants] [Text] – Moscow : NII shkolnyh tehnologii, 2009. – 290 p.

- 7 **Dahin, A. N.** Modelirovanie v pedagogike [Modeling in pedagogy] [Text]. In Idei i idealy. – 2010. – № 1(3). – Т. 2 – P. 11–20.
- 8 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : monographia [Pedagogical modeling : monograph] [Text]. – Novosibirsk : Izd-vo NIPKiPRO, 2005. – 230 p.
- 9 **Aubakirova, S. D.** Formirovaniye deontologicheskoi gotovnosti buduschih pedagogov k rabote v usloviyah inklusivnogo obrazovaniya : dissertatsiya na soiskanie stepeni doctora filosofii (PhD) po specialnosti 6D010300 – Pedagogika i psihologiya. [Formation of deontological readiness of future teachers to work in inclusive education : dissertation for the degree of doctor of philosophy (PhD) in the specialty 6D010300- Pedagogy and psychology] [Text] – Pavlodar, 2017. – 162 p.
- 10 **Aryn, E. M., Pfeifer, N. E., Burdina, E. I.** Teoreticheskie aspekty professionalnoi podgotovki pedagoga XXI veka : ucheb. posobie [Theoretical aspects of professional training of a teacher of the XXI century : textbook] [Text] – Pavlodar : PGU im. S. Toraigyrov PSU; St.Petersburg. : GAFKiS im. P. F. Lesgafta, 2005. – 270 p.

С. К. Антикеева

Торайғыров университет,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

БІЛІКТІЛІКТІ АРТТЫРУ КУРСТАРЫ АРҚЫЛЫ ӘЛЕУМЕТТІК ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ ҚҰЗІРЕТТІЛІКТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ МОДЕЛІ

Бұл мақалада «Әлеуметтік қызметкерлердің біліктілігін арттыру курстары арқылы тұлғалық және кәсіби құзіреттіліктерін қалыптастыру» докторлық диссертация шеңберінде әзірленген біліктілікті арттыру курстары арқылы әлеуметтік қызметкерлердің тұлғалық және кәсіби құзіреттілігін қалыптастырудың теориялық моделі ұсынылған. Мақалада модельдеу процесінің педагогикалық аспектілері, педагогикалық модельдеудің кезеңдері келтірілген. Модельдің әдіснамалық, процессуалдық (технологиялық) және аспаптық деңгейлері, оның мақсаты, қажетті құзыреттердің қалыптасу мониторингі, сондай-ақ нәтижесі ұсынылған. Модельде құзыреттілікке, тұлғаға бағытталған және практикаға бағытталған педагогикалық тәсілдер, таңдалған құзыреттерді қалыптастыру заңдылықтары, қағидаттары, шарттары көрсетілген; қалыптасу процесін іске асыру кезеңдері, жеке және кәсіби құзыреттердің қалыптасу

деңгейлері сипатталған. Практикалық дайындық бөлімінде тыңдаушы-оқытушы-топ жүйесінде интерактивті жұмыс ұсынылады, ол әр маманның жеке қатысуын, сондай-ақ елімізде алғашқы «Кәсіби әлеуметтік қызметкерлердің ұлттық альянсы» Республикалық қоғамдық бірлестігінің ашылуын білдіреді. Бұл модель әлеуметтік қызметкерлердің жеке және кәсіби құзыреттерін одан әрі жетілдіруді және тәуелсіз дамытуды білдіреді. Бұл модельде біліктілікті арттыру курстарын іске асырудың тиімділігін, жұмыс нысандары, әдістері мен құралдарын көруге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: теориялық модель, құзыреттілік, біліктілікті арттыру, әлеуметтік қызметкерлер.

S. K. Antikeyeva
Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

THEORETICAL MODEL OF FORMATION COMPETENCIES OF SOCIAL WORKERS THROUGH PROFESSIONAL DEVELOPMENT COURSES

This article presents a theoretical model for the formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses, which was developed in the framework of the doctoral dissertation «Formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses». The article presents the pedagogical aspects of the modeling process itself, and lists the stages of pedagogical modeling. The methodological, procedural (technological) and instrumental levels of the model, its purpose, monitoring the formation of the required competencies, as well as the result are presented. The model shows competence-based, personality-oriented and practice-oriented pedagogical approaches, patterns, principles, conditions for the formation of selected competencies; describes the stages of the formation process, the levels of formation of personal and professional competencies. The practical training section offers interactive work in the listener-teacher-group system, which implies the personal participation of each specialist, as well as the opening of the first Republican public Association in our country, the national Alliance of professional social workers. This model implies further improvement and independent development of personal

and professional competencies of social workers. This allows you to see in the model the effectiveness of the implementation of advanced training courses, forms, methods and means of work.

Keywords: theoretical model, competencies, professional development, social workers.

Сведения об авторах

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Антикеева Самал Канатовна «Педагогика және психология» мамандығы бойынша докторант Торайғыров университеті, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдар факультеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Антикеева Самал Канатовна докторант по специальности «Педагогика и психология», Торайғыров университет, Факультет гуманитарных и социальных наук, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Samal Kanatovna Antikeyeva doctoral student in «Pedagogy and psychology», Toraighyrov University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00

ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА
научных журналов НАО «Торайғыров университет»
«Вестник Торайғыров университета»,
«Наука и техника Казахстана», «Краеведение»

Редакционная коллегия научных журналов НАО «Торайғыров университет» «Вестник Торайғыров университета», «Наука и техника Казахстана» и научно-популярного журнала «Краеведение» в своей профессиональной деятельности придерживаются принципов и норм Публикационной этики научных журналов НАО «Торайғыров университет». Публикационная этика разработана в соответствии с международной публикационной этической нормой Комитета по публикационной этике (COPE), этическими принципами публикации журналов Scopus (Elsevier), Кодекса академической честности НАО «Торайғыров университет».

Публикационная этика определяет нормы, принципы и стандарты этического поведения редакторов, рецензентов и авторов, меры по выявлению конфликтов интересов, неэтичного поведения, инструкции по изъятию (ретракции), исправлению и опровержению статьи.

Все участники процесса публикации, соблюдают принципы, нормы и стандарты публикационной этики.

Качество научного журнала обеспечивается исполнением принципов участников процесса публикации: равенства всех авторов, принцип конфиденциальности, однократные публикации, авторства рукописи, принцип оригинальности, принцип подтверждения источников, принцип объективности и своевременности рецензирования.

Права и обязанности членов редакционных коллегий научных журналов НАО «Торайғыров университет» «Вестник Торайғыров университета», «Наука и техника Казахстана» и научно-популярного журнала «Краеведение» определены СО СМК 8.12.3-20 Управление научно-издательской деятельностью.

Права и обязанности рецензентов

Рецензенты научных журналов «Вестник Торайғыров университета», «Наука и техника Казахстана», научно-популярного журнала «Краеведение», обязаны руководствоваться принципом объективности.

Персональная критика в адрес автора(-ов) рукописи недопустима. Рецензент должен аргументировать свои замечания и обосновывать свое решение о принятии рукописи или о ее отклонении.

Национальность, религиозная принадлежность, политические или иные взгляды автора(-ов) не должны приниматься во внимание и учитываться в процессе рецензирования рукописи рецензентом(-ами).

Экспертная оценка, составленная рецензентом должна способствовать принятию решения редакцией о публикации и помогать автору улучшить рукопись.

Решение о принятии рукописи к публикации, возвращение работы автору на изменение или доработку, либо решение об отклонении от публикации принимается редколлегией опираясь на результаты рецензирования.

Принцип своевременности рецензирования. Рецензент обязан предоставить рецензию в срок, определенный редакцией, но не позднее 2-4 недель с момента получения рукописи на рецензирование. Если рассмотрение статьи и подготовка рецензии в назначенные сроки невозможны, то рецензент должен незамедлительно уведомить об этом научного редактора.

Рецензент, который считает, что его квалификация не соответствует либо недостаточна для принятия решения при рецензировании предоставленной рукописи должен незамедлительно сообщить об этом научному редактору и отказаться от рецензирования рукописи.

Принцип конфиденциальности со стороны рецензента. Рукопись, предоставленная рецензенту на рецензирование должна рассматриваться как конфиденциальный материал. Рецензент имеет право демонстрировать ее и/или обсуждать с другими лицами только после получения письменного разрешения со стороны научного редактора журнала и/или автора(-ов).

Информация и идеи научной работы, полученные в ходе рецензирования и обеспечения публикационного процесса, не должны быть использованы рецензентом(-ами) для получения личной выгоды.

Принцип подтверждения источников. Рецензент должен указать научные работы, которые оказали бы влияние на исследовательские результаты рассматриваемой рукописи, но не были приведены автором(-ами). Также рецензент обязан обратить внимание научного редактора на значительное сходство или совпадение между рассматриваемой рукописью и ранее опубликованной работой, о котором ему известно.

Если у рецензента имеются достаточные основания полагать, что в рукописи содержится плагиат, некорректные заимствования, ложные и сфабрикованные материалы или результаты исследования, то он не должен допустить рукопись к публикации и проинформировать научного редактора журнала о выявленных нарушениях принципов, стандартов и норм публикационной и научной этики.

Права и обязанности авторов

Публикационная этика базируется на соблюдении принципов:

Однократность публикации. Автор(-ы) гарантируют что представленная в редакцию рукопись статьи не была представлена для рассмотрения в другие издания. Представление рукописи одновременно в нескольких журналах/изданиях неприемлемо и является грубым нарушением принципов, стандартов и норм публикационной этики.

Авторство рукописи. Лицо, которое внесло наибольший интеллектуальный вклад в подготовку рукописи (при двух и более соавторах), является автором-корреспондентом и указывается первым в списке авторов.

Для каждой статьи должен быть назначен автор для корреспонденции, который отвечает за подготовку финальной версии статьи, коммуникацию с редколлегией, должен обеспечить включение всех участников исследования (при количестве авторов более одного), внесших в него достаточный вклад, в список авторов, а также получить одобрение окончательной версии рукописи от всех авторов для представления в редакцию для публикации. Все авторы, указанные в рукописи/статье, несут ответственность за содержание работы.

Принцип оригинальности. Автор(-ы) гарантирует, что результаты исследования, изложенные в рукописи, представляют собой оригинальную самостоятельную работу, и не содержат некорректных заимствований и плагиата, которые могут быть выявлены в процессе.

Авторы несут ответственность за публикацию статей с признаками неэтичного поведения, плагиата, самоплагиата, самоцитирования, фальсификации, фабрикации, искажения данных, ложного авторства, дублирования, конфликта интересов и обмана.

Принцип подтверждения источников. Автор(ы) обязуется правильно указывать научные и иные источники, которые он(и) использовал(и) в ходе исследования. В случае использования каких-либо частей чужих работ и/или заимствования утверждений другого автора(-ов) в рукописи должны быть указаны библиографические ссылки с указанием автора(-ов) первоисточника. Информация, полученная из сомнительных источников не должна использоваться при оформлении рукописи.

В случае, если у рецензентов, научного редактора, члена(-ов) редколлегии журнала возникают сомнения подлинности и достоверности результатов исследования, автор(-ы) должны предоставить дополнительные материалы для подтверждения результатов или фактов, приводимых в рукописи.

Исправление ошибок в процессе публикации. В случае выявления ошибок и неточностей в работе на любой стадии публикационного процесса

авторы обязуются в срочном порядке сообщить об этом научному редактору и оказать помощь в устранении или исправлении ошибки для публикации на сайте журнала соответствующей коррекции (Erratum или Corrigendum) с комментариями. В случае обнаружения грубых ошибок, которые невозможно исправить, автор(-ы) должен(-ны) отозвать рукопись/статью.

Принцип соблюдения публикационной этики. Авторы обязаны соблюдать этические нормы, связанные с критикой или замечаниями в отношении исследований, а также в отношении взаимодействия с редакцией по поводу рецензирования и публикации. Несоблюдение этических принципов авторами расценивается как грубое нарушение этики публикаций и дает основание для снятия рукописи с рецензирования и/или публикации.

Конфликт интересов

Конфликт интересов, по определению Комитета по публикационной этике (COPE), это конфликтные ситуации, в которых авторы, рецензенты или члены редколлегии имеют неявные интересы, способные повлиять на их суждения касательно публикуемого материала. Конфликт интересов появляется, когда имеются финансовые, личные или профессиональные условия, которые могут повлиять на научное суждение рецензента и членов редколлегии, и, как результат, на решение редколлегии относительно публикации рукописи.

Главный редактор, член редколлегии и рецензенты должны оповестить о потенциальном конфликте интересов, который может как-то повлиять на решение редакционной коллегии. Члены редколлегии должны отказаться от рассмотрения рукописи, если они состоят в каких-либо конкурентных отношениях, связанных с результатами исследования автора(-ов) рукописи, либо если существует иной конфликт интересов.

При подаче рукописи на рассмотрение в журнал, автор(-ы) заявляет о том, что в содержании рукописи указаны все источники финансирования исследования; также указывают, какие имеются коммерческие, финансовые, личные или профессиональные факторы, которые могли бы создать конфликт интересов в отношении поданной на рассмотрение рукописи. Автор(ы), в письме при наличии конфликта интересов, могут указать ученых, которые, по их мнению, не смогут объективно оценить их рукопись.

Рецензент не должен рассматривать рукописи, которые могут послужить причинами конфликта интересов, проистекающего из конкуренции, сотрудничества или других отношений с кем-либо из авторов, имеющих отношение к рукописи.

В случае наличия конфликта интересов с содержанием рукописи, ответственный секретарь должен известить об этом главного редактора, после чего рукопись передается другому рецензенту.

Существование конфликта интересов между участниками в процессе рассмотрения и рецензирования не значит, что рукопись будет отклонена

Всем заинтересованным лицам необходимо, по мере возможности избегать возникновения конфликта интересов в любых вариациях на всех этапах публикации. В случае возникновения какого-либо конфликта интересов тот, кто обнаружил этот конфликт, должен незамедлительно оповестить об этом редакцию. То же самое касается любых других нарушений принципов, стандартов и норм публикационной и научной этики.

Неэтичное поведение

Неэтичным поведением считаются действия авторов, редакторов или издателя, в случае самостоятельного предоставления рецензии на собственные статьи, в случае договорного и ложного рецензирования, в условиях обращения к агентским услугам для публикации результатов научного исследования, лжеавторства, фальсификации и фабрикация результатов исследования, публикация недостоверных псевдо-научных текстов, передачи рукописи статей в другие издания без разрешения авторов, передачи материалов авторов третьим лицам, условия когда нарушены авторские права и принципы конфиденциальности редакционных процессов, в случае манипуляции с цитированием, плагиатом.

Теруге 24.12.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

4,32 МБ RAM

Шартты баспа табағы 8,81.

Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген А. К. Темиргалинова

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4497

Сдано в набор 24.12.2025 г. Подписано в печать 30.12.2025 г.

Электронное издание

4,32 МБ RAM

Усл. п. л. 8,81. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка А. К. Темиргалинова

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4497

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

Павлодар мемлекеттік университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-cb.tou.edu.kz