

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

---

**№ 2 (2026)**

**Павлодар**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
Торайгыров университета

**Химико-биологическая серия**  
выходит 4 раза в год

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ KZ84VPY00029266

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

**Тематическая направленность**  
публикация материалов в области химии, биологии, экологии,  
сельскохозяйственных наук, медицины

Подписной индекс – 76134

<https://doi.org/10.48081/BGQF2095>

**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 (Республика Индия);</i>
Шаманин В. П.,	<i>д.с.-х.н., профессор (Российская Федерация);</i>
Азаренко Ю. А.,	<i>д.с.-х.н., профессор (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., Үсен Ж. А., Торсыкбаева Б. Б., Тухметова Ж. К., Талтенов А. А.**  
Lythrum salicaria L. Өсімдігінің жер үсті бөлігіндегі флавоноидтарды сандық анықтау ..... 5
- Байсалова Г. Ж., Музапарова С. А., Талтенов А. А., Акпаева К. М.**  
Количественное определение ионов щелочных металлов (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) в растении Ziziphora Clinopodioides Lam..... 19
- Ислам Е., Турысбекова Т., Исмаилова А., Айткалиева Г.**  
Гипсосодержащие композиты в строительстве: обзор, свойства и перспективы использования вторичных ресурсов ..... 30
- Krasilnikova A. S., Bakibayev A. A.**  
Review of catalytic properties of metal-organic frameworks ..... 51

**«БИОЛОГИЯ» СЕКЦИЯСЫ**  
**СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЯ»**  
**SECTION «BIOLOGY»**

- Алмас А. Е., Ибадуллаева С. Ж.**  
Оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамыту ..... 62
- Жарылқасын А. А., Ибадуллаева С. Ж.**  
«Биоалуантүрлілік негіздері» пәнінде өлкетану материалын цифрлық ресурстар арқылы оқыту тиімділігі ..... 75
- Мусина О.Н., Бондаренко Н. И., Усатюк Д. А.**  
Сібір ірімшік жасау ғылыми-зерттеу институтының инновациялық технологиялары ..... 91
- Коррауев Е., Osipova A. V., Ualiyeva R. M.**  
Hyperspectral analysis of major pests of spring wheat in northeastern Kazakhstan ..... 103

**Osipova A. V.**

Assessment of climate risks for the water sector of the Pavlodar region . 124

**Савиханова А. С., Куанышбаева М. Г.**Агробиолаборатория аумағындағы сүректі-бұталы  
есімдіктердің зиянкестерінің доминатты түрлері..... 137**Сансызбай А. Б., Рахметова А. М.**Регенеративті биология және трансляциялық  
медицина аясындағы жасанды мүшелердің дамуы..... 146

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

**Ахажанов Е. К., Сыроватский М. В., Садыккалиев А. М.,****Смекенова Н. К., Ахажанов К. К.**Определение типов стрессоустойчивости коров ТОО «Победа» и  
влияния на молочноую продуктивность ..... 158

Авторлар туралы ақпарат

Сведения об авторах

Information about the authors..... 172

Авторларға арналған ережелер

Правила для авторов

Rules for authors ..... 183

Жарияланым этикасы

Публикационная этика

Publication ethics..... 195

## СЕКЦИЯ «ХИМИЯ»

FTAMP 31.23.39

<https://doi.org/10.48081/BGQF2096>**\*Г. Ж. Байсалова<sup>1</sup>, Ж. А. Үсен<sup>2</sup>, Б. Б. Торсыкбаева<sup>3</sup>,  
Ж. К. Тухметова<sup>4</sup>, А. А. Талтенов<sup>5</sup>**<sup>1,5</sup>Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.;

<sup>2,3</sup>Астана медициналық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.;<sup>4</sup>Қарағанды медициналық университеті,

Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1338-0308><sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2026-3055><sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6999-3900><sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3969-8296><sup>5</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4378-0568>\*e-mail: [galya\\_72@mail.ru](mailto:galya_72@mail.ru)

### LYTHRUM SALICARIA L. ӨСІМДІГІНІҢ ЖЕР ҮСТІ БӨЛІГІНДЕГІ ФЛАВОНОИДТАРДЫ САНДЫҚ АНЫҚТАУ

Қазіргі таңда дәстүрлі және халықтық медицинада ағзаның түрлі ауруларын емдеуде өсімдік шикізаты шипалық заттар ретінде қолдануда. Өсімдік текті шикізаттар терапиялық потенциалы бар жаңа, қауіпсіз және қуатты биологиялық белсенді заттардың көзі ретінде қызығушылық тудырып отыр. Әлемдік денсаулық сақтау ұйымдарының мәліметтері бойынша халықтың 80% жуығы өсімдік шикізатынан алынған дәрілік заттарды алғашқы медициналық көмекте қолданады екен. Түрлі ауруларды синтетикалық дәрілік заттармен емдеуде жиі қосалқы әсерлер (аллергия, құсу, іш өту, бас ауру т.б.) байқалады. Әдетте өсімдік текті дәрілік заттардың фармакологиялық әсері айқын, жанама әсерлері мардымсыз болады. Сондықтан өсімдік текті дәрілік заттардың жаңа түрлерін іздеу маңызды мәселе болып табылады. Осы орайда өсімдік құрамында кездесетін флавоноидтар зор қызығушылық тудырады. Флавоноидтар - биологиялық белсенді заттар арасында ең көп таралған қосылыстар. Құрылымдық жағынан көптүрлі, биологиялық

белсенділіктері әртүрлі және айқын, уыттылығы төмен көрсеткішке ие. Олардың негізінде қабынуға, бактерияға, вирусқа қарсы жаңа тиімді дәрілік препараттар жасауға болады. Бұл жұмыста *Lythrum salicaria* L өсімдігінің жер үсті бөлігінен флавоноидтардың жиынтық мөлшерін дифференциалдық спектрофотометриямен анықтау әдістемесін жасау және валидациялау қарастырылды. Өсімдік сығындысы рефлюкс әдісімен алынды. Экстрагент ретінде түрлі концентрациядағы этил спирті қолданылып, ең оңтайлы еріткіш ретінде 70 %-дық этил спирт таңдалды. Сығынды құрамындағы флавоноидтар мен алюминий хлоридінің ерітіндісі арасындағы комплекс түзу реакциясының оңтайлы шамалары анықталды. Сығынды мен алюминий хлоридінің ерітіндісінің көлемдерінің оңтайлы арақатынасы 5:2, комплекс түсінің максималды айқындалу уақыты 40 минутты құрады. Әзірленген әдістемеге арнайылық, сызықтық және дұрыстық көрсеткіштері бойынша валидация жасалынды. Арнайылық көрсеткіші зерттелетін сығынды мен стандартты үлгі – рутиннің дифференциалды спектрлерін салыстыру арқылы жүзеге асырылды. Тәуелсіз айнымалы ретінде шикізат массасы мен тәуелді шама (флавоноидтар шығымы) арасында тура пропорционалды тәуелділіктің болуы сызықтық көрсеткіш бар екендігін дәлелдейді. Әдістеменің қалпына келу интервалы 95,0-ден 100,3 % құрауы дұрыстық көрсеткішін растайды.

**Кілтті сөздер:** *Lythrum salicaria* L., флавоноидтар, спектрофотометрия, валидация, өсімдік сығындысы, полифенолдар.

### Кіріспе

Флавоноидтар өсімдік әлемінде кең таралған фенолды қосылыстар тобы [1; 2]. Олар антиоксиданттық, өт айдайтын, капилляр нығайтатын, гепатопротекторлық, ісіктерге қарсы, диуретикалық, гипотензивті және басқа да белсенділіктерге ие [3; 4; 5]. Сондықтан осындай биологиялық белсенділіктерге ие дәрілік өсімдіктер медициналық практикада қолданыс тапқан.

*Lythrum salicaria* L. (талжапырақ тергүл) – көп жылдық шөптесін өсімдік [6; 7; 8]. Биіктігі 80-140 см, тамыры қалың және ағаш тәрізді болып келетін өсімдік. Инвазивті жабайы өсімдік болса да, ерте заманнан оның гүлдері халықтық медицинада қолданыс тапқан [9]. Жер үсті бөлігі іш өтуде, дизентерия, ішек қабыну, гематурия, лейкорея, мұрыннан қан кету жағдайларында қолданылған. Сонымен қатар бұл өсімдік импетиго, экзема және несеп-жыныс жүйесі қабынуларында да пайдаланған [10;11]. Ғылыми зерттеулер талжапырақ тергүлдің бактерияға, зенге, қабынуға қарсы,

ауырсынуларды басатын және цитоуыттылық әсері бар екендігін көрсеткен [12]. Өсімдік сығындысының қандағы глюкоза мөлшерін төмендетуге ықпал ететіні анықталған [13]. Бұл әсер инсулин секрециясының күшеюімен және ағзаның инсулинге сезімталдығының артуымен байланысты болуы мүмкін [13]. Талжапырақ тергүл сығындылары анкилозды спондилит, склероз, ревматоидты артрит және ревматикалық қызудағы бактериялық триггерлердің өсуін тежейді [14]. Өсімдіктің н-гексан, хлороформ, этилацетат сығындылары спазмогенді әсерге ие [15].

### Материалдар мен әдістері

Зерттеу нысаны ретінде Қарағанды облысында 2024 жылдың тамыз айында жиналған *Lythrum salicaria* L. (*L. salicaria* L.) өсімдігінің жер үсті бөлігі алынды.

Талжапырақ таргүлдегі флавоноидтарды сандық анықтау дифференциалды спектрофотометрия әдісімен жүзеге асырылды. Шикізаттан флавоноидтар экстракциялау мен олардың алюминий хлоридімен комплекстүзу реакцияларының оңтайлы жағдайлары таңдалды. Стандарттық үлгі ретінде – рутин алынды. Зерттеулер Thermo scientific Multiskan моделді спектрофотометрінде жүзеге асырылды. Зерттеу жүргізілетін шарттар кесте 1-де көрсетілген

1-кесте – *L. salicaria* L. өсімдігінің жер үсті бөлігіндегі флавоноидтарды сандық анықтау жағдайлары

Шикізатты экстракциялау жағдайлары	
Экстрагент	Этил спирті 70%, 90%
Комплекстүзілу реакциясының жағдайлары	
Алюминий хлориді ерітіндісінің концентрациясы	5%
Сығынды мен алюминий хлориді ерітінділерінің көлемдерінің арақатынасы ( $V_{сығынды}/V_{AlCl_3}$ )	5:2, 1:1; 1:3
Комплекстің түсінің айқындалу уақыты	10-90 минут арасында, әрбір 10 минут сайын
Спектрофотометрлеу шамалары	
Толқын ұзындығы (нм)	350-450 аралығында, әрбір 1 нм сайын

**Сандық анықтау әдістемесі:** 0,8 грамм ұсақталған шикізат 250 мл дөңгелек түпті колбаға салынып, үстіне 100 мл 70% этил спирті құйылады. Кері мұздатқышты қосып, рефлюкс әдісімен 40 минут экстракциялау

жүргізіледі. Содан кейін фильтр қағазы арқылы, 100 мл өлшегіш колбаға құйып, белгіге дейін спиртпен толықтырады.

*Жұмысшы ерітінді* – 25 мл өлшегіш колбаға алынған сығындыдан 5 мл аликвота құяды, оған 2 мл 5 % алюминий хлориді құйылады. Он минутқа қалдырады. Уақыт өткен соң 0,2 мл сірке қышқылының 3 %-тік ерітіндісі қосылады. Өлшегіш колбаның белгісіне дейін 70 %-тік спиртпен толтырылады. Компоненттер өзара әсерлесу үшін 40 минут уақытқа қалдырады.

*Салыстыру ерітіндісі* - 25 мл өлшегіш колбаға алынған сығындыдан 5 мл аликвота құяды, оған 0,2 мл сірке қышқылының 3 %-тік ерітіндісі қосылады. Өлшегіш колбаның белгісіне дейін 70 %-тік спиртпен толтырылады. Компоненттер өзара әсерлесу үшін 40 минут уақытқа қалдырады.

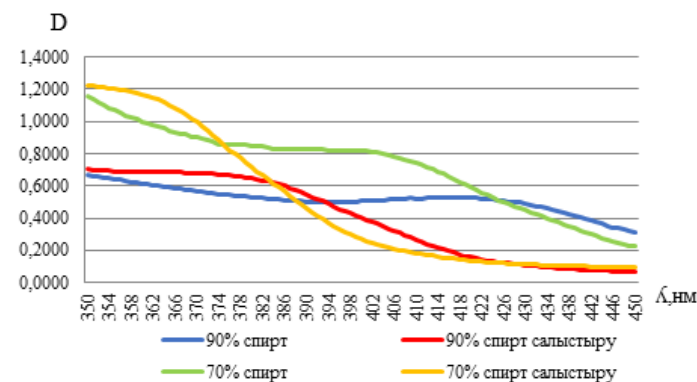
Стандартты үлгі ретінде рутинді қолданып, оның жоғарыдағы әдістемеге сай жұмысшы және салыстыру ерітінділері даярланады.

### Нәтижелер және талқылау

*L. salicaria L.* өсімдігінің жер үсті бөлігіндегі жалпы флавоноидтар мөлшерін анықтау үшін, жоғарыда аталып өткен, флавоноидтардың металл иондарымен хелатты комплекс түзу қабілетіне негізделген спектрофотометрия әдісі қолданылды. Өсімдік сығындыларын  $AlCl_3$  ерітіндісімен өңдеу, жұтылу спектрінің 400–450 нм аралығында жаңа жұтылу жолағының пайда болуына әкеледі.

Бұл әдіс флавоноидтардың негізгі көміртек қаңқасындағы С4-жағдайындағы кето-топ, В-сақинасының С3-жағдайында, А-сақинасындағы С5, С-сақинасындағы С3' және С4', С2–С3 жағдайында (флавоидтар, флавоноидтар, изофлавоидтар) қос байланысы бар флавоноидтарды анықтауға мүмкіндік береді.

Флавоноидтарды толық бөліп алу үшін экстракциялаудың оңтайлы жағдайы таңдалды (сурет 1). Флавоноидтар шығымына этил спиртінің концентрациясының әсері (70 % және 90 %) қарастырылды.



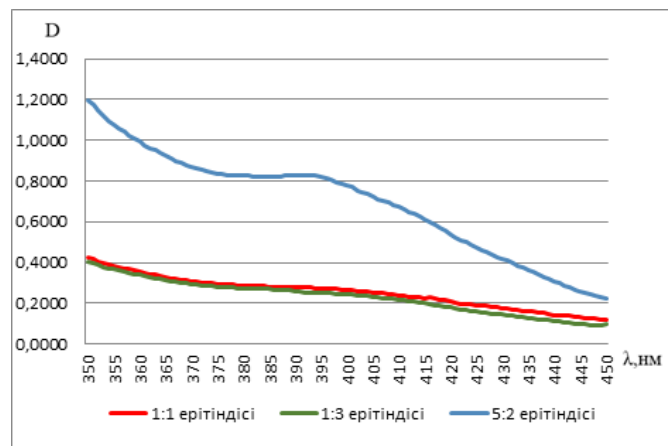
1-сурет – *L. salicaria L.* өсімдігінің жер үсті бөлігі сығындысының жұмысшы және салыстыру ерітінділерінің (70% және 90% этил спирті) жұтылу спектрлері

Кесте 2-ден флавоноидтардың жоғары шығымы 70% этил спиртінде байқалды. Әдеби деректер бойынша флавоноидтарды экстракциялау тиімділігіне этил спиртінің концентрациясы айтарлықтай әсер етеді.

2-кесте – *L. salicaria L.* өсімдігінің жер үсті бөлігі сығындысындағы флавоноидтар шығымына этил спиртінің концентрациясының әсері

Экстракция шарты	Флавоноидтар шығымы, %
Спирт концентрациясы, %	
70	4,33
90	1,02

Келесі зерттеулер *L. salicaria L.* өсімдігінің жер үсті бөлігі флавоноидтарының комплекстүзуіне әсер ететін шамаларды анықтауға арналады. Алдымен сығынды мен алюминий хлориді ерітінділерінің көлемдерінің арақатынасы сияқты шаманың хелат түзу реакциясына әсері зерттелді (сурет 2).



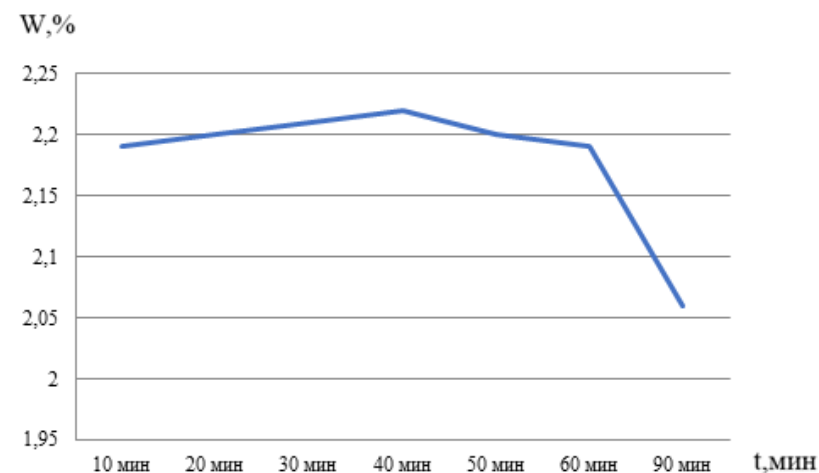
2-сурет – *L. salicaria L.* өсімдігінің жер үсті бөлігі сығындысының жұмысшы және салыстыру ерітінділерінің ( $V_{\text{сығынды}}/V_{\text{AlCl}_3}$  - 1:1, 1:3, 5:2) жұтылу спектрлері

Сығынды мен алюминий хлориді ерітінділерінің көлемдерінің арақатынасы ( $V_{\text{сығынды}}/V_{\text{AlCl}_3}$ ) 5:2 болғанда, флавоноидтар шығымы ең жоғары мәнге 4,33 %-ке тең болды. Яғни хелат түзудегі осы әсер ететін шаманың оңтайлы мәні (кесте 3).

3-кесте – *L. salicaria L.* өсімдігінің жер үсті бөлігі флавоноидтарының комплекстүзуінің оңтайлы жағдайларын таңдау

Комплекстүзу жағдайы	Флавоноидтар шығымы, %
Сығынды мен алюминий хлориді ерітінділерінің көлемдерінің арақатынасы ( $V_{\text{сығынды}}/V_{\text{AlCl}_3}$ )	
5 : 2	4,33
1 : 3	1,12
1 : 1	1,22
Комплекстің түсінің айқындалу уақыты, минут	
10	2,19
20	2,20
30	2,21
40	2,22
50	2,20
60	2,19
90	2,06

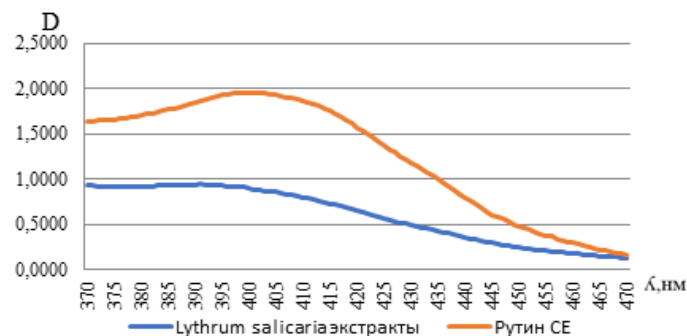
Төмендегі 3-суреттен пайда болған комплекстің түсінің айқындалу уақыты 40 минут болғанда флавоноид мөлшері ең жоғары шамаға жеткенін байқауға болады. Алайда комплекстүзудің жылдам жүргендігі соншалық, бастапқы уақыттағы (10 минут) флавоноидтардың шығымы 40 минут өткеннен кейінгі максималды шамаға шамалас болып тұр. Бұл әрине флавоноидтарды сандық анықтауды дифференциалдық спектрофотометрия әдісімен жылдам орындауға болатындығын көрсетеді (кесте 3).



3-сурет – Уақыт ұзақтығының сығынды флавоноидтары мен алюминий хлориді комплекстүзуіне әсері

*L. salicaria L.* өсімдігінің жер үсті бөлігі сығындысының флавоноидтар шығымына экстракциялау мен комплекстүзу реакцияларының оңтайлы жағдайларының кейбір шамалары таңдалған соң, осы әдісті арнайылық, сызықтық және дұрыстық көрсеткіштері бойынша валидациялық бағаланды. Әдістің арнайылығы зерттелетін ерітінді мен рутиннің стандартты үлгісінің алюминий хлоридімен комплекстерінің жұтылу спектрлерін салыстыру арқылы анықталды. Арнайылықты қабылдау критерийінің нормасы ретінде рутин мен *L. salicaria L.* өсімдігінің жер үсті бөлігі флавоноидтар жиынтығының дифференциалды спектрлерінің жұтылу максимумдарының сәйкес келуі саналады.

4-суреттен рутиннің де, зерттеу нысанының да дифференциалдық спектрлер сипаттамасы сай екендігін, екі жағдайда да жұтылу спектрлеріндегі максимумдар толқын ұзындығы 405 нм түзілетіндігі байқалады. Бұл дегеніміз шикізатты экстракциялағандағы қосалқы компоненттер нәтижені бұрмалауға әсер етпейтіндігі, сол арқылы әзірленген әдістің арнайылығын дәлелдейді.



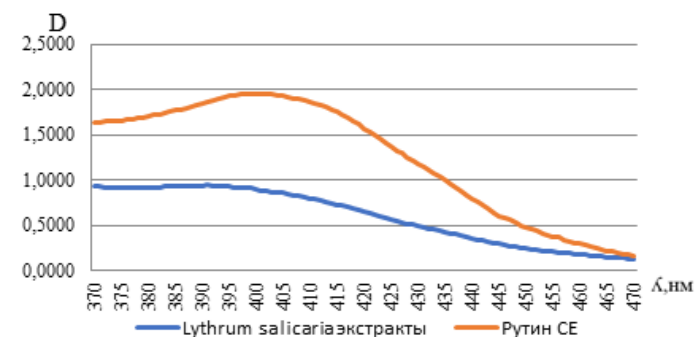
4-сурет – Рутин мен *L. salicaria* L. өсімдігінің жер үсті бөлігі флавоноидтар жиынтығының алюминий хлориді ерітіндісімен комплексінің жұтылуының дифференциалдық спектрлері

Сызықтық көрсеткішті анықтау үшін, шикізат 4 (шикізат массасы бойынша) эксперименталды нүктеде зерттелді. Нәтижелер 4-кестеде келтірілген.

4-кесте – Өсімдік шикізатының әртүрлі массаларындағы флавоноид мөлшері

Шикізат массасы m, г	Флавоноид мөлшері №1	Флавоноид мөлшері №2	Флавоноид мөлшері №3	Орташа флавоноид мөлшері, % $\bar{X}$
0,6 г	1,563	1,897	1,987	1,80
0,7 г	3,298	3,350	3,530	3,36
0,8 г	4,283	4,255	4,328	4,28
0,9 г	6,016	5,940	6,340	6,10

5-Суреттен барлық тәжірибелік нүктелер бір түзу бойында орналасқанын көруге болады.



5-сурет – Флавоноид шығымының шикізат массасына тәуелділігі

Сызықтық көрсеткішті бағалау  $n = 3$  және  $P = 95\%$  жағдайында стандарттық статистикалық сипаттамаларын (орташа арифметикалық мән, стандартты ауытқу  $S$ ; орташа стандартты ауытқу  $S_x$ ; сенімділік интервалдары  $\epsilon$ ) есептеу арқылы жүзеге асырылды (5 кесте).

5-кесте – Эксперимент нәтижелерінің стандарттық статистикалық сипаттамалары

Үлгі массасы, г	0,6	0,7	0,8	0,9
Флавоноидтар жиынтық мөлшерінің орташа мәні, $\bar{X}$	1,80	3,36	4,28	6,10
Стандартты ауытқу, $S$	0,2242	0,1281	0,0383	0,2124
Орташа стандарттық ауытқу, $S_x$	0,1294	0,0740	0,0221	0,1226
Сенімділік интервалы, $\epsilon$	0,56	0,32	0,10	0,53
$\bar{X} \pm \epsilon$	$1,80 \pm 0,56$	$3,36 \pm 0,32$	$4,28 \pm 0,1$	$6,10 \pm 0,53$

Әдістеменің дұрыстығы талжапырақ таргүл үлгісіне рутиннің стандартты үлгісінің белгілі бір мөлшерін қосу арқылы анықталған .

Дұрыстықты қабылдау критерий ретінде берілген концентрациядағы ерітінділерді қолданғандағы 100 %-ке түзетілген қалпына келудің орташа пайызы саналады. Оның орташа мәні  $100 \pm 5$  % аралығында жату керек. Жасалған әдістедемеде қалпына келудің интервалы 95,0-ден 100,3% құрайды. Жасалған әдістедемеде оның орташа мәні 97,4% құрады (кесте 6).

6-кесте – Өзірленген әдістеменің дұрыстық көрсеткішін бағалау нәтижелері

Бастапқы ерітіндідегі мөлшері, мг	Рутиннің стандартты үлгісі, мг	Есептелген мөлшері, мг	Алынған мөлшері, мг	Ашылу, %	Нәтижелерді статистикалық өңдеу
1,6283	1,5	3.1283	3.0323	96.9	$\bar{X}, \% = 97,4$ $S^2 = 7,21$ $S = 2,685$ $\Delta X = 1,55$ $\epsilon, \% = 1,59$
1,6283	1,5	3.1283	2.972	95	
1,6283	1,5	3.1283	3.1374	100.3	
Қалпына келтірудің орташа пайызы, %				97.4	

### Қорытынды

*L. salicaria L.* өсімдігінің жер үсті бөлігінен флавоноидтарды экстракциялау мен олардың алюминий хлоридімен комплекстүзу реакцияларының оңтайлы жағдайлары анықталды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде, жасалған әдістеменің валидациялық сипаттамалары (арнайылық, сызықтық, дұрыстық) бағаланған.

### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- Kumar, S., Pandey, A. K.** Chemistry and biological activities of flavonoids : an overview // The Scientific World Journal. – 2013. – Vol. 2013. – P. 1-16.
- Tungmunthum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A.** et al. Flavonoids and Other Phenolic Compounds from Medicinal Plants for Pharmaceutical and Medical Aspects : An Overview // Medicines. – 2018. – Vol. 5, No. 3. – P. 93.
- Boras, L., Oršolić, N., Jakovljević, M.** et al. Antioxidant and anti-inflammatory activity of *Lythrum salicaria L.* extracts // Food Technology and Biotechnology. – 2018. – Vol. 56, No. 4. – P. 540–549.
- Brantner, A., Grein, E.** Antibacterial activity of plant extracts used externally in traditional medicine // Journal of Ethnopharmacology. – 1994. – Vol. 44, No. 1. – P. 35–40.

**5 Bora, K. S., Sharma, A.** Evaluation of antioxidant and free-radical scavenging potential of *Lythrum salicaria* // Pharmaceutical Biology. – 2011. – Vol. 49, No. 9. – P. 929–934.

**6 Zengin, G., Mahomoodally, M. F., Paksoy, M. Y.** et al. Phytochemical characterization and biological properties of *Lythrum salicaria L.* : A comprehensive study // Industrial Crops and Products. – 2018. – Vol. 123. – P. 385–393.

**7 Grysczyńska, A., Grysczyńska, B., Opala, B.** et al. Ethnomedicinal uses, phytochemistry and pharmacology of *Lythrum salicaria L.* : A review // Herba Polonica. – 2019. – Vol. 65, No. 2. – P. 44–58.

**8 Pekić, B., Lepojević, Ž., Slavica, B.** Optimization of flavonoid extraction from *Lythrum salicaria L.* // Journal of the Serbian Chemical Society. – 2015. – Vol. 80, No. 3. – P. 315–325.

**9 Shikov, A. N., Pozharitskaya, O. N., Makarov, V. G.** et al. Medicinal Plants of the Russian Pharmacopoeia : Their History and Applications // Journal of Ethnopharmacology. – 2014. – Vol. 154, No. 3. – P. 481–536.

**10 Coban, J., Mykhailenko, O., Bezruk, I.** et al. Phytochemical study of *Lythrum salicaria L.* herb: Development of HPLC-DAD-MS method for phenolic compounds profiling // Journal of Separation Science. – 2023. – Vol. 46, No. 3. – P. 1-10

**11 Süntar, I., Akkol, E. K., Keles, H.** et al. A novel approach to wound healing: *Lythrum salicaria L.* and its biological activities // Journal of Ethnopharmacology. – 2012. – Vol. 141, No. 3. – P. 760–767.

**12 Manojlović, N., Vasiljević, P., Jusković, M.** et al. Chemical composition, antioxidant, and antimicrobial activities of lichen metabolites // Journal of Medicinal Plants Research. – 2012. – Vol. 6, No. 23. – P. 4085–4094.

**13 Ushiki, J., Hirano, Y., Okuda, H.** Inhibitory effects of *Lythrum salicaria* extracts on alpha-glucosidase and alpha-amylase activities // Journal of Natural Medicines. – 2022. – Vol. 76, No. 2. – P. 410–418.

**14 Piwowarski, J. P., Kiss, A. K., Kozłowska-Wojciechowska, M.** Anti-hyaluronidase and anti-elastase activity of *Lythrum salicaria L.* extracts and its main components // Industrial Crops and Products. – 2014. – Vol. 59. – P. 214–220.

**15 Molnár, K., Farkas, E.** Current results on biological activities of lichen secondary metabolites: a review // Zeitschrift für Naturforschung C. – 2010. – Vol. 65. – P. 157–173.

08.05.26 ж. баспаға түсті.

18.05.26 ж. түзетулерімен түсті.

10.06.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

\*Г. Ж. Байсалова<sup>1</sup>, Ж. А. Үсен<sup>2</sup>, Б. Б. Торсыкбаева<sup>3</sup>,  
Ж. К. Тухметова<sup>4</sup>, А. А. Талтенов<sup>5</sup>

<sup>1,5</sup>Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,  
Республика Казахстан, г. Астана;

<sup>2,3</sup>Медицинский университет Астана, Республика Казахстан, г. Астана;

<sup>4</sup>Карагандинский медицинский университет,  
Республика Казахстан, г. Караганда.

Поступило в редакцию 08.05.26.

Поступило с исправлениями 18.05.26.

Принято в печать 10.06.26.

### КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ РАСТЕНИЯ *LYTHRUM SALICARIA L.*

*В настоящее время в традиционной и народной медицине растительное сырьё широко используется в качестве лечебных средств при лечении различных заболеваний организма. Растительное сырьё вызывает интерес как источник новых, безопасных и мощных биологически активных веществ с терапевтическим потенциалом. По данным Всемирной организации здравоохранения, около 80% населения применяет лекарственные средства растительного происхождения в первичной медицинской помощи. При лечении различных заболеваний синтетическими лекарственными препаратами часто наблюдаются побочные эффекты (аллергия, рвота, диарея, головная боль и др.). Как правило, фармакологическое действие растительных лекарственных средств ярко выражено, а побочные эффекты незначительны. В связи с этим поиск новых видов лекарственных средств растительного происхождения является актуальной задачей. В этом контексте большой интерес представляют флавоноиды, содержащиеся в растениях. Флавоноиды – одна из наиболее распространённых групп биологически активных соединений. Они характеризуются структурным разнообразием, выраженной и разнообразной биологической активностью и низкой токсичностью. На их основе возможно создание новых эффективных лекарственных препаратов с противовоспалительным, антибактериальным и противовирусным действием. В данной работе рассмотрены разработка и валидация методики определения суммарного содержания флавоноидов в надземной части растения *Lythrum salicaria L.* методом дифференциальной спектрофотометрии. Экстракт растения*

*получен методом рефлюкса. В качестве экстрагента использовали этиловый спирт различной концентрации, при этом в качестве оптимального растворителя выбран 70 %-ный этиловый спирт. Определены оптимальные условия реакции комплексобразования между флавоноидами экстракта и раствором хлорида алюминия. Оптимальное соотношение объёмов экстракта и раствора хлорида алюминия составило 5:2, а время максимального проявления окраски комплекса – 40 минут. Разработанная методика была валидирована по показателям специфичности, линейности и точности. Специфичность оценивали путём сравнения дифференциальных спектров исследуемого экстракта и стандартного образца - рутина. Наличие прямой пропорциональной зависимости между независимой переменной (масса сырья) и зависимой величиной (выход флавоноидов) подтверждает линейность метода. Интервал восстановления методики составил от 95,0 до 100,3 %, что подтверждает её точность.*

*Ключевые слова: Lythrum salicaria L., флавоноиды, спектрофотометрия, валидация, растительный экстракт, полифенолы.*

\*G. Zh. Baisalova<sup>1</sup>, Zh. A. Ussen<sup>2</sup>, B. B. Torsykbaeva<sup>3</sup>,  
Zh. K. Tukhmetova<sup>4</sup>, A. A. Taltenov<sup>5</sup>

<sup>1,5</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University,  
Republic of Kazakhstan, Astana;

<sup>2,3</sup>Astana Medical University, Republic of Kazakhstan, Astana;

<sup>4</sup>Karagandy Medical University, Republic of Kazakhstan, Karagandy.

Received 08.05.26.

Received in revised form 18.05.26.

Accepted for publication 10.06.26.

### QUANTITATIVE DETERMINATION OF FLAVONOIDS IN THE AERIAL PART OF THE PLANT *LYTHRUM SALICARIA L.*

*Currently, in both traditional and folk medicine, plant raw materials are widely used as therapeutic agents for the treatment of various diseases. Plant-derived materials attract considerable interest as sources of new, safe, and potent biologically active compounds with significant therapeutic potential. According to the World Health Organization, approximately 80% of the population uses plant-based medicines in primary healthcare. When treating various diseases with synthetic drugs, side effects (such as*

*allergies, vomiting, diarrhea, headache, etc.) are frequently observed. In contrast, herbal medicinal products generally exhibit pronounced pharmacological effects while causing minimal side effects. Therefore, the search for new plant-based medicinal products remains an important and relevant task. In this context, flavonoids found in plants are of particular interest. Flavonoids are one of the most widespread groups of biologically active compounds. They are characterized by structural diversity, a wide range of pronounced biological activities, and low toxicity. Based on these compounds, new effective drugs with anti-inflammatory, antibacterial, and antiviral properties can be developed. This study focuses on the development and validation of a method for determining the total flavonoid content in the aerial parts of *Lythrum salicaria* L. using differential spectrophotometry. The plant extract was obtained by the reflux method. Ethanol of various concentrations was used as the extractant, with 70 % ethanol selected as the optimal solvent. Optimal conditions for the complexation reaction between flavonoids in the extract and aluminum chloride solution were established. The optimal volume ratio of extract to aluminum chloride solution was 5:2, and the time required to achieve maximum color intensity of the complex was 40 minutes. The developed method was validated in terms of specificity, linearity, and accuracy. Specificity was assessed by comparing the differential spectra of the test extract with those of a standard sample (rutin). A direct proportional relationship between the independent variable (mass of raw material) and the dependent variable (flavonoid yield) confirms the linearity of the method. The recovery range of the method was 95.0–100.3 %, confirming its accuracy.*

*Keywords: *Lythrum salicaria* L., flavonoids, spectrophotometry, validation, plant extract, polyphenols.*

МРНТИ 31.19.15

<https://doi.org/10.48081/BGQF2097>

**\*Г. Ж. Байсалова<sup>1</sup>, С. А. Музапарова<sup>2</sup>,  
А. А. Талменов<sup>2</sup>, К. М. Акпаева<sup>4</sup>**

<sup>1,3</sup>Евразийский Национальный Университет имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана;

<sup>2,4</sup>Медицинский Университет Астана, Республика Казахстан, г. Астана.

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

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2373-0175>

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

<sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9753-1315>

\*e-mail: [galya\\_72@mail.ru](mailto:galya_72@mail.ru)

### **КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) В РАСТЕНИИ ZIZIPHORA CLINOPODIODES LAM**

*Содержание водорастворимых ионов натрия и калия в водном экстракте, полученном из надземной части *Ziziphora clinopodioides* Lam., определяли ионометрическим методом с использованием ионоселективных электродов. Водные экстракты, приготовленные в соответствии с требованиями методики ионометрического анализа, разбавляли таким образом, чтобы концентрация определяемого иона превышала порог чувствительности иономера, при этом ионная сила раствора оставалась низкой.*

*В работе использованы государственные стандартные образцы соответствующих ионов для обеспечения единства измерений, калибровки иономера и контроля точности методики. Проведённые измерения позволили получить количественные данные по содержанию исследуемых ионов в растительном сырье. По результатам исследования установлено, что содержание водорастворимых ионов калия в надземной части растения (0,5497±0,0362 %) выше, чем содержание ионов натрия (0,4002±0,0149 %).*

*Разработка метода количественного определения водорастворимых ионов калия и натрия имеет важное практическое значение и может быть использована в аналитической химии для количественного определения неорганических компонентов*

растительной продукции. Во-первых, он играет значительную роль при оценке содержания легкоусвояемых ионов натрия и калия в процессе производства биологически активных добавок и функциональных продуктов питания. Во-вторых, данный метод предоставляет ценную информацию о физиологическом состоянии растения, поскольку известно, что течение многих биологических процессов напрямую связано с изменением концентрации ионов внутри клетки и в её окружении.

**Ключевые слова:** *Ziziphora clinopodioides* Lam., ионы калия, ионы натрия, экстрагент, потенциометрический метод, ионселективный электрод.

### Введение

В настоящее время изучение химического состава лекарственных растений является важным направлением фармацевтических исследований. Растения содержат широкий спектр биологически активных веществ, а также минеральные элементы, которые играют значительную роль в обменных процессах организма человека. Минеральные компоненты растений способны участвовать в регуляции физиологических процессов и могут оказывать влияние на фармакологические свойства растительного сырья [1, 2, 3].

Одним из перспективных лекарственных растений является *Ziziphora clinopodioides* многолетнее ароматическое растение семейства Lamiaceae (яснотковые). Представители рода *Ziziphora* распространены в странах Центральной Азии, на территории Казахстана, а также в горных районах Китая, Ирана и Ближнего Востока. Растение характеризуется выраженным ароматом и традиционно используется в народной медицине [4, 5].

По данным фитохимических исследований, виды рода *Ziziphora* содержат эфирные масла, флавоноиды, фенольные соединения и другие биологически активные компоненты. Наличие этих соединений объясняет антимикробные, антиоксидантные и противовоспалительные свойства растения [6].

В традиционной медицине зизифора применяется при заболеваниях дыхательных путей, нарушениях пищеварения и некоторых сердечно-сосудистых заболеваниях. Настои и отвары растения используют как противовоспалительное, антисептическое и спазмолитическое средство [7]. Помимо органических соединений, важным компонентом лекарственных растений являются минеральные элементы. Среди них особое значение имеют калий и натрий, которые участвуют в поддержании водно-электролитного баланса организма, регулируют работу нервной и мышечной систем и играют важную роль в функционировании сердечно-сосудистой системы [8].



Рисунок 1– Зизифора пахучковидная

В связи с этим изучение содержания ионов натрия и калия в растительном сырье представляет научный интерес.

Калий ( $K^+$ ) и натрий ( $Na^+$ ) являются важными макроэлементами, выполняющими ключевые функции как в организме человека, так и в растениях.

В организме человека калий является основным внутриклеточным катионом и участвует в регуляции водного баланса, передаче нервных импульсов и сокращении мышц, включая миокард. Кроме того, он способствует снижению артериального давления и уменьшает риск сердечно-сосудистых заболеваний. Натрий, напротив, является главным внеклеточным катионом и регулирует объём жидкости, осмотическое давление и проведение нервных импульсов. Баланс между калием и натрием имеет решающее значение для нормального функционирования организма [9, 10].

В растениях калий играет важную роль в регуляции водного обмена, активации ферментов, транспорте веществ и повышении устойчивости к стрессовым факторам. Натрий не является обязательным элементом для большинства растений, однако в небольших количествах может участвовать в обменных процессах. Его избыток оказывает токсическое действие и нарушает рост растений [11, 12, 13].

Таким образом, калий и натрий являются значимыми элементами, влияющими на физиологические процессы как у человека, так и у растений.

**Целью данного исследования** является определение содержания водорастворимых ионов натрия и калия в надземной части растения *Ziziphora clinopodioides* методом ионометрии с ионселективными электродами.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования был выбран растение *Ziziphora clinopodioides*, произрастающее на территории Казахстана. Собранные образцы высушивали на воздухе, очищали от механических примесей и измельчали в лабораторной мельнице. Аналитическая проба была измельчена до частиц, проходящих через сито с диаметром ячеек 2 мм.

Получены водные экстракты данного растения. Молярные концентрации водорастворимых ионов определяли по методикам (РД 52.24.415-2007 и 52.24.365-2008) [14, 15].

#### Результаты и обсуждение

Известно, что между электрическими свойствами растворов электролитов и их концентрации существует зависимость. Одной из такой корреляции является концентрационная зависимость напряжении на полупроницаемых мембранах (потенциометрия). В нынешнее время активно развиваются потенциометрия с применением мембранных ионселективных электродов. В электрохимических исследованиях особенно используют прямую потенциометрию, называемой ионометрии. Измерения потенциала проведена на установке, приведенной на рисунке 2, с помощью иономера «Эксперт-001».



Рисунок 2 – Установка ионометрического определения ионов натрия

В методологии ионометрии нужно соответствовать некоторым требованиям:

- определение наиболее подходящие разведений исследуемых растворов;
- установление градуировочной характеристики с использованием стандартных растворов (государственный стандартный образец), соответствующих ионов (рисунок 3).



Рисунок 3 – Государственный стандартный образец ионов натрия

Установления градуировочной зависимости было реализовано путем нахождения математической зависимости между электродвижущей силой системы ( $E$ , мВ) и концентрации определяемого иона в серии эталонных растворов (рисунки 4, 5).

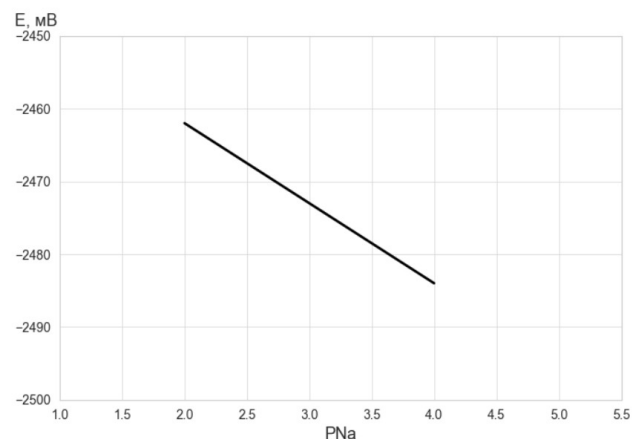


Рисунок 4 – Градуировочный график зависимости потенциала Na<sup>+</sup>-селективного электрода (E, мВ) от отрицательного логарифма молярной концентрации иона натрия (pNa)

Построение градуировочной зависимости для ионов натрия было осуществлено с помощью градуировочных растворов в диапазоне концентрации  $10^{-4}$  –  $10^{-2}$  моль/л, а для ионов калия –  $5 \times 10^{-5}$  –  $10^{-3}$  моль/л.

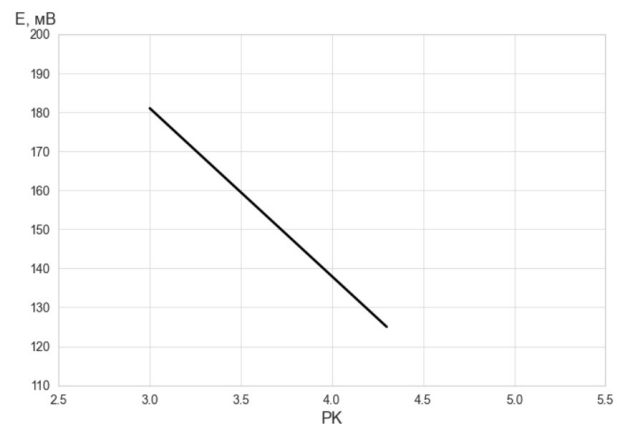


Рисунок 5 – Градуировочный график зависимости потенциала K<sup>+</sup>-селективного электрода (E, мВ) от отрицательного логарифма молярной концентрации иона калия (pK)

Результаты ионометрических исследований ионов натрия и калия в надземной части растения *Ziziphora clinopodioides* приведены в таблице 1. Содержание водорастворимых ионов водных экстрактов выражались в молярной концентрации (моль/л) и пересчитывались в массовую долю (%) в сухом навеске.

Таблица 1 – Содержание ионов в надземной части *Ziziphora clinopodioides* Lam.

Ионы	Содержание ионов в исследуемом растении	
	Молярная концентрация водорастворимых ионов См, моль/л	Массовая доля водорастворимых ионов в образце, ω, %
Калий	0,0094±0,0006	0,5497±0,0362
Натрий	0,01160±0,00043	0,4002±0,0149

Полученные данные показали, что содержание водорастворимых ионов калия ((0,5497±0,0362)%) несколько превышает содержание натрия ((0,4002±0,0149)%), что возможно объясняется уникальными функциями калия в клетке. Калий является ключевым элементом, участвующим в регуляции водного обмена и физиологических процессов, тогда как натрий, присутствующий в меньших количествах, способствует поддержанию осмотического потенциала и устойчивости растения к стрессовым условиям.

#### Выводы.

В ходе проведенных исследований разработаны методики количественного определения ионов натрия и калия в водном экстракте *Ziziphora clinopodioides* методом ионометрии с использованием ионселективных электродов.

Количественное определение ионов калия и натрия электрохимическими методами важны:

- для оценки содержания легко усваиваемого натрия и калия при создании биологически активной добавки, функциональных продуктов;
- для получения ценной информации о физиологическом состоянии растения, так как прогресс многочисленных биологических процессов обусловлен с изменениями концентрации ионов внутри клетки и в окружающей среде.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Wink, M. Modes of Action of Herbal Medicines and Plant Secondary Metabolites. Medicines. 2015.

- 2 **Cowan, M. M.** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 1999.
- 3 **Atanasov, A. G. et al.** Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products. *Biotechnology Advances*. 2015.
- 4 **Rechinger, K. H.** *Flora Iranica: Lamiaceae*. Graz: Akademische Druck. 1982.
- 5 **Harley, R. M., Atkins, S.** *The Families and Genera of Vascular Plants: Lamiaceae*. Springer. 2004.
- 6 **Sharopov, F. S., Setzer, W. N.** Chemical composition and biological activity of *Ziziphora* species. *Natural Product Communications*. 2011.
- 7 **Shikov, A. N. et al.** Medicinal plants of Central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan. *Journal of Ethnopharmacology*. 2014.
- 8 **Gropper, S., Smith, J.** *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. Cengage Learning. 2013.
- 9 Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Sodium and Potassium in Health*. 2025.
- 10 Healthline. *What Does Potassium Do for Your Body?* 2024.
- 11 **Sardans, J., Peñuelas, J.** Potassium control of plant functions. *Plants*. 2021.
- 12 **Wang, Y. et al.** Transport, signaling, and homeostasis of potassium and sodium in plants. *Plant Biology*. 2014.
- 13 **Nieves-Cordones, M. et al.** Roles and transport of sodium and potassium in plants. 2016.
- 14 РД 52.24.415-2007. Массовая концентрация ионов калия в водах. Методика выполнения измерений массовой концентрации потенциометрическим методом с ионселективным электродом.
- 15 РД 52.24.365-2008. Массовая концентрация ионов натрия в водах. Методика выполнения измерений массовой концентрации потенциометрическим методом с ионселективным электродом.

## REFERENCES

- 1 **Wink, M.** *Modes of Action of Herbal Medicines and Plant Secondary Metabolites*. Medicines. 2015.
- 2 **Cowan, M. M.** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 1999.
- 3 **Atanasov, A. G. et al.** Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products. *Biotechnology Advances*. 2015.
- 4 **Rechinger, K. H.** *Flora Iranica: Lamiaceae*. Graz: Akademische Druck. 1982.
- 5 **Harley, R. M., Atkins, S.** *The Families and Genera of Vascular Plants: Lamiaceae*. Springer. 2004.

- 6 **Sharopov, F. S., Setzer, W. N.** Chemical composition and biological activity of *Ziziphora* species. *Natural Product Communications*. 2011.
- 7 **Shikov, A. N. et al.** Medicinal plants of Central Asia : Uzbekistan and Kyrgyzstan. *Journal of Ethnopharmacology*. 2014.
- 8 **Gropper, S., Smith, J.** *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. Cengage Learning. 2013.
- 9 Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Sodium and Potassium in Health*. 2025.
- 10 Healthline. *What Does Potassium Do for Your Body?* 2024.
- 11 **Sardans, J., Peñuelas, J.** Potassium control of plant functions. *Plants*. 2021.
- 12 **Wang, Y. et al.** Transport, signaling, and homeostasis of potassium and sodium in plants. *Plant Biology*. 2014.
- 13 **Nieves-Cordones, M. et al.** Roles and transport of sodium and potassium in plants. 2016.
- 14 RD 52.24.415-2007. Massovaya kontsentratsiya ionov kaliya v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy potentsiometricheskim metodom s ionselektivnym elektrodom [Mass concentration of potassium ions in waters. Method for potentiometric determination using ion-selective electrode].
- 15 RD 52.24.365-2008. Massovaya kontsentratsiya ionov natriya v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy potentsiometricheskim metodom s ionselektivnym elektrodom [Mass concentration of sodium ions in waters. Method for potentiometric determination using ion-selective electrode].

Поступило в редакцию 04.05.26.

Поступило с исправлениями .

Принято в печать 15.05.26.

\*Г. Ж. Байсалова<sup>1</sup>, С. А. Музапарова<sup>2</sup>, А. А. Талтенов<sup>3</sup>, К. М. Акпаева<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup>Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.;

<sup>2,4</sup>Астана медицина университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.

04.05.26 ж. баспаға түсті.

04.05.26 ж. түзетулерімен түсті.

15.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

**ZIZIPHORA CLINOPODIODES LAM. ӨСІМДІГІНДЕГІ СІЛТІЛІК  
МЕТАЛДАР ИОНДАРЫН (NA<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) САНДЫҚ АНЫҚТАУ**

*Ziziphora clinopodiodes Lam.* жер үсті бөлігінен алынған сулы сығындыдағы суда еритін натрий және калий иондарының мөлшерін ионоселективті электродтарды пайдалана отырып, ионометриялық әдіспен анықтады. Ионометриялық талдау әдістемесінің талаптарына сәйкес дайындалған сулы сығындылар анықталатын ионның концентрациясы иономердің сезімталдық шегінен асатындай етіп сұйылтылды, бұл ретте ерітіндінің иондық күші төмен күйінде қалды.

Жұмыста өлшемдердің бірлігін қамтамасыз ету, иономерді калибрлеу және әдістеме дәлдігін бақылау үшін тиісті иондардың мемлекеттік стандартты үлгілері пайдаланылды. Жүргізілген өлшеулер өсімдік шикізатындағы зерттелетін иондардың мөлшері туралы сандық деректер алуға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижелері бойынша өсімдіктің жер үсті бөлігіндегі суда еритін калий иондарының мөлшері (0,5497±0,0362 %) натрий иондарының мөлшерінен (0,4002±0,0149 %) жоғары екені анықталды.

Суда еритін калий және натрий иондарын сандық анықтау әдісін әзірлеу маңызды практикалық мәнге ие және аналитикалық химияда өсімдік өнімдерінің бейорганикалық компоненттерін сандық анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін. Біріншіден, ол биологиялық белсенді қоспалар мен функционалдық тағамдарды өндіру процесінде оңай сіңетін натрий және калий иондарының мөлшерін бағалауда маңызды рөл атқарады. Екіншіден, бұл әдіс өсімдіктің физиологиялық жағдайы туралы құнды ақпарат береді, өйткені көптеген биологиялық процестердің жүруі жасуша ішіндегі және оның қоршаған ортасындағы иондар концентрациясының өзгеруімен тікелей байланысты екені белгілі.

Кілтті сөздер: *Ziziphora clinopodiodes Lam.*, калий иондары, натрий иондары, экстрагент, потенциометриялық әдіс, ионселективті электрод.

\*G. Zh. Baisalova<sup>1</sup>, S. A. Muzaparova<sup>2</sup>,

A. A. Taltenov<sup>3</sup>, K. M. Akpayeva<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University,  
Republic of Kazakhstan, Astana;

<sup>2,4</sup>Astana Medical University, Republic of Kazakhstan, Astana.

Received 04.05.26.

Received in revised form 04.05.26.

Accepted for publication 15.05.26.

**QUANTITATIVE DETERMINATION OF ALKALI METAL IONS  
(NA<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) IN THE PLANT ZIZIPHORA CLINOPODIODES LAM**

The content of water-soluble sodium and potassium ions in the aqueous extract obtained from the aerial part of *Ziziphora clinopodiodes Lam.* was determined by the ionometric method using ion-selective electrodes. The aqueous extracts, prepared in accordance with the requirements of the ionometric analysis methodology, were diluted in such a way that the concentration of the determined ion exceeded the sensitivity threshold of the ionometer, while the ionic strength of the solution remained low.

State standard samples of the corresponding ions were used in the work to ensure the uniformity of measurements, calibrate the ionometer, and control the accuracy of the methodology. The performed measurements allowed obtaining quantitative data on the content of the studied ions in the plant raw material. According to the research results, it was established that the content of water-soluble potassium ions in the aerial part of the plant (0.5497±0.0362 %) is higher than the content of sodium ions (0.4002±0.0149 %).

The development of a method for the quantitative determination of water-soluble potassium and sodium ions has important practical significance and can be used in analytical chemistry for the quantitative determination of inorganic components of plant products. First, it plays a significant role in assessing the content of easily assimilated sodium and potassium ions during the production of biologically active additives and functional foods. Second, this method provides valuable information about the physiological state of the plant, since it is known that the course of many biological processes is directly related to changes in ion concentration inside the cell and in its environment.

Keywords: *Ziziphora clinopodiodes Lam.*, potassium ions, sodium ions, extractant, potentiometric method, ionselective electrode.

<https://doi.org/10.48081/BGQF2098>

**\*Е. Ислам<sup>1</sup>, Т. Турысбекова<sup>2</sup>,  
А. Исмаилова<sup>3</sup>, Г. Айткалиева<sup>4</sup>**

<sup>1,2,4</sup>Қазақстан Республикасының техникалық университетінің Ғылыми-зерттеу институтының атындағы университетінің  
имени К. И. Сатпаева, Республика Қазақстан, г. Алматы,

<sup>3</sup>Международная образовательная корпорация,  
Республика Қазақстан, г. Алматы.

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2648-4041>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0753-8746>

<sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4234-0615>

<sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9872-6317>

\*e-mail: [madik\\_chimik@mail.ru](mailto:madik_chimik@mail.ru)

## **ГИПСОСОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОБЗОР, СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ**

*Гипс и гипсосодержащие добавки имеют широкое применение в строительстве и строительных материалах, благодаря совокупности физико-химических, технологических и эксплуатационно-механических свойств. В сравнение с другими материалами гипсовые вяжущие быстрее формируют прочную кристаллическую структуру при минимальных затратах на производство с точки зрения энергетики. Несмотря на эту совокупность характеристик гипса, благодаря которым он используется в строительстве, природа гипса обуславливает ряд ограничений его использования, те же особенности, благодаря которым достигается быстрое твердение и технологичность материала, становятся причиной его повышенной чувствительности к влаге и хрупкого характера разрушения. Ключевые свойства гипсовых композитов определяются особенностями формирования их микроструктуры, включая морфологию кристаллов дигидрата сульфата кальция, пористость и характер межфазного взаимодействия с наполнителями и армирующими компонентами. Современные подходы к модификации, включая использование полимерных добавок, наноматериалов и*

*гибридных армирующих систем, позволяют эффективно снижать влияние основных недостатков гипсовых композитов, в частности повышать водостойкость и плотность структуры.*

*В данной работе, будут изучены различные исследования, на предмет использования гипса, его преимущества и ограничения, а также возможные пути решения проблем применения гипса и гипсосодержащих добавок.*

*Ключевые слова: гипс, гипсосодержащие добавки, строительные композиты, твердение, микроструктура, прочность, водостойкость.*

### **Введение**

В условиях современного тренда на принципы устойчивого развития, особое значение имеют материалы, обладающие низкой энергоёмкостью производства и возможностью вторичной переработки. Гипс, относящийся к традиционным строительным вяжущим, обладает рядом выраженных технологических преимуществ, которые соответствуют современным трендам, включая низкую температуру обжига, высокую скорость схватывания и удобство формования. Благодаря этим свойствам гипс считается одним из древнейших строительных материалов, применявшийся более 9000 лет назад в Месопотамии, Древнем Египте и на Крите, для кладки, отделки стен и создания фресок и полов [1].

Результаты современных исследований показали, что гипс может применяться в более сложных отраслях строительства, выходя за рамки традиционного представления о нем, как о строительном вяжущем. В ряде работ, показано использование гипсосодержащих добавок для улучшения стабилизации структуры в процессе твердения, а также в перераспределении напряжения. В таких системах гипс воспринимается не как отдельное вяжущее, а как функциональная часть матрицы, обеспечивающий совместное благоприятное для строительства взаимодействия с другими фазами матрицы.

Актуальность анализа роли гипса в композиционных строительных материалах усиливается противоречивыми оценками эффективности. Рассматриваются различные негативные воздействия гипса, такие как структурная нестабильность и ускоренная деградация эксплуатационных свойств. Данные расхождения свидетельствуют о необходимости более глубокого анализа механизмов влияния гипса на формировании структуры и долговечность композитов.

## Материалы и методы

### 1 Физико-химические основы формирования гипсовых систем

Гипс (кальцийсульфат дигидрат,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) и его термически модифицированные формы – полугидраты ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\beta$ - и  $\alpha$ -формы) являются основой целого класса вяжущих материалов, широко используемых в строительстве. Технические гипсовые вяжущие получают через частичную дегидратацию дигидрата, с образованием полугидрата и последующие смешивание с водой, в результате которого образуется прочная кристаллическая структура. Механизм роста кристаллов и пространственного упорядочивания фаз определяют морфологию твердой фазы, пористость и в итоге, определяет ключевые механические и диффузионные свойства гипсового композита [2].

Затвердевание гипсовых вяжущих основан на растворении полугидрата, образовании перенасыщенного раствора и последующей кристаллизацией дигидрата. Ионы кальция и сульфата переходят в жидкую фазу после затворения водой, что приводит к возникновению условий для нуклеации кристаллов. Образование данных кристаллов определяет начальную прочность и стабильность затвердевшего материала, за счет пластинчатых структур этих кристаллов, которые переплетаются и образуют пространственную кристаллическую сеть [2].

Соотношение воды к вяжущему в данной системе является определяющим параметром для степени пористости и плотности структуры. При повышенном соотношении объем капиллярных пор увеличивается, соответственно снижается и прочность, а уменьшение ведет к более прочной, но менее технологической структуре [3]. Гипсовые материалы характеризуются повышенной чувствительности к влаге и химически активных сред. Длительное воздействие влаги способствует растворению кристаллов, что приводит к изменению поровой структуры и снижению прочности. В присутствии агрессивных ионов происходят процессы миграции солей и образование вторичных фаз, которые ухудшают эксплуатационные свойства [4]. Эти закономерности объясняют ограничения гипса в строительстве и учитываются при проектировке гипсовых композитов и области их применений.

Различные виды гипса, полученные разными способами (рисунок 1), имеют различия в минералогическом составе, содержаниях примесей и физическими параметрами, что оказывает существенное влияние на свойства конечных материалов.

Природный гипс обладает высокой однородностью и стабильностью состава, что облегчает его промышленную переработку, в то время как, техногенные и вторичные гипсы различаются характеристиками, требуют

дополнительного контроля качества, а также корректировки технологического режима. Но использование техногенных и вторичных гипсов способствует снижению объемов захоронения отходов, уменьшения потребления природных ресурсов и сокращению углеродного следа производства [5].



Рисунок 1 – Классификация источников гипса

## Результаты и обсуждение

### 2 Роль гипса в структуре композиционных материалов

Гипсовые матрицы при взаимодействии с наполнителями образуют новые материалы, с прочностными и деформационными характеристиками. В качестве наполнителей могут применяться природные пески, минеральные порошки, микросферы, промышленные побочные продукты, а также органические вещества. Прочность новых материалов определится степенью адгезии к матрице и характером межфазного контакта. При недостаточном взаимодействии появляются зоны, где скапливается напряжение, вследствие чего ускоряется образование микротрещин и приводят к преждевременному разрушению нового композита. При высокой межфазной прочности достигается равномерное распределение нагрузки, тем самым повышается устойчивость к деформациям [6].

Физические свойства наполнителей, такие как гранулометрический состав, морфология и поверхность частиц, играют решающую роль в формировании плотности упаковки и поровой структуры. Оптимальное соотношение частиц мелкодисперсных и крупнодисперсных фракций

способствует снижению общей пористости и механической прочности гипсовых композитов без ухудшения их технологичности [7].

Свойства микроструктуры гипсовых композитов характеризуются наличием трёх взаимосвязанных компонентов – кристаллической матрицы, порового пространства и включений заполнителей и волокон. Распределение компонентов во времени и пространстве определяет характеристику переноса влаги, тепла и механических напряжений. Улучшение однородности структуры с равномерным распределением фаз способствует повышению долговечности и стабильности эксплуатационных характеристик [6].

В ряде композиционных систем гипс применяется в комбинации с другими минеральными вяжущими компонентами – цементом и активированными минералами. Такие системы расширяют функциональные возможности используемых материалов, но требуют строгого контроля химической совместимости. Взаимодействие гипса с алюминатами и силикатами цемента может приводить к образованию нестабильных сульфатных соединений, что отрицательно влияет на долговечность композитов при неблагоприятных условиях эксплуатации.

### **3 Области применения гипсосодержащих композитов в строительстве**

Благодаря низкой энергоёмкости производства, технологичности и возможности формирования материалов с заданными функциональными характеристиками, гипсосодержащие композиты имеют широкое применение в строительстве. Преимущественно использование композитов связано с внутренней отделкой зданий, где нет жестких требований к водостойкости и химической устойчивости, по сравнению с наружными конструкциями. В этих условиях гипсовые материалы показывают высокую эффективность, обеспечивая быстрый монтаж, стабильность геометрических параметров и удовлетворительные эксплуатационные свойства [8].

Также популярным направлением применения гипса в строительстве являются листовые и панельные материалы, включая гипсокартонные и гипсоволокнистые плиты, которые используются для возведения перегородок, облицовки стен и устройства подвесных потолков. Введение минеральных и волокнистых наполнителей позволяет формировать легкие конструкции с повышенной жесткостью и устойчивости к механическим воздействиям, благодаря чему, современные модифицированные панели имеют улучшенную прочность, огнестойкость и звукоизоляционные свойства, что расширяет их применение в жилых, административных и общественных зданиях [9].

Значительного прогресса достигли сухие строительные смеси на гипсовой основе, применяемые для нанесения штукатурки, выравнивания поверхностей и создания декоративных покрытий. Такие материалы

характеризуются быстрым схватыванием, высокой адгезией к основанию и формированием ровной поверхности, подходящей для последующих отделочных работ. В современные формулы сухих смесей включаются полимерные модификаторы и стабилизаторы, что предоставляет возможность расширения диапазона рабочих температур и влажности [10].

В последние годы наблюдается рост интереса к применению гипсовых композитов как тепло- и звукоизоляционных материалов. Благодаря развитой пористой структуре и введению легких заполнителей удастся получить составы с пониженной плотностью и улучшенными акустическими свойствами. Подобные материалы используются в ограждающих конструкциях, межквартирных перегородках и компонентах для акустической коррекции помещений [11]. Экспериментальные данные демонстрируют, что оптимизированные гипсовые композиты способны эффективно сокращать уровни воздушного и ударного шума при сохранении необходимой механической прочности.

Перспективным направлением считается внедрение гипсосодержащих материалов в системы пассивного контроля микроклимата зданий. В частности, разработаны композиты, интегрирующие материалы фазового перехода (PCM), которые накапливают и выделяют тепловую энергию в ходе эксплуатации. Такие системы дают возможность не только снизить пиковые температурные нагрузки, но и энергетическую эффективность зданий повысить [12]. Гипсовая матрица здесь выступает как стабилизирующая оболочка, выполняя функцию теплообменной среды. В связи с развитием строительства по модульной схеме и быстровозводимого строительства, гипсовые композиты применяются в виде элементов, сделанных на заводе, высокой степени готовности. Панели, блоки, и перегородки сборного типа на основе гипса дают возможность сроки строительства сократить, и трудоёмкость монтажных работ снизить. Особенно эффективно их использовать в малоэтажном строительстве там, где нагрузки на несущие конструкции важны, чтобы были минимальными, и скорость выполнения работ. Отдельное направление есть в использовании гипсовых композитов в декоративно-архитектурных элементах.

Гипс, из-за того, что хорошо формуется и из него можно получать сложные формы, применяется для изготовления лепнины, архитектурных деталей и разных интерьерных конструкций. Современные композиционные системы помогают повысить механическую прочность таких элементов, и то, как они выдерживают разные воздействия при эксплуатации. Использование материалов, содержащих гипс, в конструкциях снаружи ограничено тем, как они реагируют на влагу, но развитие технологий модификации и защитных

покрытий даёт больше возможностей для применения в полузакрытых и защищённых местах. Как показывают исследования, если использовать гидрофобные добавки, полимерную модификацию и многослойные конструктивные решения, то можно добиться удовлетворительной влагостойкости и свойств стабильности.

В итоге, гипсосодержащие композиты можно применять в большинстве сфер строительства – начиная от отделки и декора, и заканчивая функциональными панелями и разными энергосберегающими системами.

#### 4 Преимущества использования гипса

Низкая энергоёмкость производства и меньший экологический след. Для производства гипсовых композитов требуется значительно меньше температура кальцинации, и исходя из этого, меньше потребления топлива по сравнению с клинкерным порландцементом. Для превращения дигидрата ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) в гемигидрат ( $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ ) требуется температура 150–180 °C и времени порядка 1–3 ч. С такими условиями синтеза расход топлива составляет 30–40 кг топлива на тонну продукта, что на 20 % менее энергозатратнее, по сравнению с другими вяжущими. Например, для производства цементного клинкера требуется температура близкая к 1500 °C, отсюда и значительное потребление топлива и электроэнергии. Благодаря этому гипс является привлекательным с точки зрения энергоэффективности и уменьшения парникового следа при массовом изготовлении легких и внутренних строительных материалов. На практике, при локальном производстве гипсовых панелей и смесей, именно энергоэкономия является определяющим при выборе гипса, в качестве строительного сырья, для ненесущих и малонагрузочных конструкций, особенно при применении переработанного гипсового сырья (FGD-гипс и фосфогипс) с минимальной термообработкой [13].

Также, гипсовые материалы отличаются контролем гидратации, что означает управляемую кинетику схватывания и гибкую настройку. Процесс схватывания – это растворение гемигидрата в водном слое и дальнейшая нуклеация дегидрата ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Скорость зависит от растворимости, площади поверхности частиц и адсорбционных эффектов добавок. Тем самым, гипсовые системы имеют предсказуемое и короткое время схватывания, которое можно урегулировать до секунд/минут, с помощью аддитивов. Данное преимущество гипса хорошо подходит для быстросхватывающихся ремонтных и штукатурных смесей. В исследовании составов ремонтных смесей, лучше всего себя показали смеси с добавлением гемигидрата в цементный состав. Смеси с 8 % добавлением гемигидрата (от общей массы) увеличивало прочность на ранней стадии и по истечению

6 часов показали прирост сжатия и изгиба +34.1 % и 39 % соответственно. Эти цифры сообщают о высокой чувствительности ранней механики к количеству и типу  $\text{CaSO}_4$ -формы в рецептуре. Тем самым, гипс показал себя как материал, способный быстро «подкреплять» прочность в короткие сроки при целенаправленной рецептурной настройке [14].

Гидратированный продукт гипсовых вяжущих – кальций-сульфат дигидрат – в процессе твердения формирует пространственно развитую пластинчатую или игольчатую кристаллическую сеть, которая определяет основные механические и деформационные характеристики материала. Осаждение дигидрата протекает через стадию образования многочисленных перекрывающихся пластинок, формирующих взаимопроницающую структуру, параметры которой напрямую зависят от условий гидратации, дисперсности исходного гемигидрата, ионного состава порового раствора и присутствия органических или неорганических аддитивов. В частности, адсорбция полимерных молекул и функциональных групп на активных гранях растущих кристаллов приводит к изменению скоростей роста по отдельным кристаллографическим направлениям, что отражается на форме, толщине и степени сцепления пластинок между собой.

При формировании плотной, хорошо связанной пластинчатой структуры матрица характеризуется повышенной статической жёсткостью, способностью эффективно перераспределять локальные напряжения и демпфировать упругие колебания, тогда как преобладание слабо связанных игольчатых агрегатов приводит к росту хрупкости и снижению сопротивления трещинообразованию. Дополнительное повышение эксплуатационных характеристик достигается за счёт введения армирующих волокон, которые включаются в кристаллическую матрицу и формируют механические мостики между отдельными доменами дигидрата, замедляя развитие микротрещин и повышая энергоёмкость разрушения [15].

Экспериментальные исследования показывают, что использование стеклянных, базальтовых или поливинилалкогольных волокон при оптимальном содержании порядка 10–12 % по объёму обеспечивает существенный прирост изгибной и сжимающей прочности гипсовых композитов: в ряде работ фиксируется увеличение прочности при изгибе на 20–50 % и сопоставимое повышение прочности при сжатии по сравнению с неармированными системами, при этом максимальный эффект достигается при длине волокон около 15 мм и равномерном их распределении в объёме материала. Таким образом, сочетание контролируемой кристаллизации дигидрата и направленного армирования позволяет формировать многомасштабную иерархическую структуру, в которой микроскопическая

морфология кристаллов и мезоскопическая сеть волокон совместно обеспечивают оптимальное соотношение прочности, упругости и трещиностойкости гипсовых композитов [16].

Благодаря огнестойкости гипс применяется в огнезащитных перегородках и облицовках. При нагревании выделяется связанная кристаллизационная вода (эндотермическая дегидратация  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4$ ), потребляющая тепловую энергию, замедляя при этом нагрев внутренней зоны и ограничивает передачу температуры. При испарении кристаллизационной воды образуется «тепловой щит», замедляющий рост на противоположной поверхности плиты. Исследования термовесового анализа при температурах, свойственных пожарам (150–200 °С для первого шага гемигидрата) подтверждают значительное термопоглощение при дегидратации. На практике увеличивается время достижения данной температуры в несущих элементах, особенно в многослойных системах с гипсовым облицовочным слоем [3, 5].

Пористая микроструктура лёгких гипсовых композитов формирует совокупность тепло- и звукоизоляционных свойств, которые реализуются при относительно малой объёмной массе материала, что особенно важно для внутренних ограждающих конструкций и перегородок, где требуется сочетание эффективной изоляции и минимальной нагрузки на несущие элементы. Формирование развитой системы замкнутых и частично открытых пор приводит к разрыву непрерывных тепловых потоков и снижению эффективной теплопроводности за счёт низкой теплопроводности воздуха, заключённого в порах, а также к рассеянию и многократному отражению звуковых волн на границах раздела фаз.

Дополнительный вклад в акустическое демпфирование вносит пластинчатая морфология кристаллов дигидрата, создающая множество микроскопических интерфейсов, на которых происходит рассеяние упругих колебаний и частичное превращение механической энергии в тепловую. Управление структурой порового пространства осуществляется за счёт введения пороформирующих агентов, лёгких минеральных или органических наполнителей и корректировки водотвёрдого отношения, что позволяет целенаправленно балансировать между теплоизоляционными и механическими характеристиками материала [3]. Экспериментальные исследования по оптимизации рецептур показывают, что при рациональном подборе состава возможно получение гипсовых композитов с плотностью в диапазоне примерно 400–900  $\text{kg/m}^3$  и коэффициентом теплопроводности  $\lambda \approx 0.08\text{--}0.20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , при этом указанные значения сопоставимы с параметрами специализированных лёгких гипсовых изоляционных панелей

и высокоэффективных теплоизоляционных штукатурных систем, что подтверждает конкурентоспособность таких материалов для внутреннего строительного применения.

В обзоре переработки фосфогипса в дорожных материалах отмечено, что после очистки/обработки (удаление растворимых фракций, нейтрализация) смеси на основе очищенного фосфогипса показали прочности уплотнённых массов (unconfined compressive strength) на уровнях 0.838 МПа (7 дн), 1.953 МПа (14 дн) и 2.531 МПа (28 дн) при конкретных рецептурах, что демонстрирует практическую применимость PG после экологического контроля [17]. Другие исследования показывают, что фосфогипс по химическому составу близок к  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и при регламентированной обработке может быть использован как ресурс для изготовления строительных гипсовых материалов [18].

### **5 Недостатки гипса и гипсосодержащих материалов в строительстве и способы их устранения**

Главным ограничением гипса в строительстве является его низкая устойчивость к влаге и воздействию воды. Данное свойство гипса связано с его структурой, а именно с термической нестабильностью дигидрата сульфата кальция в условиях длительного водонасыщения. Низкой растворимости гипса хватает для постепенного растворения контактных зон между кристаллами, что в последствии приводит к разуплотнению структуры и снижению механической прочности материала [19]. Растворимость дигидрат сульфата кальция равняется 2.0–2.6 г/л при температуре в 20, что существенно выше растворимости гидроксилатных фаз цемента. Экспериментальные исследования показали, что при длительном контакте с водой, прочность гипсосодержащих композитов снижается на 40–70 %, что подтверждает фундаментальный характер данного недостатка [6].

Дополнительным фактором, определяющим низкую водостойкость гипсовых материалов, является отсутствие гидравлических фаз, способных обеспечивать долговременную стабильность структуры в водной среде. В отличие от портландцемента, который образует гидросиликаты кальция с низкой растворимостью, гипс не формирует устойчивых гидратных соединений, что делает его структуру термодинамически менее стабильной. В результате гипсовые материалы обладают низким коэффициентом водостойкости, который в большинстве случаев не превышает 0,3–0,5, что существенно ограничивает их применение в условиях повышенной влажности [18]. Также водостойкость может ограничиваться склонностью к биологической деградации при эксплуатации во влажной среде. Повышенная влажность способствует развитию микроорганизмов, что может приводить к дополнительному разрушению структуры материала и ухудшению его эксплуатационных характеристик [20].

Одним из ключевых недостатков гипсовых материалов является их ограниченная прочность на сжатие, которая дополнительно снижается при модификации структуры гипсовой матрицы различными добавками и армирующими компонентами. Экспериментальные исследования гипсовых композитов, армированных полипропиленовыми волокнами, в том числе полученными из строительных и демонтажных отходов (CDW), показывают, что введение армирующих волокон сопровождается снижением прочности на сжатие по сравнению с эталонными составами.

Согласно данным, представленным в таблице 1, прочность гипсовых композитов с коммерческими волокнами (Gyp+Comm) уменьшается с 3.06 до 2.81 МПа при увеличении содержания волокон с 1 % до 4 %. Аналогичная тенденция наблюдается и для композитов с волокнами из строительных отходов (Gyp+CDW), где прочность снижается с 5.33 до 3.45 МПа. При этом, несмотря на более высокие абсолютные значения прочности для составов с CDW-волокнами, общий характер изменения сохраняется – увеличение содержания армирующих компонентов приводит к снижению сопротивления сжатию.

Таблица 1 – Прочность на сжатие гипсовых и штукатурных композитов с полипропиленовыми волокнами [20]

Состав	1 %	2 %	3 %	4 %
Gyp + Comm	3,06	2,92	2,87	2,81
Gyp + CDW	5,33	4,56	4,26	3,45
P+ Comm	10,80	10,60	9,51	9,32
P+ CDW	10,85	10,65	9,57	9,38

Данный эффект связан с особенностями микроstructures гипсового камня и механизмом взаимодействия между гипсовой матрицей и армирующими волокнами. Введение волокон увеличивает количество межфазных границ, способствует росту пористости и снижению эффективной площади контакта между кристаллами дигидрата сульфата кальция. В результате уменьшается способность материала воспринимать сжимающие нагрузки.

Аналогичная закономерность прослеживается и для штукатурных композитов: прочность составов P+Comm снижается с 10.80 до 9.32 МПа, а P+CDW – с 10.85 до 9.38 МПа при увеличении содержания волокон от 1 % до 4 %. Несмотря на то что полученные значения существенно превышают минимально допустимый уровень (2.0 МПа), наблюдаемое систематическое снижение прочности подтверждает структурную чувствительность гипсовых композитов к изменению состава и ограничивает их применение в конструктивных элементах [9].

Дополнительным фактором снижения прочности является наличие примесей в гипсовом сырье. Установлено, что более высокое содержание примесей, таких как карбонат кальция, приводит к снижению механических характеристик гипсовых материалов, что связано с нарушением процесса кристаллизации и формированием менее прочной микроstructures гипсового камня. Таким образом, несмотря на возможность повышения отдельных механических характеристик гипсовых композитов за счёт армирования, снижение прочности на сжатие остаётся одним из фундаментальных недостатков гипсовых материалов, ограничивающих их применение в конструктивных элементах зданий.

В процессе твердения гипсового теста происходит растворение полугидрата сульфата кальция с последующей кристаллизацией дигидрата, формирующего структуру из игольчатых и пластинчатых кристаллов. Эти кристаллы соединяются преимущественно за счёт механического сцепления и ограниченного количества контактных зон, что приводит к формированию структуры с низкой способностью к перераспределению напряжений и высокой склонностью к хрупкому разрушению. В результате гипсовые материалы демонстрируют резкое разрушение при достижении предельных напряжений без значительной пластической деформации, что существенно ограничивает их применение в конструкциях, подвергающихся динамическим и ударным нагрузкам [3].

Высокая хрупкость гипсового камня обусловлена его микроstructures, включающей значительное количество капиллярных пор и ограниченную площадь контакта между кристаллами. Исследования с использованием сканирующей электронной микроскопии показывают, что кристаллы дигидрата сульфата кальция формируют пространственную сетчатую структуру с высокой пористостью, что способствует концентрации напряжений и инициированию трещин при механическом воздействии [19]. Наличие микропор и дефектов структуры дополнительно ускоряет распространение трещин, снижая энергию разрушения материала.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что разрушение гипсовой матрицы носит преимущественно хрупкий характер. Введение армирующих волокон позволяет частично компенсировать данный недостаток за счёт механизма «мостиков», препятствующих раскрытию и распространению трещин. В частности, при содержании волокон 4 % наблюдается увеличение прочности на изгиб до 31,4 % для гипсовых композитов и до 39,3 % для штукатурных систем [20]. Это указывает на повышение трещиностойкости и способности материала сопротивляться развитию трещин.

Однако данный эффект достигается преимущественно за счёт армирующего действия волокон, тогда как сама гипсовая матрица сохраняет исходную склонность к хрупкому разрушению. Таким образом, несмотря на улучшение изгибной прочности и трещиностойкости композитов, гипсовые материалы в целом остаются чувствительными к механическим воздействиям и требуют дополнительной модификации структуры для повышения их надёжности и долговечности.

### **6 Методы устранения недостатков гипса и гипсовых вяжущих в строительстве**

Современные исследования в области гипсовых материалов направлены на комплексное устранение их фундаментальных недостатков, включая низкую водостойкость, высокую пористость, низкую прочность, хрупкость и ограниченную долговечность. Решение этих проблем основано на применении инновационных методов модификации структуры гипсового камня, включая использование наноматериалов, полимерных модификаторов, композиционных вяжущих систем, функциональных покрытий и гибридных армирующих компонентов. Эти подходы позволяют существенно улучшить физико-механические и эксплуатационные характеристики гипсовых материалов и расширить область их применения в современном строительстве.

Одним из наиболее эффективных современных методов повышения эксплуатационных характеристик гипсовых материалов является использование наноматериалов, включая графен, углеродные нанотрубки и другие углеродные наноструктуры. Введение графеновых наноматериалов приводит к значительным изменениям микроструктуры гипсового камня, улучшая кристаллизацию дигидрата сульфата кальция и формируя более плотную структуру с улучшенными механическими характеристиками. Экспериментальные исследования показали, что введение даже малых количеств графеновых добавок может увеличить прочность гипсовых материалов более чем на 100 %, что связано с усилением межкуристаллических связей и снижением концентрации напряжений в структуре материала [13]. Кроме того, графеновые наноматериалы способствуют ускорению гидратации гипса и формированию более однородной микроструктуры, что дополнительно повышает механическую прочность и долговечность материала [20].

Другим перспективным направлением является применение полимерных модификаторов, которые существенно улучшают водостойкость и долговечность гипсовых материалов. Использование органических водоотталкивающих агентов и полимерных добавок позволяет формировать гидрофобные защитные плёнки на поверхности гипсового камня, предотвращающие проникновение воды в его структуру. В частности,

исследования показали, что комбинированное применение внутренних полимерных добавок и внешних гидрофобных покрытий позволяет увеличить коэффициент водостойкости гипсовых материалов с 0,57 до 0,81 и снизить водопоглощение почти в два раза, что свидетельствует о высокой эффективности данного метода. Полимерная модификация также способствует снижению пористости гипсового камня и улучшению его механических характеристик, формируя более плотную и устойчивую структуру [17].

Особое значение имеет использование армирующих компонентов, включая волокна, полимерные структуры и гибридные армирующие системы. Армирование гипсовых материалов способствует повышению их трещиностойкости, прочности и долговечности. Введение волокон улучшает способность гипсового материала сопротивляться развитию трещин, увеличивает энергию разрушения и снижает хрупкость. Исследования показывают, что полимерно-модифицированные гипсовые композиты обладают значительно более высокой ударной прочностью, трещиностойкостью и устойчивостью к воздействию влаги, что расширяет область их применения в строительстве [16]. Аналогичные результаты получены при использовании натуральных армирующих волокон, которые способствуют повышению прочности и снижению водопоглощения гипсовых материалов [17].

Таким образом, современные инновационные методы модификации гипсовых материалов позволяют эффективно устранить их основные недостатки и значительно улучшить эксплуатационные характеристики. Использование наноматериалов, полимерных добавок, армирующих компонентов и гибридных композиционных систем способствует формированию более плотной, прочной и устойчивой структуры гипсового камня. Эти методы позволяют существенно повысить прочность, водостойкость, трещиностойкость и долговечность гипсовых материалов, что расширяет область их применения и повышает их конкурентоспособность по сравнению с традиционными строительными материалами.

### **Информация о финансировании**

Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP27511027).

### **Выводы**

В данной работе проведён анализ роли гипса и гипсосодержащих добавок в составе современных строительных композитов с учётом их физико-химических, технологических и эксплуатационных характеристик. Показано, что гипс, благодаря низкой энергоёмкости производства, высокой скорости

твердения и удобству технологической обработки, остаётся перспективным материалом для широкого спектра строительных применений, особенно в области внутренней отделки и лёгких конструктивных решений.

Установлено, что ключевые свойства гипсовых композитов определяются особенностями формирования их микроструктуры, включая морфологию кристаллов дигидрата сульфата кальция, пористость и характер межфазного взаимодействия с наполнителями и армирующими компонентами. Показано, что оптимизация структуры на микро- и мезоуровне позволяет существенно повысить прочность, трещиностойкость и долговечность материалов. Современные подходы к модификации, включая использование полимерных добавок, наноматериалов и гибридных армирующих систем, позволяют эффективно снижать влияние основных недостатков гипсовых композитов, в частности повышать водостойкость и плотность структуры.

Таким образом, гипсосодержащие композиты обладают значительным потенциалом для дальнейшего развития и расширения области применения в строительстве. Перспективными направлениями являются разработка композиционных систем с контролируемой микроструктурой, повышение устойчивости к воздействию влаги и агрессивных сред, а также расширение использования вторичных ресурсов, что соответствует современным требованиям устойчивого развития и ресурсосбережения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Рахимов, Р.** Гипс в строительстве с древних веков до современности // Scientific journal «Academia Architecture and Construction». – 2021. – С.120-124. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2021-4-120-124>

2 **Burgos-Ruiz, Miguel Elert, Kerstin Rodriguez-Navarro, Alejandro Ruiz-Agudo, Encarnación Rodriguez-Navarro, Carlos.** Structural Insights into the Dehydration and Rehydration of Gypsum. // Crystal Growth & Design. – 2025. – Vol 25/Issue 9. <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.4c01414>.

3 **Esan, M. T.** Review of gypsum reinforced composites as building materials // Discover Civil Engineering. – 2024. – 1 (5). <https://doi.org/10.1007/s44290-024-00005-x>

4 **Qin, S., Chen, C., Zhang, M.** Modeling of Concrete Deterioration under External Sulfate Attack and Drying–Wetting Cycles : A Review // Materials. – 2024. -17. 3334. <https://doi.org/10.3390/ma17133334>

5 **Doleželová, Magdaléna Krejšová, Jitka Scheinherrova, Lenka Keppert, Martin Vimmrova, Alena.** Investigation of environmentally friendly gypsum based composites with improved water resistance. // Journal of Cleaner Production. – 2022. – 370. 133278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133278>

6 **Lusong Wang, Min Cao, Xianbo Li, Weifan Du, Xianchen Wang,** A novel approach for improving the water resistance of gypsum plaster by internal mixing hypromellose and external coating waterproofing agent. // Construction and Building Materials. -2023. -Volume 401. 132940, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132940>

7 **Guan, Weiming & Qi, Qi & Zhang, Zhibin & Nan, Senlin.** Effect of Sand Particle Size on Microstructure and Mechanical Properties of Gypsum-Cemented Similar Materials // Materials. – 2020. – №13. – P.765. <https://doi.org/10.3390/ma13030765>

8 **Ferrandiz-Mas, V., Wadee, A., Walker, P., & McCullen, N.** Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting // Construction and Building Materials. – 2023. - № 403. 133159. [Электронный ресурс]. – <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823028763>

9 **Yang, Y., Shen, Z., Wu, W., Bayraktar, O. Y., & Gencel, O.** Preparation of a diatomite-based shape-stabilized composite PCM gypsum board for temperature-humidity control of buildings // Building and Environment. – 2022. - 226:109732. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109732>

10 **Popescu, L. C., et al.** Gypsum composite boards incorporating phase change materials: A review // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2021. – 21(4). – P.2269–2277. <https://doi.org/10.1166/jnn.2021.18957>

11 **Zaragoza-Benzal, A., et al.** Lightweight gypsum composite material to improve energy efficiency of prefabricated building products // Materiales de Construcción. - 2025. -75 (358):e377. <https://doi.org/10.3989/mc.2025.395824>

12 **Johannes, K., & Kuznik, F.** Phase change materials integrated into building walls: An updated review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – 140. 110751. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110751>

13 **N. Lushnikova, L. Dvorkin,** Sustainability of gypsum products as a construction material, Editor(s): Jamal M. Khatib, In Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Sustainability of Construction Materials (Second Edition), Woodhead Publishing, 2016, Pages 643–681, ISBN 9780081009956, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100370-1.00025-1>

14 **Ding, H., Shen, X., Chen, A., Gu, R., Fang, Y., Li, D.** Study on the Effect of Three Types of Calcium Sulfate on the Early Hydration and Workability of Self-Compacting Repair Mortar // Materials. – 2023. – 16, 5648. <https://doi.org/10.3390/ma16165648>

15 **Trociński, A., Dziurka, D., Thomas, M., Mirski, R.** Physico-Mechanical Characteristics of Gypsum-Fiber Boards Manufactured with Hydrophobically Impregnated Fibers // Materials. – 2024. – 17. 4555. <https://doi.org/10.3390/ma17184555>

16 Ferrández, D., Álvarez, M., Zaragoza-Benzal, A., Cobo-González, Á., Santos, P. Development and Characterization of Innovative Hemp–Gypsum Composites for Application in the Building Industry // *Appl. Sci.* – 2024. – 14. 2229. <https://doi.org/10.3390/app14062229>

17 Men J., Li Y., Cheng P., Zhang Z. Recycling phosphogypsum in road construction materials and associated environmental considerations : A review. // *Heliyon.* – 2022 – 11;8(11):e11518. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11518>.

18 Levickaya, K., Alfimova, N., Nikulin, I., Kozhukhova, N., Buryanov, A. The Use of Phosphogypsum as a Source of Raw Materials for Gypsum-Based Materials // *Resources.* – 2024. – 13. – 69. <https://doi.org/10.3390/resources13050069>

19 Ruiquan Jia, Qiang Wang, Peng Feng, A comprehensive overview of fibre-reinforced gypsum-based composites (FRGCs) in the construction field. // *Composites Part B : Engineering.* – 2021. – Volume 205, 108540, ISSN 1359-8368, <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108540>

20 Kobetičová, K., Krejsová, J., Keppert, M., Pommer, V., Burianová, I., Böhm, M., Černý, R. Enhancing Functional Properties and Mold Resistance of Gypsum Plasters with Caffeine // *Buildings.* – 2024. – 14. 3494. <https://doi.org/10.3390/buildings14113494>

#### REFERENCES

1 Rakhimov R. Gips v stroitelstve s drevnih vekov do sovremennosti. // *Scientific journal “Academia Architecture and Construction”.* – 2021. – C.120–124. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2021-4-120-124>

2 Burgos-Ruiz, Miguel Elert, Kerstin Rodriguez-Navarro, Alejandro Ruiz-Agudo, Encarnación Rodriguez-Navarro, Carlos. Structural Insights into the Dehydration and Rehydration of Gypsum. // *Crystal Growth & Design.* – 2025. – Vol 25/Issue 9. <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.4c01414>.

3 Esan, M.T. Review of gypsum reinforced composites as building materials // *Discover Civil Engineering.* – 2024. – 1 (5). <https://doi.org/10.1007/s44290-024-00005-x>

4 Qin, S., Chen, C., Zhang, M. Modeling of Concrete Deterioration under External Sulfate Attack and Drying–Wetting Cycles: A Review // *Materials.* – 2024. – 17. 3334. <https://doi.org/10.3390/ma17133334>

5 Doleželová, Magdaléna Krejsová, Jitka Scheinherrova, Lenka Keppert, Martin Vimmrova, Alena. Investigation of environmentally friendly gypsum based composites with improved water resistance. // *Journal of Cleaner Production.* – 2022. – 370. 133278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133278>

6 Lusong Wang, Min Cao, Xianbo Li, Weifan Du, Xianchen Wang, A novel approach for improving the water resistance of gypsum plaster by internal mixing hypromellose and external coating waterproofing agent. // *Construction and Building Materials.* – 2023. – Volume 401. 132940, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132940>

7 Guan, Weiming & Qi, Qi & Zhang, Zhibin & Nan, Senlin. Effect of Sand Particle Size on Microstructure and Mechanical Properties of Gypsum–Cemented Similar Materials // *Materials.* – 2020. – №13. – P.765. <https://doi.org/10.3390/ma13030765>

8 Ferrandiz-Mas, V., Wadee, A., Walker, P., & McCullen, N. Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting // *Construction and Building Materials.* – 2023. – № 403. 133159. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823028763>

9 Yang, Y., Shen, Z., Wu, W., Bayraktar, O. Y., & Gencel, O. Preparation of a diatomite-based shape-stabilized composite PCM gypsum board for temperature-humidity control of buildings // *Building and Environment.* – 2022. – 226:109732. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109732>

10 Popescu, L. C., et al. Gypsum composite boards incorporating phase change materials: A review // *Journal of Nanoscience and Nanotechnology.* – 2021. – 21(4). – P.2269-2277. <https://doi.org/10.1166/jnn.2021.18957>

11 Zaragoza-Benzal, A., et al. Lightweight gypsum composite material to improve energy efficiency of prefabricated building products // *Materiales de Construcción.* – 2025. – 75 (358):e377. <https://doi.org/10.3989/mc.2025.395824>

12 Johannes, K., & Kuznik, F. Phase change materials integrated into building walls: An updated review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* – 2021. – 140. 110751. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110751>

13 N. Lushnikova, L. Dvorkin, Sustainability of gypsum products as a construction material, Editor(s): Jamal M. Khatib, In *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Sustainability of Construction Materials (Second Edition)*, Woodhead Publishing, 2016, Pages 643-681, ISBN 9780081009956, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100370-1.00025-1>.

14 Ding, H., Shen, X., Chen, A., Gu, R., Fang, Y., Li, D. Study on the Effect of Three Types of Calcium Sulfate on the Early Hydration and Workability of Self-Compacting Repair Mortar // *Materials.* – 2023. – 16, 5648. <https://doi.org/10.3390/ma16165648>

15 Trociński, A., Dziurka, D., Thomas, M., Mirski, R. Physico-Mechanical Characteristics of Gypsum–Fiber Boards Manufactured with Hydrophobically Impregnated Fibers // *Materials.* – 2024. – 17. 4555. <https://doi.org/10.3390/ma17184555>

16 Ferrández, D., Álvarez, M., Zaragoza-Benzal, A., Cobo-González, Á., Santos, P. Development and Characterization of Innovative Hemp–Gypsum Composites for Application in the Building Industry // Appl. Sci. – 2024. – 14. 2229. <https://doi.org/10.3390/app14062229>

17 Men, J., Li, Y., Cheng, P., Zhang, Z. Recycling phosphogypsum in road construction materials and associated environmental considerations : A review. // Heliyon. – 2022 – 11;8(11):e11518. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11518>.

18 Levickaya, K., Alfimova, N., Nikulin, I., Kozhukhova, N., Buryanov, A. The Use of Phosphogypsum as a Source of Raw Materials for Gypsum-Based Materials // Resources. – 2024. – 13. – 69. <https://doi.org/10.3390/resources13050069>

19 Ruiquan Jia, Qiang Wang, Peng Feng, A comprehensive overview of fibre-reinforced gypsum-based composites (FRGCs) in the construction field. // Composites Part B: Engineering. – 2021. – Volume 205, 108540, ISSN 1359-8368, <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108540>

20 Kobetičová, K., Krejsová, J., Keppert, M., Pommer, V., Burianová, I., Böhm, M., Černý, R. Enhancing Functional Properties and Mold Resistance of Gypsum Plasters with Caffeine // Buildings. – 2024. – 14. 3494. <https://doi.org/10.3390/buildings14113494>

Поступило в редакцию 30.03.26.

Поступило с исправлениями 03.04.26.

Принято в печать 15.05.26.

\*Г. Айткалиева<sup>4</sup>, Е. Ислам<sup>1</sup>, Т. Тұрысбекова<sup>2</sup>, А. Исмаилова<sup>3</sup>

<sup>1,2,4</sup>Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

<sup>3</sup>Халықаралық білім беру корпорациясы,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

30.03.26 ж. баспаға түсті.

03.04.26 ж. түзетулерімен түсті.

15.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

### ҚҰРЫЛЫСТАҒЫ ГИПСҚҰРАМДЫ КОМПОЗИТТЕР: ШОЛУ, ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ҚАЙТАЛАМА РЕСУРСТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

*Гипс және гипс құрамдас қоспалар құрылыста және құрылыс материалдарында кеңінен қолданылады, себебі олардың физика-химиялық, технологиялық және пайдалану-механикалық*

*қасиеттері үйлеседі. Басқа материалдармен салыстырғанда, гипс байланыстырғыштары энергияға байланысты өндіріс шығындарын минималды ете отырып, тезірек берік кристалды құрылым түзеді. Құрылыста қолдануға ықпал ететін гипс сипаттамаларының осы үйлесіміне қарамастан, оның табиғаты оны пайдалануға бірқатар шектеулер қояды. Тез қатаюды және өңдеуді қамтамасыз ететін қасиеттер оның ылғалға және сынғыштыққа сезімталдығының артуына әкеледі. Гипс композиттерінің негізгі қасиеттері олардың микроқұрылымының ерекшеліктерімен, соның ішінде кальций сульфаты дигидраты кристалдарының морфологиясымен, кеуектілігімен және толтырғыштармен және арматуралық компоненттермен беттік өзара әрекеттесу сипатымен анықталады. Полимер қоспаларын, наноматериалдарды және гибриді арматуралық жүйелерді пайдалануды қоса алғанда, заманауи модификациялау тәсілдері гипс композиттерінің негізгі кемшіліктерін тиімді түрде азайтады, атап айтқанда, олардың суға төзімділігі мен құрылымдық тығыздығын арттырады.*

*Бұл мақалада гипсті пайдалану, оның артықшылықтары мен шектеулері, сондай-ақ гипс пен құрамында гипс бар қоспаларды қолдану мәселелерін шешудің мүмкін жолдары бойынша әртүрлі зерттеулер қарастырылады.*

*Кілтті сөздер: гипс, гипсқұрамды қоспалар, құрылыс композиттері, қатаю, микроструктура, беріктік, суға төзімділік*

*Ye. Islam<sup>1</sup>, T. Turysbekova<sup>2</sup>, A. Ismailova<sup>3</sup>, \*G. Aitkaliyeva<sup>4</sup>*

<sup>1,2,4</sup>Kazakh National Technical Research University named after K. I. Satpayev, Republic of Kazakhstan, Almaty;

<sup>3</sup>International Educational Corporation, Republic of Kazakhstan, Almaty.

Received 30.03.26.

Received in revised form 03.04.26.

Accepted for publication 15.05.26.

### GYPHUM-BASED COMPOSITES IN CONSTRUCTION: A REVIEW, PROPERTIES, AND PROSPECTS FOR THE USE OF SECONDARY RESOURCES

*Gypsum and gypsum-containing additives are widely used in construction and building materials due to their combination of physicochemical, technological, and operational-mechanical properties.*

*Compared to other materials, gypsum binders form a strong crystalline structure more quickly with minimal energy-related production costs. Despite this combination of gypsum characteristics, which contribute to its use in construction, its nature imposes a number of limitations on its use. The same properties that ensure rapid hardening and processability also cause its increased sensitivity to moisture and brittle fracture. The key properties of gypsum composites are determined by the specifics of their microstructure, including the morphology of calcium sulfate dihydrate crystals, porosity, and the nature of interfacial interactions with fillers and reinforcing components. Modern modification approaches, including the use of polymer additives, nanomaterials, and hybrid reinforcing systems, effectively mitigate the main disadvantages of gypsum composites, specifically increasing their water resistance and structural density.*

*In this paper, various studies will be examined on the use of gypsum, its advantages and limitations, as well as possible solutions to the problems of using gypsum and gypsum-containing additives.*

*Keywords: gypsum, gypsum-containing additives, building composites, setting, microstructure, strength, water resistance.*

SRSTI 14.37.27

<https://doi.org/10.48081/BGQF2099>

**\*A. S. Krasilnikova<sup>1</sup>, A. A. Bakibayev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>LLP FE «SGS Kazakhstan LTD», Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

<sup>2</sup>Tomsk Polytechnical University, Russian Federation, Tomsk.

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1345-5521>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3335-3166>

\*e-mail: [krasilkas12@mail.ru](mailto:krasilkas12@mail.ru)

## **REVIEW OF CATALYTIC PROPERTIES OF METAL-ORGANIC FRAMEWORKS**

*This article examines metal–organic frameworks (MOFs) as promising porous materials for use in heterogeneous catalysis. Particular attention is paid to the structural features of MOFs, including their high surface area, tunable pore architecture, and structural diversity, which enable precise control over catalytic processes. The types of active sites present in MOFs and their role in acid–base, redox, and photocatalytic reactions are discussed in detail. The catalytic performance of MOFs is analyzed with respect to the presence of coordinatively unsaturated metal nodes, functionalized organic linkers, and composite systems incorporating metal nanoparticles or molecular catalysts. These features significantly expand the functional capabilities of MOF-based catalysts. Key catalytic transformations are reviewed, including oxidation of organic substrates, C–H bond activation, photocatalytic processes, and tandem reactions involving multiple steps within a single system. Special attention is given to the challenges associated with the chemical and thermal stability of MOFs under catalytic conditions, as well as limitations related to their scalability and industrial implementation. It is demonstrated that rational design of MOF structures and targeted modification of active sites can markedly improve catalytic activity, selectivity, and long-term stability, making MOFs a highly promising platform for advanced and environmentally friendly catalytic systems.*

*Keywords: metal-organic frameworks, heterogeneous catalysis, active sites, metal nodes, organic linkers, photocatalysis, composite MOFs, catalyst stability.*

## Introduction

Metal–organic frameworks (MOFs) are a class of porous crystalline materials that have attracted significant attention due to their high surface area, tunable pore structure, and versatile chemical composition. Their modular architecture, based on the combination of metal nodes and organic linkers, allows precise control over structural and electronic properties, making MOFs promising candidates for heterogeneous catalysis. In particular, the presence of coordinatively unsaturated metal sites and functionalized linkers enables the design of materials with tailored acid–base, redox, and photocatalytic activity [1].

In recent years, MOFs have been actively explored in photocatalysis, environmental remediation, and energy-related applications such as CO<sub>2</sub> reduction and hydrogen production. However, despite their potential, challenges related to stability under reaction conditions and scalability still limit their practical implementation. Therefore, understanding the relationship between MOF structure, active sites, and catalytic performance remains a key objective of current research.

### Materials and Methods

This study is based on a systematic analysis of scientific literature on metal–organic frameworks (MOFs) and their catalytic properties. Relevant publications were selected from major scientific databases, including Scopus, Web of Science, and Google Scholar, ensuring coverage of peer-reviewed articles from high-impact international journals.

The selection criteria included recent publications (primarily from the last 10–15 years), as well as highly cited foundational works in the field of MOFs. Particular attention was given to studies addressing the structure of MOFs, the nature of active sites, mechanisms of catalytic and photocatalytic processes, and the development of composite MOF-based systems.

The analysis was carried out with emphasis on the nature of metal nodes and their role as active sites, the influence of organic linkers and their functionalization, catalytic mechanisms, including acid–base, redox, and photocatalytic processes. A comparative approach was applied to evaluate the catalytic activity of different MOF systems (Ti-, Zr-, Fe-, Cu-, and Zn-based frameworks), as well as to identify the key factors governing their efficiency and stability.

### Nodes as Active Sites in Metal–Organic Frameworks

Active sites in metal–organic frameworks can be represented by coordinatively unsaturated metal ions. In an ideal MOF crystal structure, one or more coordination sites around the metal nodes may not participate in the formation of the framework and are typically occupied by solvent molecules (e.g., water) or weakly bound ligands present during the synthesis stage. Removal of such coordinated molecules during activation leads to the formation of coordinatively

unsaturated sites (CUS), which have pronounced Lewis acidic properties and can act as catalytically active sites [2].

The catalytic activity of MOFs is determined by both the nature of the metal nodes and the chemical characteristics of the organic linkers. However, it is the metal sites with an unsaturated coordination environment that play a key role in acid–base and redox processes. Various metal ions have been identified as active sites in MOFs, including Ag(I), Co(II), Cu(II), Zn(II), Mn(II), Mg(II), Ni(II), Fe(III), Pd(II), Ti(III), Cr(III), Bi(III), Al(III), Sc(III), Ce(IV), Zr(IV), and V(III/IV), highlighting the versatility of MOFs as platforms for heterogeneous catalysis [3].

Among the diverse metals, titanium-containing MOFs are of particular interest and are being actively studied in the field of photocatalysis. MOFs based on titanium oxoclusters, such as NH<sub>2</sub>-MIL-125(Ti) [4], are among the best-studied Ti-containing frameworks. The titanium sites in these materials are represented by Ti–O octahedra, structurally similar to titanium dioxide motifs, which ensures efficient separation of photogenerated electron–hole pairs. Additional NH<sub>2</sub> functionalization of the organic linker broadens the absorption spectrum in the visible region and enhances photocatalytic activity. These materials are successfully used in the photocatalytic reduction of CO<sub>2</sub> and hydrogen generation, demonstrating high selectivity and structural stability.

Further development of Ti-containing MOFs involves the use of photoactive organic linkers. Porphyrin MOFs with titanium oxoclusters combine the photoactivity of the porphyrin moieties with the redox activity of the Ti sites [5]. In such systems, the titanium centers participate in electron transfer and stabilization of excited states, making them effective photocatalysts for organic oxidation reactions and CO<sub>2</sub> reduction. The synergistic interaction between the Ti sites and chromophore linkers enables photocatalytic processes to be implemented without the use of external photosensitizers.

HKUST-1 [6] is a classic example of a MOF with open copper sites capable of reversible Cu(I)/Cu(II) redox transformations. Coordinatively unsaturated Cu centers effectively activate molecular oxygen, making HKUST-1 a promising catalyst for the aerobic oxidation of alcohols and hydrocarbons. The catalytic activity of such systems is directly related to the availability of Cu-CUS and the stability of the framework under reaction conditions.

An example of a MOF with pronounced basic properties is ZIF-8 [7], consisting of tetrahedrally coordinated Zn<sup>2+</sup> ions and imidazolate linkers. The basic nature of the imidazolate moieties allows ZIF-8 to be used as a heterogeneous base catalyst. A classic example is the Knoevenagel condensation reaction, in which ZIF-8 exhibits high activity, selectivity, and the possibility of repeated use without significant loss of catalytic properties.

High-valent zirconium MOFs of the UiO-66 family are characterized by the presence of  $Zr_6$  oxoclusters, which provide exceptional thermal and chemical stability [8]. The Zr sites exhibit Lewis acid properties, which can be significantly enhanced by the presence of missing linker defects. UiO-66 and its functionalized analogs are widely used in acid-catalyzed reactions, including acetalization and esterification.

Iron-based MOFs also exhibit significant catalytic potential. MIL-100(Fe) contains polynuclear Fe oxoclusters capable of activating molecular oxygen [9]. This material is one of the few MOFs for which selective conversion of methane to methanol under mild conditions has been demonstrated. The catalytic activity is due to isolated Fe centers stabilized in the framework, which prevents their aggregation and the uncontrolled formation of oxide phases. Finally, chromium-based MOFs such as MIL-101(Cr) [10] are characterized by high porosity and the presence of acidic sites linked to  $Cr^{3+}$  sites. Functionalization of organic linkers allows fine-tuning of the acid-base properties and catalytic activity of these materials. MIL-101(Cr) and its derivatives have been successfully used in acid-catalyzed biomass conversion, including the dehydration of glucose to 5-hydroxymethylfurfural.

#### Ligands as active centers in metal-organic frameworks

Organic linkers in metal-organic frameworks not only play a structural role but also significantly influence the catalytic properties of the materials. In some cases, linkers directly participate in the catalytic process, forming acidic, basic, or photoactive sites, and also exert electronic and steric influence on the metal moieties [2]. Below are illustrative examples demonstrating the contribution of linkers to the catalytic activity of MOFs.

In MOFs of the IRMOF-3 type [11], the presence of amino groups on the terephthalate linker leads to the formation of basic sites accessible in the pore space. These  $-NH_2$  groups are capable of participating in the activation of carbonyl compounds and stabilizing transition states. In Knoevenagel condensation reactions, IRMOF-3 exhibits higher activity compared to its non-functionalized analogs, indicating the direct participation of the linker in the catalytic process. Thus, in this case, the linker acts as an organocatalytic element. In ZIF-8, imidazolate linkers form a basic environment within the pores, imparting pronounced basic properties to the material [7]. These properties are due to the lone electron pairs of the nitrogen atoms in the imidazole ring. In the Knoevenagel reaction, ZIF-8 exhibits high activity and selectivity, with the metallic  $Zn^{2+}$  sites playing a secondary role. This emphasizes that the catalytic function in such systems is largely determined by the chemical nature of the linker.

In the UiO-66-X family ( $X = NH_2, NO_2, Br, Cl, etc.$ ), functional groups on the linker indirectly influence catalytic activity by altering the electron density around the  $Zr_6$ -oxoclusters [12]. Electron-donating substituents enhance the Lewis acidity of the Zr centers, while electron-withdrawing groups can reduce their activity. This leads to significant differences in the rate and selectivity of acid-catalyzed reactions, such as epoxide ring opening.

In UiO-66 with various functional substituents on the linker, it has been shown that the nature of the linker affects not only the strength of the acidic centers but also the mechanism of hydrogen peroxide activation [13]. Depending on the electronic properties of the linker, either the homolytic or heterolytic pathway for O–O bond cleavage can predominate, which directly affects the selectivity of oxidation processes. Thus, the linker becomes a tool for controlling the reaction mechanism.

The introduction of sulfonic acid groups into the linker leads to the formation of strong Brønsted acid sites. In MIL-101- $SO_3H$  [14], these groups are located in the pore space and are accessible to reagents, making the material an effective catalyst for acid-catalyzed reactions. Significantly increased activity is observed in epoxy ring opening and alcoholysis reactions compared to non-functionalized analogs.

Porphyrin linkers impart pronounced photophysical properties to MOFs, including intense absorption of visible light and long excited-state lifetimes [15]. In Zr-porphyrin MOFs, such linkers act as photosensitizers, mediating electron transfer to metal moieties or adsorbed substrates. This enables the use of MOFs in photocatalytic  $CO_2$  reduction and other photoredox processes.

#### Embedded metal nanoparticles (MNPs) and incorporation of homogeneous catalysts into metal-organic frameworks

In addition to the catalytic activity provided by metal moieties and organic linkers, metal-organic frameworks are widely used as matrices for the incorporation of foreign catalytically active components, including metal nanoparticles, polyoxometalates, and molecular (homogeneous) catalysts. In such systems, MOFs not only act as a support but also actively contribute to the formation of catalytic properties through confinement, stabilization of active phases, and the creation of a specific microenvironment [2].

Encapsulation of platinum nanoparticles within the pores of the zirconium MOF UiO-67 results in the formation of a stable heterogeneous catalyst for  $CO_2$  hydrogenation [16]. The UiO-67 framework limits the growth and agglomeration of Pt nanoparticles, ensuring their high dispersion and stability during long-term operation. Furthermore, the porous matrix influences the adsorption and diffusion of reactants, which affects the selectivity of the reaction. Thus, the MOF in this system is not an inert support but actively participates in shaping the catalytic behavior of the metal nanoparticles.

In the Pt-MOF-801 system, platinum nanoparticles serve as centers for the dissociative activation of molecular hydrogen [17]. Activated hydrogen atoms then migrate along the surface and internal channels of the MOF (spillover effect), expanding the zone of catalytic activity beyond direct contact with Pt. The presence of water has been shown to enhance this effect, leading to an increase in the hydrogenation rate. This example demonstrates that the incorporation of metal nanoparticles can qualitatively alter the reaction mechanism by transporting active species throughout the MOF framework.

Encapsulation of Pd nanoparticles within the pores of MIL-101 enables the production of highly efficient catalysts for the Suzuki–Miyaura and Heck reactions [18]. The MOF framework prevents Pd agglomeration and significantly reduces metal leaching into the reaction medium. This results in high catalytic activity while simultaneously increasing the number of reuse cycles, which is critical for practical applications.

In Pd-MIL-101-NH<sub>2</sub>, a pronounced synergistic effect is observed between the Pd nanoparticles and the amino groups of the linker [19]. Pd is responsible for the cross-coupling step, while the –NH<sub>2</sub> groups promote the activation of carbonyl compounds in the subsequent Knoevenagel reaction. This combination enables efficient one-pot synthesis and demonstrates that the incorporation of nanoparticles into functionalized MOFs can lead to the emergence of new catalytic routes.

Encapsulation of polyoxometalates (e.g., phosphotungstic acid) in UiO-66(Zr) leads to the formation of catalysts with dual active sites [20]. The polyoxometalate provides high oxidative capacity, while the MOF stabilizes the active phase and facilitates the transport of sulfur-containing substrates. As a result, a high rate and selectivity of oxidative desulfurization under mild conditions are achieved, emphasizing the practical significance of such composites.

The combined incorporation of Pt nanoparticles and phosphomolybdic acid in UiO-66 leads to the formation of a multifunctional catalyst. Pt mediates the hydrogenation step, while the acid modifies the electron and acid-base environment, promoting selectivity. MOF stabilizes both components and prevents their degradation, resulting in a simultaneous increase in catalyst activity, selectivity, and stability.

### Results and Discussion

The analysis of the literature demonstrates that the catalytic properties of MOFs are determined by the interplay between metal nodes, organic linkers, and the structural features of the framework.

Metal centers, particularly coordinatively unsaturated sites, play a crucial role in acid–base and redox catalysis. For instance, the Cu-based MOF HKUST-1 effectively activates molecular oxygen, while Fe-based frameworks such as MIL-100 exhibit high activity in selective oxidation reactions.

Organic linkers also significantly contribute to catalytic performance. Functional groups such as –NH<sub>2</sub>, –NO<sub>2</sub>, and –SO<sub>3</sub>H enable tuning of the electronic properties of the framework and influence reaction pathways. Amino groups enhance basic properties and light absorption, whereas electron-withdrawing substituents modify charge distribution and can facilitate charge transfer processes.

Particular attention has been given to Ti-containing MOFs, such as NH<sub>2</sub>-MIL-125(Ti), which exhibit high photocatalytic activity. In these systems, the ligand-to-metal charge transfer (LMCT) mechanism plays a key role, enabling efficient separation of photogenerated electron–hole pairs. These materials have demonstrated promising performance in photocatalytic carbon dioxide reduction, hydrogen evolution, and oxidation reactions.

Further enhancement of catalytic activity can be achieved through the formation of composite systems incorporating metal nanoparticles (e.g., Pt, Pd) or molecular catalysts. Such systems exhibit synergistic effects, including improved charge separation, increased number of active sites, and enhanced catalytic efficiency.

Despite these advantages, several limitations remain, including framework instability under harsh conditions, charge recombination in photocatalytic processes, and challenges associated with large-scale synthesis.

### Conclusions

Metal–organic frameworks (MOFs) are a promising platform for creating heterogeneous catalysts due to their high specific surface area, structural tunability, and the ability to specifically design active sites. The catalytic properties of MOFs are determined by the nature of the metal moieties, the functionalization of organic linkers, the structural imperfections, and the incorporation of metal nanoparticles and molecular catalysts, enabling synergistic effects and multi-step catalytic processes.

Despite the progress made, the practical application of MOFs is limited by issues of chemical and thermal stability, as well as insufficient knowledge of their long-term performance and scalability. Further research aimed at rational framework design and a better understanding of catalytic mechanisms is key to improving the efficiency of MOF catalysts and their industrial implementation.

## REFERENCES

- 1 **Furukawa, H. et al.** The chemistry and applications of metal-organic frameworks //Science. – 2013. – Vol. 341. – № 6149. – P. 1230444.
- 2 **Li, J. R., Kuppler, R. J., Zhou H. C.** Selective gas adsorption and separation in metal-organic frameworks //Chemical Society Reviews. – 2009. – Vol. 38. – № 5. – P. 1477–1504.
- 3 **Corma, A., Garcia, H. I., Llabrés i Xamena, F. X.** Engineering metal organic frameworks for heterogeneous catalysis //Chemical reviews. – 2010. – Vol. 110. – № 8. – P. 4606–4655.
- 4 **Dan-Hardi, M. et al.** A new photoactive crystalline highly porous titanium (IV) dicarboxylate //Journal of the American Chemical Society. – 2009. – Vol. 131. – № 31. – P. 10857–10859.
- 5 **Feng, D. et al.** Stable metal-organic frameworks containing single-molecule traps for enzyme encapsulation //Nature communications. – 2015. – Vol. 6. – № 1. – P. 5979.
- 6 **Chui, S. S. Y. et al.** A chemically functionalizable nanoporous material [Cu<sub>3</sub>(TMA)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>]<sub>n</sub> //Science. – 1999. – Vol. 283. – № 5405. – P. 1148–1150.
- 7 **Tran, U. P. N., Le, K. K. A., Phan, N. T. S.** Expanding applications of metal-organic frameworks: zeolite imidazolate framework ZIF-8 as an efficient heterogeneous catalyst for the knoevenagel reaction //Acs Catalysis. – 2011. – Vol. 1. – № 2. – P. 120–127.
- 8 **Vermoortele, F. et al.** Synthesis modulation as a tool to increase the catalytic activity of metal-organic frameworks: the unique case of UiO-66 (Zr) //Journal of the American Chemical Society. – 2013. – Vol. 135. – № 31. – P. 11465–11468.
- 9 **Xiao, D. J. et al.** Oxidation of ethane to ethanol by N<sub>2</sub>O in a metal-organic framework with coordinatively unsaturated iron (II) sites //Nature chemistry. – 2014. – Vol. 6. – № 7. – P. 590–595.
- 10 **Férey, G. et al.** A chromium terephthalate-based solid with unusually large pore volumes and surface area //Science. – 2005. – Vol. 309. – № 5743. – P. 2040–2042.
- 11 **Gascon, J. et al.** Amino-based metal-organic frameworks as stable, highly active basic catalysts //Journal of Catalysis. – 2009. – Vol. 261. – № 1. – P. 75–87.
- 12 **Blandez, J. F. et al.** Influence of functionalization of terephthalate linker on the catalytic activity of UiO-66 for epoxide ring opening //Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. – 2016. – Vol. 425. – P. 332–339.
- 13 **Torbina, V., Ten, S., Vodyankina, O.** Effect of organic linker substituent on catalytic activity of UiO-66 metal-organic framework in selective oxidation of propylene glycol: homolytic versus heterolytic activation of hydrogen peroxide //Materials Today Chemistry. – 2022. – Vol. 24. – P. 100776.

- 14 **Zhou, Y. X. et al.** MIL-101-SO<sub>3</sub>H: A Highly Efficient Brønsted Acid Catalyst for Heterogeneous Alcoholysis of Epoxides under Ambient Conditions //Chemistry–A European Journal. – 2014. – Vol. 20. – № 46. – P. 14976–14980.
- 15 **Benseghir, Y. et al.** Unveiling the mechanism of the photocatalytic reduction of CO<sub>2</sub> to formate promoted by porphyrinic Zr-based metal-organic frameworks //Journal of Materials Chemistry A. – 2022. – Vol. 10. – № 35. – P. 18103–18115.
- 16 **Gutterød, E. S. et al.** Hydrogenation of CO<sub>2</sub> to methanol by Pt nanoparticles encapsulated in UiO-67: deciphering the role of the metal-organic framework //Journal of the American Chemical Society. – 2019. – Vol. 142. – № 2. – P. 999–1009.
- 17 **Gu, Z. et al.** Water-assisted hydrogen spillover in Pt nanoparticle-based metal-organic framework composites //Nature Communications. – 2023. – Vol. 14. – № 1. – P. 5836.
- 18 **Shang, N. et al.** Palladium nanoparticles encapsulated inside the pores of a metal-organic framework as a highly active catalyst for carbon-carbon cross-coupling //RSC Advances. – 2014. – Vol. 4. – № 97. – P. 54487–54493.
- 19 **Li, J. X. et al.** Palladium nanoparticles encapsulated in MIL-101-NH<sub>2</sub> catalyzed one-pot reaction of Suzuki-Knoevenagel reaction //Inorganic Chemistry Communications. – 2019. – Vol. 103. – P. 82–86.
- 20 **Ye, G. et al.** Synthesis of polyoxometalate encapsulated in UiO-66 (Zr) with hierarchical porosity and double active sites for oxidation desulfurization of fuel oil at room temperature //Journal of Materials Chemistry A. – 2020. – Vol. 8. – № 37. – P. 19396–19404.

Received 20.04.26.

Received in revised form 23.04.26.

Accepted for publication 15.05.26.

\*А. С. Красильникова<sup>1</sup>, А. А. Бәкібаев<sup>2</sup><sup>1</sup>«SGS Kazakhstan LTD» ҚК ЖШС, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;<sup>2</sup>Томск политехникалық университеті, Ресей Федерациясы, Томск қ.

20.04.26 ж. баспаға түсті.

23.04.26 ж. түзетулерімен түсті.

15.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

## МЕТАЛЛ-ОРГАНИКАЛЫҚ РАМАЛАРДЫҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ШОЛУ

Бұл мақалада металл-органикалық қаңқалы құрылымдар (MOF) гетерогенді катализде қолдануға арналған перспективалы кеуекті материалдар ретінде қарастырылады. MOF құрылымдарының ерекшеліктеріне, атап айтқанда жоғары меншікті беткей ауданына, реттелетін кеуектілік архитектурасына және құрылымдық әртүрлілігіне ерекше назар аударылады, бұл каталитикалық процестерді дәл басқаруға мүмкіндік береді. MOF құрамындағы белсенді орталықтардың түрлері және олардың қышқыл-негіздік, тотығу-тотықсыздану және фотокаталитикалық реакциялардағы рөлі жан-жақты талданады. MOF-тардың каталитикалық қасиеттері координациялық тұрғыдан қанықпаған металл түйіндерінің, функционалданған органикалық лигандтардың, сондай-ақ металл нанобөліктері мен молекулалық катализаторлары бар композиттік жүйелердің болуына байланысты қарастырылады. Бұл ерекшеліктер MOF-катализаторлардың функционалдық мүмкіндіктерін едәуір кеңейтеді. Негізгі каталитикалық процестер, соның ішінде органикалық қосылыстардың тотығуы, C–H байланыстарын активтендіру, фотокаталитикалық түрленулер және бір жүйеде жүретін тандемдік реакциялар қарастырылады. Сонымен қатар, каталитикалық жағдайларда MOF-тардың химиялық және термиялық тұрақтылығы мәселелеріне, сондай-ақ оларды масштабтау және өнеркәсіптік қолдану шектеулеріне ерекше көңіл бөлінеді. MOF құрылымдарын ұтымды жобалау және белсенді орталықтарды мақсатты түрде модификациялау олардың каталитикалық белсенділігін, селективтілігін және тұрақтылығын айтарлықтай арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Бұл MOF-тарды тиімді және экологиялық қауіпсіз каталитикалық жүйелерді әзірлеу үшін перспективалы платформа етеді.

Кілтті сөздер: органометалл полимерлер, гетерогенді катализ, белсенді орталықтар, металл бөліктері, органикалық байланыстырушылар, фотокатализ, құрама MOF-тар, катализатор тұрақтылығы.

\*А. С. Красильникова<sup>1</sup>, А. А. Бакибаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ТОО ИП «СЖС Казахстан ЛТД», Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, Российская Федерация, г. Томск. Поступило в редакцию 20.04.26.

Поступило с исправлениями 23.04.26.

Принято в печать 15.05.26.

## ОБЗОР КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ

В данной статье рассматриваются металл-органические каркасные структуры (MOF) как перспективные пористые материалы для применения в гетерогенном катализе. Особое внимание уделено структурным особенностям MOF, включая высокую удельную поверхность, настраиваемую пористую архитектуру и структурное разнообразие, что позволяет осуществлять тонкую настройку каталитических процессов. Подробно обсуждаются типы активных центров в MOF и их роль в кислотно-основных, окислительно-восстановительных и фотокаталитических реакциях. Каталитические свойства MOF анализируются с учетом наличия координационно ненасыщенных металлических узлов, функционализированных органических лигандов, а также композитных систем с внедрёнными металлическими наночастицами и молекулярными катализаторами. Эти особенности существенно расширяют функциональные возможности MOF-катализаторов. Рассматриваются ключевые каталитические превращения, включая окисление органических соединений, активацию C–H-связей, фотокаталитические процессы и тандемные реакции, протекающие в одной системе. Особое внимание уделено проблемам химической и термической стабильности MOF в условиях катализа, а также ограничениям, связанным с масштабированием и промышленным применением. Показано, что рациональный дизайн структуры MOF и целенаправленная модификация активных центров позволяют значительно повысить каталитическую активность, селективность и стабильность материалов, что делает MOF перспективной платформой для создания высокоэффективных и экологически безопасных каталитических систем.

Ключевые слова: металлоорганические полимеры, гетерогенный катализ, активные центры, металлические узлы, органические линкеры, фотокатализ, композитные MOFы, стабильность катализатора.

## СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЯ»

FTAMP 14.35.07

<https://doi.org/10.48081/BGQF2100>**А. Е. Алмас<sup>1</sup>, С. Ж. Ибадуллаева<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup>Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті,  
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қ.<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0555-3010><sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3270-8364>\*e-mail: [aigerim.almas03@gmail.com](mailto:aigerim.almas03@gmail.com)**ОҚУШЫЛАРДЫҢ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ  
ДАҒДЫЛАРЫН ДАМУЫ**

Бұл мақалада қазіргі білім беру кеңістігіндегі оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыру және дамыту мәселесі жан-жақты қарастырылады. Ғылыми-зерттеу дағдылары – білім алушының танымдық іс-әрекетін ұйымдастыру, мәселені анықтау, гипотеза қалыптастыру, деректерді жинау, талдау және қорытынды шығару қабілеттерін қамтитын күрделі құзыреттілік. Зерттеудің өзектілігі жаһандану, цифрландыру және ақпарат көлемінің жедел артуы жағдайында оқушылардың өз бетінше ізденуі мен ғылыми ойлауын дамыту қажеттілігімен түсіндіріледі. Мақалада ғылыми-зерттеу дағдысының теориялық негіздері талданып, оның құрылымдық компоненттері, қалыптастыру кезеңдері және білім алушы тұлғасының дамуына әсері сипатталады.

Зерттеудің мақсаты – оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамытуға ықпал ететін тиімді педагогикалық әдістер мен шарттарды айқындау. Осы мақсатта талдау, салыстыру, жүйелеу, бақылау және тәжірибелік әдістер қолданылған. Мақалада зерттеушілік оқытудың конструктивизм және инквизи-бейст тәсілдерімен байланысы ашылып, оларды оқу процесінде қолданудың мүмкіндіктері көрсетіледі. Сонымен бірге халықаралық тәжірибелерге, атап айтқанда Финляндия мен Сингапурдың білім беру үлгілеріне талдау жасалып, олардың зерттеушілік бағыттағы табысты стратегиялары қарастырылады.

*Зерттеу нәтижелері оқушылардың зерттеушілік әрекетін тиімді ұйымдастыру білім сапасын арттырып, олардың ғылыми ойлауын, шығармашылық белсенділігін және функционалдық сауаттылығын дамытуға ықпал ететінін көрсетеді. Мақаланың практикалық маңыздылығы – ұсынылған әдістер мен тәсілдердің мұғалімдердің күнделікті жұмысында қолдануға жарамдылығы мен оқушылардың ғылыми жобаларға қатысу белсенділігін арттыру мүмкіндіктерімен анықталады.*

*Кілтті сөздер: ғылыми-зерттеу дағдылары, оқушылардың зерттеушілік әрекеті, педагогикалық шарттар, ғылыми ойлау, деректерді талдау, зерттеушілік оқыту.*

**Кіріспе**

Қазіргі жаһандану жағдайында білім беру жүйесінің алдында тұрған негізгі міндеттердің бірі – тек білімді меңгерген тұлғаны қалыптастыру емес, сонымен қатар өз бетінше іздене алатын, сыни тұрғыдан ойлайтын және ғылыми тұрғыда дәлелді шешім қабылдай алатын зерттеуші тұлғаны тәрбиелеу болып табылады. Осы тұрғыдан алғанда, оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамыту мәселесі білім беру теориясы мен практикасының өзекті бағыттарының біріне айналып отыры [1; 2].

Ғылыми-зерттеу дағдысы – бұл оқушының танымдық әрекетті ұйымдастыра білу қабілеті, яғни мәселені айқындау, болжам жасау, ақпарат жинау, оны талдау және қорытынды шығару сияқты кешенді әрекеттер жүйесі. Мұндай дағдылар оқушының тек білім алуына ғана емес, сонымен қатар оның интеллектуалдық, шығармашылық және әлеуметтік дамуына ықпал етеді [3; 4]. Зерттеушілік әрекет барысында білім алушы дайын ақпаратты қабылдаудан оны өз бетінше құрастырушы, жаңа білім өндіруші деңгейіне көтеріледі.

Қазіргі білім беру кеңістігінде зерттеушілік құзыреттілік ерекше маңызға ие. Ақпараттық технологиялардың қарқынды дамуы, цифрлық білім беру ресурстарының кеңеюі және жасанды интеллект элементтерінің оқу процесіне енуі оқушылардан ақпаратты іздеу, сараптау және тиімді қолдану дағдыларын талап етеді. Осыған байланысты білім беру жүйесі репродуктивті оқытудан конструктивті, зерттеушілік оқытуға бет бұруда. Бұл өзгеріс оқушының оқу процесіндегі белсенділігін арттырып, оны білім алуының субъектісі ретінде қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Қазақстан Республикасында білім беру мазмұнын жаңарту аясында жүргізіліп жатқан реформалар да зерттеушілік дағдыларды дамытуға басымдық береді. Жаңартылған білім беру бағдарламалары оқушылардың

функционалдық сауаттылығын, сыни ойлауын және шығармашылық қабілеттерін қалыптастыруды көздейді. Сонымен қатар, оқу процесіне жобалық және зерттеу жұмыстарының енгізілуі, STEM бағытындағы пәндердің дамуы, оқушылардың ғылыми жобалар мен түрлі байқауларға қатысуының артуы олардың зерттеушілік әлеуетін дамытуға бағытталған. Бұл үрдістер білім берудің мазмұнын жаңартумен қатар, оқыту әдістерін де қайта қарастыру қажеттігін көрсетеді. [5; 6; 7].

Дегенмен, тәжірибе көрсеткендей, оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыру ісінде бірқатар қиындықтар сақталуда. Атап айтқанда, оқушылардың зерттеу жұмыстарына деген қызығушылығының жеткіліксіздігі, зерттеу жүргізу әдістерін меңгерудің төмен деңгейі, сондай-ақ мұғалімдердің зерттеушілік оқытуды ұйымдастырудағы тәжірибесінің шектеулілігі байқалады. Көп жағдайда ғылыми жобалар формалды түрде орындалып, олардың мазмұндық тереңдігі мен практикалық маңызы жеткілікті деңгейде ашылмайды. Бұл өз кезегінде оқушылардың зерттеушілік мәдениетінің толық қалыптаспауына әкеледі және білім беру сапасына әсер етеді.

Осыған байланысты оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамыту жолдарын қарастыру, тиімді әдіс-тәсілдерді анықтау және оларды оқу процесіне енгізу қажеттілігі туындайды. Қазіргі педагогикада бұл мәселе жаңа мазмұнмен толығуда, себебі білім беру процесі тек білім берумен шектелмей, оқушының зерттеушілік әлеуетін ашуға бағытталуы тиіс. Әсіресе, цифрландыру жағдайында деректермен жұмыс істеу, ақпаратты сыни тұрғыдан бағалау, пәнаралық байланыстарды орнату сияқты қабілеттердің маңызы артып келеді [8].

Осы мақалада оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамыту мәселесі заманауи білім беру талаптары тұрғысынан қарастырылып, оның теориялық негіздері мен практикалық жүзеге асыру жолдары талданады. Зерттеу барысында оқушылардың зерттеушілік белсенділігін арттырудың тиімді тәсілдері, оқу процесінде қолданылатын инновациялық әдістер мен технологиялар жүйеленеді. Сонымен қатар, дәстүрлі оқыту мен зерттеушілік оқытудың өзара байланысы сараланып, олардың үйлесімді қолдану мүмкіндіктері қарастырылады.

Халықаралық білім беру тәжірибесі де зерттеушілік дағдыларды дамытудың маңыздылығын айқын көрсетеді. Мәселен, Финляндия, Сингапур сияқты білім беру жүйесі жоғары дамыған елдерде оқыту мазмұны оқушылардың зерттеу, талдау және сыни ойлау қабілеттерін қалыптастыруға бағытталған. Бұл елдерде оқушылар тек теориялық біліммен шектелмей, нақты өмірлік мәселелерді шешуге бағытталған жобалық және зерттеу жұмыстарын жүйелі түрде орындайды. Сонымен қатар, халықаралық PISA зерттеулерінің нәтижелері оқушылардың функционалдық сауаттылығы мен

зерттеушілік қабілеттерінің білім сапасының негізгі көрсеткіштерінің бірі екенін көрсетіп отыр[9; 10].

Дегенмен, қазіргі білім беру жүйесінде бірқатар қарама-қайшылықтар байқалады: бір жағынан, білім беру стандарттары оқушылардың зерттеушілік дағдыларын дамытуды талап етеді, ал екінші жағынан, оқу процесінде бұл дағдыларды қалыптастыруға жеткілікті деңгейде жағдай жасалмайды[11]. Сондай-ақ, оқушылардың ақпаратқа қолжетімділігі артқанымен, оларды талдау, сараптау және ғылыми тұрғыда қолдану дағдылары жеткілікті деңгейде дамымаған. Бұл қарама-қайшылықтар аталған мәселенің өзектілігін одан әрі арттыра түседі [12].

Осы зерттеу жалпы білім беру процесіндегі оқушылардың танымдық іс-әрекетін ұйымдастыру ерекшеліктерімен тығыз байланысты. Зерттеу аясында оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамыту үдерісі қарастырылып, оның тиімділігін арттыруға ықпал ететін педагогикалық шарттар айқындалады.

### **Материалдар мен әдістері**

Бұл зерттеу жұмысында оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыруға қатысты теориялық және практикалық материалдар кең ауқымда талданып, жүйеленді. Зерттеудің әдіснамалық негізін педагогика, психология, биология және білім берудегі инновациялық технологиялар саласындағы заманауи ғылыми еңбектер құрады.

Зерттеу барысында бір-бірін толықтыратын келесі ғылыми әдістер кешені қолданылды:

#### **1. Теориялық әдістер**

Оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларының мазмұны, құрылымы және қалыптасу ерекшеліктері туралы деректер педагогикалық, психологиялық және әдістемелік еңбектерді талдау арқылы анықталды.

#### **2. Эмпирикалық әдістер**

Оқушылардың зертханалық жұмыстарға қатысуы, зерттеу тапсырмаларын орындау барысындағы белсенділігі, гипотеза құру және эксперименталды ойлау дағдылары табиғи оқу үдерісі жағдайында бақыланды.

#### **3. Зерттеу логикасы және кезеңдері**

Зерттеу жұмысы үш негізгі кезеңнен тұрды:

##### **I кезең – теориялық-аналитикалық**

Оқушылардың зерттеу дағдыларына қатысты әдебиеттерді жинақтау, теориялық модельдерді анықтау, педагогикалық шарттарды жүйелеу.

##### **II кезең – тәжірибелік**

Мектептегі биология сабақтарынан алынған зертханалық жұмыстар негізінде оқушылардың зерттеу әрекеттерін бақылау, эксперименттер жүргізу, деректер жинау.

### III кезең – қорытынды-талдау

Жиналған ақпаратты сараптау, ғылыми-зерттеу дағдыларының даму деңгейін талдау және педагогикалық ұсыныстар әзірлеу.

#### 4. Педагогикалық шарттарды зерттеу

Оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын тиімді дамыту оқу процесін арнайы ұйымдастыруды талап етеді. Бұл бағытта педагогикалық шарттарды дұрыс анықтау зерттеушілік әрекеттің нәтижелілігін арттыруға мүмкіндік береді. Аталған шарттар оқыту мазмұны, әдістері, құралдары және мұғалім мен оқушының өзара әрекеттестігі арқылы жүзеге асырылады.

1-кесте – Оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамытудың педагогикалық шарттары

№	Педагогикалық шарт	Мазмұны	Оқушыға әсері	Қолдану тәсілдері
1	Мұғалімнің ұйымдастырушы рөлі	Мұғалім бағыттаушы, кеңесші, фасилитатор қызметін атқарады	Зерттеуге қызығушылық артады, дербестік қалыптасады	Проблемалық сұрақтар қою, бағыт беру, кері байланыс
2	Зертханалық қауіпсіздік және құралдар	Қауіпсіздік ережелерін сақтау және қажетті құрал-жабдықтармен қамтамасыз ету	Жауапкершілік, практикалық дағдылар дамиды	Қауіпсіздік нұсқаулығы, базалық құралдар жиынтығы, цифрлық зертханалар
3	Практикалық оқыту (Hands-on learning)	Теорияны тәжірибе арқылы меңгеру	Танымдық белсенділік, тәжірибелік ойлау қалыптасады	Тәжірибелер, бақылау, өлшеу жұмыстары
4	Жобалық әдіс (Project-based learning)	Нақты мәселені зерттеу және нәтижеге бағытталған жұмыс	Сыни ойлау, зерттеу, коммуникация дағдылары дамиды	Ғылыми жобалар, топтық жұмыстар, презентациялар
5	STEAM интеграциясы	Пәнаралық байланыс арқылы кешенді оқыту	Шығармашылық және жүйелі ойлау дамиды	Интеграциялық сабақтар, өмірлік тапсырмалар
6	Жеке зерттеу жүргізуге жағдай жасау	Оқушының өз бетінше зерттеу жүргізуіне мүмкіндік беру	Өзіндік даму, ғылыми қызығушылық қалыптасады	Үйірмелер, ғылыми клубтар, мини-зертханалар
7	Цифрлық құралдарды қолдану	Заманауи технологияларды зерттеу процесіне енгізу	Ақпараттық сауаттылық, деректермен жұмыс дағдысы дамиды	Онлайн платформалар, виртуалды зертханалар
8	Ынталандыру және мотивация	Оқушыларды зерттеуге қызықтыру	Ішкі мотивация, белсенділік артады	Байқаулар, марапаттау, ғылыми конференциялар

Ең алдымен, мұғалімнің рөлі ерекше маңызға ие. Қазіргі білім беру жағдайында мұғалім тек білім беруші емес, сонымен қатар оқушының зерттеушілік әрекетін ұйымдастырушы, бағыттаушы және кеңесші қызметін атқарады. Мұғалім оқушыларға дайын білімді ұсынудан гөрі, оларды өздігінен ізденуге жетелеп, проблемалық жағдаяттар туындатуы тиіс. Сонымен қатар, мұғалім зерттеу тақырыбын таңдауда бағыт-бағдар беріп, оқушының қызығушылығына сәйкес келетін мәселелерді анықтауға көмектеседі. Бұл оқушылардың зерттеуге деген ішкі мотивациясын арттыруға ықпал етеді.

#### Нәтижелер және талқылау

Қазіргі педагогика ғылымында оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыру мәселесі маңызды ғылыми бағыттардың бірі ретінде қарастырылады. Бұл бағытта зерттеушілік әрекеттің мәнін, құрылымын және оның білім алушы тұлғасының дамуына әсерін айқындауға арналған көптеген теориялық еңбектер бар.

Ғылыми-зерттеу дағдысы ұғымына берілген анықтамалар әртүрлі болғанымен, олардың мазмұны ортақ идеяға негізделеді. Көптеген зерттеушілер ғылыми-зерттеу дағдысын оқушының жаңа білімді өз бетінше меңгеруге бағытталған танымдық іс-әрекеттер жүйесі ретінде сипаттайды. Бұл әрекет мәселені анықтаудан бастап, оны шешудің ғылыми негізделген жолдарын табуға дейінгі процестерді қамтиды. Басқаша айтқанда, ғылыми-зерттеу дағдысы – білім алушының ғылыми таным логикасын меңгеруі мен оны тәжірибеде қолдана алу қабілеті.

Ғылыми әдебиеттерде зерттеушілік дағдылардың құрылымы бірнеше негізгі компоненттерден тұратыны көрсетіледі. Ең алдымен, зерттеудің бастапқы кезеңі – сұрақ қою. Дұрыс қойылған сұрақ зерттеу бағытын айқындап, оқушының танымдық қызығушылығын арттырады. Сұрақ қою арқылы білім алушы белгісізді анықтап, оны тануға ұмтылады.

Келесі маңызды кезең – гипотеза құру. Гипотеза – зерттелетін мәселе бойынша алдын ала жасалған ғылыми болжам. Ол оқушының логикалық ойлауын, себеп-салдарлық байланыстарды анықтау қабілетін дамытады. Гипотеза құру барысында оқушы өз білімін жаңа жағдайларда қолдануға үйренеді.

Зерттеу процесінің келесі кезеңі – жоспарлау. Бұл кезеңде зерттеудің мақсаты мен міндеттері нақтыланып, оны жүзеге асыру жолдары анықталады. Жоспарлау оқушының ұйымдастырушылық қабілетін, уақытты тиімді пайдалану дағдыларын қалыптастырады.

Эксперимент жүргізу – зерттеушілік әрекеттің негізгі кезеңдерінің бірі. Бұл кезеңде оқушы теориялық білімін тәжірибеде тексеріп, нақты деректер

жинайды. Эксперимент барысында бақылау, өлшеу, салыстыру сияқты практикалық дағдылар қалыптасады.

Алынған нәтижелерді талдау зерттеудің маңызды бөлігі болып табылады. Талдау барысында оқушы деректерді жүйелеп, олардың арасындағы байланыстарды анықтайды, алынған нәтижелердің дұрыстығын бағалайды. Бұл кезең сыни ойлау мен аналитикалық қабілеттердің дамуына ықпал етеді.

Зерттеу процесінің соңғы кезеңі – қорытынды жасау. Бұл кезеңде оқушы зерттеу нәтижелерін жинақтап, гипотезаның расталғанын немесе теріске шығарылғанын анықтайды. Қорытынды жасау ғылыми ойлаудың логикалық тұтастығын қамтамасыз етеді және алынған білімді жалпылауға мүмкіндік береді.

Ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыру мәселесі бірқатар педагогикалық теориялармен тығыз байланысты. Солардың бірі – Блум таксономиясы. Бұл теория білім алушылардың танымдық дағдыларын қарапайым деңгейден (білу, түсіну) күрделі деңгейге (талдау, жинақтау, бағалау) дейін кезең-кезеңімен дамытуды көздейді. Зерттеушілік әрекет осы жоғары деңгейдегі ойлау дағдыларын қалыптастыруға бағытталған.

Сонымен қатар, Д. Колбтың тәжірибелік оқыту теориясы зерттеушілік әрекеттің мәнін терең түсіндіреді. Бұл теория бойынша білім алу тәжірибе арқылы жүзеге асады және төрт кезеңнен тұрады: нақты тәжірибе, рефлексия, абстрактілі тұжырымдау және белсенді эксперимент. Осы цикл зерттеу жұмысының құрылымымен сәйкес келеді және оқушының білімді тәжірибе арқылы меңгеруіне мүмкіндік береді.

Зерттеуге негізделген оқыту (Inquiry-Based Learning) теориясы да ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыруда маңызды орын алады. Бұл тәсілде оқушы оқу процесінің белсенді қатысушысы болып табылады және білімді өз бетінше іздену арқылы меңгереді. Мұндай оқыту моделі оқушылардың танымдық белсенділігін арттырып, олардың ғылыми ойлау қабілетін дамытады.

Зертханалық жұмыстар зерттеушілік дағдыларды қалыптастырудың тиімді құралдарының бірі болып табылады. Олар оқушының когнитивті, практикалық және мотивациялық дамуына ықпал етеді. Когнитивті тұрғыдан алғанда, зертханалық жұмыстар теориялық білімді терең түсінуге мүмкіндік береді. Практикалық тұрғыдан оқушылар эксперимент жүргізу, құрал-жабдықтармен жұмыс істеу дағдыларын меңгереді. Ал мотивациялық тұрғыдан зертханалық жұмыстар оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырып, олардың оқу белсенділігін күшейтеді.

### **Оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамытудың педагогикалық шарттары**

Зерттеушілік дағдыларды қалыптастыруда зертханалық жұмыстардың орны ерекше. Алайда оларды тиімді ұйымдастыру үшін ең алдымен қауіпсіздік талаптарын сақтау қажет. Зертханалық қауіпсіздік – оқушылардың денсаулығын қорғаудың және оқу процесінің сапасын қамтамасыз етудің маңызды шарты. Сонымен қатар, зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін құрал-жабдықтардың минималды жиыны болуы тиіс. Оған қарапайым өлшеу құралдары, реактивтер, бақылау құралдары және цифрлық құрылғылар жатады. Қазіргі жағдайда виртуалды зертханалар мен цифрлық симуляциялар да зерттеушілік дағдыларды дамытуда тиімді құрал ретінде қолданылуда.

Практикалық жұмысқа негізделген оқыту (hands-on learning) оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамытудың маңызды тәсілдерінің бірі болып табылады. Бұл тәсіл оқушылардың оқу процесіне белсенді қатысуын қамтамасыз етіп, теориялық білімді тәжірибемен ұштастыруға мүмкіндік береді. Практикалық әрекет барысында оқушылар өз бетінше тәжірибе жасап, нәтижелерін талдайды, бұл олардың танымдық белсенділігін арттырады. Сонымен қатар, мұндай оқыту түрі оқушылардың қателесу арқылы үйренуіне жағдай жасап, олардың зерттеушілік мәдениетін қалыптастырады.

Жобалық әдіс (Project-based learning) те ғылыми-зерттеу дағдыларын дамытудың тиімді құралдарының бірі болып табылады. Бұл әдіс оқушылардың белгілі бір мәселені терең зерттеп, нақты нәтижеге бағытталған өнім дайындауын көздейді. Жобалық жұмыс барысында оқушылар ақпарат іздеу, оны талдау, жоспар құру, нәтижені қорғау сияқты маңызды зерттеушілік әрекеттерді орындайды. Сонымен қатар, бұл әдіс оқушылардың коммуникативтік дағдыларын, топпен жұмыс істеу қабілетін және жауапкершілігін дамытады.

Қазіргі білім беру жүйесінде STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) бағытындағы интеграция да ерекше маңызға ие. STEAM тәсілі әртүрлі пәндерді біріктіре отырып, оқушылардың кешенді ойлау қабілетін дамытады. Бұл бағытта оқушылар нақты өмірлік мәселелерді шешуге бағытталған зерттеу жұмыстарын жүргізеді. Нәтижесінде олар тек теориялық білім алып қана қоймай, оны практикалық тұрғыда қолдана алады. Сонымен қатар, STEAM білім беру оқушылардың шығармашылық және инновациялық ойлауын дамытуға ықпал етеді.

Оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамыту үшін олардың жеке зерттеу жүргізуіне қолайлы жағдай жасау да маңызды педагогикалық шарттардың бірі болып табылады. Бұл бағытта мектептерде шағын зертханалар, ғылыми үйірмелер, пәндік клубтар ұйымдастыру тиімді нәтиже береді. Мұндай

ортада оқушылар өз қызығушылықтарына сәйкес зерттеу жұмыстарымен айналысып, тәжірибе жинақтайды. Сонымен қатар, ғылыми жобалар байқаулары мен конференцияларға қатысу оқушылардың зерттеушілік белсенділігін арттырып, олардың ғылыми ортаға бейімделуіне ықпал етеді.

Жалпы алғанда, оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамыту кешенді түрде жүзеге асырылуы тиіс. Ол үшін оқу процесінде теория мен практиканы ұштастыру, заманауи педагогикалық технологияларды қолдану, сондай-ақ оқушының жеке ерекшеліктерін ескеру қажет. Тек осындай жағдайда ғана оқушылардың зерттеушілік қабілеттерін тиімді дамытуға және оларды болашақта бәсекеге қабілетті тұлға ретінде қалыптастыруға мүмкіндік туады.

### Қорытынды

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыруда теориялық және тәжірибелік әдістердің үйлесімі маңызды рөл атқарады. Теориялық талдау барысында білім беру мазмұны мен педагогикалық жағдайлардың зерттеушілік әрекетке әсері анықталды. Эмпирикалық әдістер, атап айтқанда бақылау, сұхбат және құжаттарды талдау, оқушылардың зерттеу әрекеттерінің нақты деңгейін бағалауға мүмкіндік берді.

Тәжірибелік эксперименттер нәтижесінде келесі негізгі қорытындылар алынды:

Зертханалық жұмыстар мен микро-зерттеулер оқушылардың қызығушылығын арттырады және өз бетінше мәселе қою, гипотеза құру, деректерді жинау, нәтижелерді талдау сияқты дағдыларды қалыптастырады.

Қол жетімді зертханалық құралдар мен қарапайым тәжірибелік әдістер ғылыми-зерттеу дағдыларын дамыту үшін тиімді, тіпті автоклав сияқты күрделі жабдық жоқ жағдайда да.

Педагогикалық жетекшіліктің сапасы оқушылардың зерттеу әрекетін нәтижелілігіне тікелей әсер етеді; бағыт-бағдар беру, әдістемелік қолдау және кері байланыс дағдылардың дамуына ықпал етеді.

Салыстырмалы талдау көрсеткендей, шетелдік тәжірибелерді мектеп жағдайына бейімдеу арқылы ғылыми-зерттеу дағдыларын жетілдіру мүмкіндігі бар.

Жалпы алғанда, зерттеу жұмысы оқушылардың ғылыми-зерттеу әрекетін ұйымдастырудың тиімді стратегияларын анықтап, тәжірибелік ұсыныстар беруге мүмкіндік берді. Бұл нәтижелер мектептерде биология пәні бойынша зерттеушілік бағыттағы сабақтарды жоспарлауда, микрооқыту модульдерін енгізуде және оқушылардың когнитивтік қабілеттерін дамытуда практикалық құндылыққа ие.

### REFERENCES

- Hmelo-Silver, C. E.** Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*. – 2004. – Vol. 16. – № 3. – P. 235–266. // <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Mayer, R. E.** Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*. – 2004. – Vol. 59. – № 1. – P. 14–19. // <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.14>
- Bell, S.** Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*. – 2010. – Vol. 83. – № 2. – P. 39–43. // <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Pedaste, M.** Phases of inquiry-based learning: Definitions and framework. *Educational Research Review*. – 2015. – Vol. 14. – P. 47–61. // <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Kirschner, P. A.; Sweller, J.; Clark, R.** Why minimal guidance during instruction does not work. *Educational Psychologist*. – 2006. – Vol. 41. – № 2. – P. 75–86. // [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1)
- Minner, D.** Inquiry-based science instruction—What is the evidence? *Journal of Research in Science Teaching*. – 2010. – Vol. 47. – № 4. – P. 474–496. // <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Kim, K. H.** STEM education in schools: A systematic review. *International Journal of STEM Education*. – 2021. – Vol. 8. – P. 45–59. // <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00308-8>
- Zainuddin, Z.** Flipped classroom research: A review of the literature. *Educational Technology & Society*. – 2016. – Vol. 19. – № 1. – P. 131–152. // <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3641.1600>
- Hugerat, M.** The effectiveness of laboratory-based learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. – 2016. – Vol. 12. – № 3. – P. 451–468. // <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1222a>
- Krajcik, J.; Blumenfeld, P.** Project-based learning. In: *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. – Cambridge University Press, 2018. – P. 147–164. // <https://doi.org/10.1017/9781316824458.010>
- OECD. *PISA 2022 Results*. – Paris: OECD Publishing. – 2023. – Vol. 1. – P. 1–312. // <https://doi.org/10.1787/79b2cc85-en>
- Hattie, J.** *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses*. – London: Routledge. – 2009. – 378 p. // <https://doi.org/10.4324/9780203887332>

05.04.26 ж. баспаға түсті.  
08.05.26 ж. түзетулерімен түсті.  
22.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

\*А. Е. Алмас<sup>1</sup>, С. Ж. Ибадуллаева<sup>2</sup>

Кызылординский университет имени Коркыт Ата,

Республика Казахстан, г. Кызылорда.

Поступило в редакцию 05.04.26.

Поступило с исправлениями 08.05.26.

Принято в печать 22.05.26.

### РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ УЧЕНИКОВ

*В данной статье всесторонне рассматривается проблема формирования и развития научно-исследовательских навыков учеников в современном образовательном пространстве. Научно-исследовательские навыки представляют собой сложную компетенцию, включающую способности ученика к организации познавательной деятельности, определению проблемы, формулированию гипотезы, сбору данных, их анализу и формулированию выводов. Актуальность исследования определяется необходимостью развития самостоятельного поиска, критического и научного мышления учеников в условиях глобализации, цифровизации и стремительного увеличения объёма информации. В статье анализируются теоретические основы исследовательских навыков, их структурные компоненты, этапы формирования и влияние на личностное развитие ученика.*

*Цель исследования – определить эффективные педагогические методы и условия, способствующие развитию научно-исследовательских навыков учеников. Для достижения цели были использованы методы анализа, сравнения, систематизации, наблюдения и практического исследования. В работе раскрывается связь исследовательского обучения с конструктивистским и inquiry-based подходами, а также рассматриваются возможности их применения в учебном процессе. Кроме того, приводится анализ международного опыта, в частности образовательных моделей Финляндии и Сингапура, где успешно реализуются стратегии, направленные на развитие исследовательской деятельности.*

*Результаты исследования показывают, что эффективная организация исследовательской активности учеников способствует повышению качества образования, развитию научного мышления, творческой активности и функциональной грамотности. Практическая значимость статьи заключается в возможности применения предложенных методов и подходов в повседневной работе педагогов, а также в повышении мотивации учеников к участию в научных проектах.*

*Ключевые слова: научно-исследовательские навыки, исследовательская деятельность учеников, педагогические условия, научное мышление, анализ данных, исследовательское обучение.*

\*А. Е. Алмас<sup>1</sup>, С. Ж. Ибадуллаева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Korkyt Ata Kyzylorda University,

Republic of Kazakhstan, Kyzylorda.

Received 05.04.26.

Received in revised form 08.05.26.

Accepted for publication 22.05.26.

### DEVELOPMENT OF STUDENTS' RESEARCH SKILLS

*This article provides a comprehensive examination of the formation and development of students' research skills within the modern educational environment. Research skills represent a complex competence that includes a student's ability to organize cognitive activity, identify a problem, formulate a hypothesis, collect data, analyze them, and draw conclusions. The relevance of the study is determined by the need to develop independent inquiry, critical thinking, and scientific reasoning among students in the context of globalization, digitalization, and the rapid growth of information volume. The article analyzes the theoretical foundations of research skills, their structural components, stages of development, and their impact on the personal growth of students.*

*The aim of the study is to identify effective pedagogical methods and conditions that contribute to the development of students' research skills. To achieve this aim, methods such as analysis, comparison, systematization, observation, and practical experimentation were employed. The paper reveals the relationship between research-based learning and constructivist as well as inquiry-based approaches, demonstrating their potential for application in the educational process. In addition, international*

*practices are examined, particularly the educational models of Finland and Singapore, where successful strategies aimed at developing research-oriented learning have been implemented.*

*The findings of the study indicate that the effective organization of students' research activities contributes to improving the quality of education, enhancing scientific thinking, fostering creativity, and strengthening functional literacy. The practical significance of the article lies in the applicability of the proposed methods and approaches in the daily practice of teachers, as well as in increasing students' motivation to participate in scientific projects.*

*Keywords: research skills, students' research activity, pedagogical conditions, scientific thinking, data analysis, inquiry-based learning.*

FTAMP: 14.35. 07

<https://doi.org/10.48081/BGQF2101>

**\*А. А. Жарылқасын<sup>1</sup>, С. Ж. Ибадуллаева<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті,  
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қ.

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5569-8114>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3270-8364>

\*e-mail: [jarilcasynaidana@gmail.com](mailto:jarilcasynaidana@gmail.com)

### **«БИОАЛУАНТҮРЛІЛІК НЕГІЗДЕРІ» ПӘНІНДЕ ӨЛКЕТАНУ МАТЕРИАЛЫН ЦИФРЛЫҚ РЕСУРСТАР АРҚЫЛЫ ОҚЫТУ ТИІМДІЛІГІ**

Бұл мақалада «Биоалуантүрлілік негіздері» пәні бойынша зертханалық сабақтарда аймақтық флористикалық материалдар мен цифрлық білім беру ресурстарын қолданудың маңызы қарастырылады. Білім беру жүйесін жаңғырту және цифрлық технологияларды енгізу жағдайында биологияны оқытуда теориялық білімді нақты табиғи ортаның ерекшеліктерімен байланыстыратын тиімді әдістемелік тәсілдерді қолдану өзекті болып табылады. Дәстүрлі оқыту тәжірибесінде өсімдіктерді зерттеу көбінесе теориялық материалдармен шектеліп, студенттердің танымдық белсенділігін төмендетеді және зерттеу дағдыларының қалыптасуын қиындатады.

Зерттеуде зертханалық сабақтарда аймақтық компонент пен цифрлық ресурстарды біріктіру мүмкіндігі қарастырылды. Виртуалды зертханалар, интерактивті платформалар және өсімдіктердің цифрлық дерекқорлары арқылы Қызылорда облысының флорасын маусымдық жағдайларға тәуелсіз зерттеу мүмкіндігі көрсетілді. Әдістемелік модель биология мамандығы студенттері арасында педагогикалық практика барысында апробациядан өтті. Зерттеуге 105 студент қатысты.

Сауалнама, социометриялық талдау және педагогикалық бақылау нәтижелері аймақтық материалдарды цифрлық технологиялармен бірге қолдану оқу мотивациясын арттырып, теориялық білімді түсінуді жақсартатынын және зерттеушілік дағдыларды дамытуға ықпал ететінін көрсетті. Сонымен қатар, алынған нәтижелер

*биология пәнін оқытуда өңірлік компонент пен цифрлық білім беру ресурстарын енгізудің тиімділігінің дәлелін көрсетті.*

*Кілтті сөздері: Аймақтық флора, зертханалық сабақтар, цифрлық білім беру, аймақтық компонент, биологиялық білім.*

### **Кіріспе**

Қазіргі білім беру жүйесінде білім алушылардың зерттеушілік дағдыларын дамыту, ғылыми ойлау қабілетін қалыптастыру және білімді тәжірибеде қолдана білу құзыреттерін жетілдіру маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Қазақстан Республикасының «Білім туралы» заңында білім беру жүйесінің негізгі мақсаты – тұлғаның шығармашылық әлеуетін дамыту, ғылыми-зерттеу қызметіне бейімдеу және білім алушылардың функционалдық сауаттылығын арттыру екендігі атап көрсетілген [1]. Осыған байланысты биология пәнін оқытуда теориялық біліммен қатар зертханалық және практикалық жұмыстардың маңызы ерекше.

Биология – табиғат құбылыстарын зерттейтін тәжірибелік ғылым болғандықтан, өсімдіктер мен жануарларды тікелей бақылау, табиғи объектілермен жұмыс істеу және экологиялық ерекшеліктерін зерттеу оқу процесінің маңызды бөлігі болып табылады [2]. Өлкетану материалдары табиғат құбылыстарын белгілі бір аймақтың ерекшеліктерімен байланыстыра отырып түсіндіруге жағдай жасайды.

Қазақстанның оңтүстік өңірлерінің флорасы табиғи-климаттық жағдайлардың алуан түрлілігімен ерекшеленеді. Қызылорда облысы – шөл және шөлейт экожүйелері басым аймақтардың бірі болып табылады. Бұл өңірдің өсімдіктер әлемі табиғи ортаға бейімделу ерекшеліктерімен, дәрілік және шаруашылық маңызы бар түрлерінің көптігімен сипатталады [3]. Арал өңірінің экологиялық жағдайы мен табиғи ортасының ерекшеліктері де аймақ флорасының қалыптасуына әсер етеді [4].

Аймақтық флораны зерттеу мәселелері көптеген ғалымдардың еңбектерінде қарастырылған. Қазақстан флорасының түрлік құрамы, таралу аймақтары және биоресурстық маңызы туралы іргелі зерттеулер жүргізілген [5; 6; 7; 8]. Сонымен қатар Қазақстан флорасының жүйелік құрамы мен биоалуантүрлілігі туралы маңызды мәліметтер «Флора Казахстана» көптомдық еңбегінде кеңінен сипатталған [9]. Бұл еңбектер аймақтық өсімдік ресурстарын зерттеу және оқу процесінде пайдалану үшін маңызды ғылыми негіз болып табылады.

Қазіргі уақытта цифрлық технологиялардың дамуы биологиялық білім берудің мазмұны мен әдістеріне де елеулі өзгерістер енгізуде. Цифрлық деректер базалары, виртуалды зертханалар және онлайн-платформалар

өсімдіктерді қашықтан зерттеуге, олардың морфологиялық және анатомиялық құрылысын әртүрлі үлкейту деңгейінде қарастыруға мүмкіндік береді [10]. Мұндай ресурстар білім алушылардың зерттеу дағдыларын дамытуға және оқу процесін визуалды әрі интерактивті етуге ықпал етеді.

Алайда биологиялық пәндерді оқыту барысында бірқатар әдістемелік қиындықтар кездеседі. Соның бірі – қыс мезгілінде табиғи объектілерді зерттеу мүмкіндігінің шектеулі болуы. Бұл жағдайда өсімдіктердің морфологиялық және анатомиялық ерекшеліктерін зерттеу көбінесе теориялық материалмен ғана шектеледі. Сондықтан аймақтық флораны цифрлық ресурстар арқылы зерттеу тәсілдерін дамыту ерекше өзекті болып табылады.

Осы тұрғыдан алғанда Қызылорда облысының өсімдіктер әлемі туралы ғылыми-танымдық және оқу-әдістемелік әдебиеттер маңызды ақпарат көзі болып табылады [11; 12]. Мұндай еңбектер аймақтың табиғи-географиялық ерекшеліктерін, өсімдіктердің таралуын және экологиялық жағдайларын түсіндіруге мүмкіндік береді.

Осы зерттеудің мақсаты – «Биоалуантүрлілік негіздері» пәнінің зертханалық сабақтарында аймақтық флора материалдарын цифрлық ресурстар арқылы қолданудың тиімділігін анықтау, және болашақта Қызылорда облысының өсімдіктері бойынша цифрлық ақпараттық платформа құрудың педагогикалық мүмкіндіктерін қарастыру.

### **Материалдар мен әдістері**

Зерттеу жұмысы педагогикалық практика барысында биология мамандығы бойынша білім алатын студенттер арасында жүргізілді. Жалпы оқу процесіне 105 студент қатысты. Зерттеу «Биоалуантүрлілік негіздері» пәні бойынша зертханалық сабақтар аясында ұйымдастырылды. Зерттеудің негізгі мақсаты – аймақтық флора материалдарын және цифрлық білім беру ресурстарын қолдану арқылы зертханалық сабақтардың тиімділігін анықтау, сондай-ақ студенттердің оқу мотивациясы мен танымдық белсенділігіне әсерін бағалау болды. Зерттеу барысында дәстүрлі оқыту әдістері мен қазіргі заманғы цифрлық технологиялар біріктіріліп қолданылды.

Зертханалық сабақтарды ұйымдастыру барысында Қызылорда облысының өсімдіктер әлеміне қатысты аймақтық материалдар пайдаланылды. Сабақ мазмұны студенттердің зерттеу дағдыларын дамытуға бағытталған интерактивті және тәжірибелік тапсырмалар арқылы құрылды. Зертханалық сабақтар бірнеше кезеңнен тұрды. Алғашқы кезеңде студенттердің пәнге деген қызығушылығын арттыру мақсатында интерактивті тапсырмалар мен проблемалық сұрақтар ұсынылды. Бұл кезеңде білім алушылардың алдыңғы білімдері белсендіріліп, жаңа тақырыпты зерттеуге бағытталған танымдық қызығушылық қалыптастырылды.

Келесі кезеңде студенттерге өсімдіктердің морфологиялық және анатомиялық құрылысын зерттеу тапсырмалары берілді. Бұл жұмыстар микроскопиялық зерттеу әдістерін қолдану арқылы жүргізілді. Сонымен қатар сабақ барысында виртуалды зертханалар мен цифрлық білім беру ресурстары пайдаланылды. Цифрлық ресурстар студенттерге өсімдіктердің құрылысын әртүрлі үлкейту деңгейінде (40×, 100×, 400×) қарастыруға мүмкіндік берді. Мұндай әдіс өсімдіктердің микроскопиялық құрылысын нақты және көрнекі түрде зерттеуге жағдай жасайды. Сабақта интерактивті тапсырмалар, топтық талқылау, плакат қорғау және цифрлық платформалар арқылы орындалатын тапсырмалар қолданылды. Бұл тапсырмалар студенттердің зерттеушілік және аналитикалық ойлау қабілеттерін дамытуға бағытталды.

Зертханалық сабақтар барысында әртүрлі педагогикалық әдістер қолданылды. Олардың қатарында интерактивті тапсырмалар, Learning Apps платформасында дайындалған жаттығулар, микроскоппен жұмыс, виртуалды зертханалар және жасанды интеллект элементтері бар тапсырмалар пайдаланылды. Сонымен қатар сабақ соңында білім алушылар арасында білімді бекіту мақсатында «Лидерлер сайысы» сияқты танымдық тапсырмалар ұйымдастырылды. Бұл тапсырмалар студенттердің пән бойынша теориялық білімін тексеруге және оқу процесін қызықты форматта ұйымдастыруға мүмкіндік берді.

Зерттеу барысында қолданылған әдістемелердің тиімділігін анықтау үшін бірнеше педагогикалық зерттеу әдістері пайдаланылды. Соның бірі – социометриялық талдау әдісі. Социометриялық зерттеу студенттердің оқу процесіндегі өзара әрекеттесу ерекшеліктерін анықтау мақсатында жүргізілді. Атап айтқанда, зерттеу барысында студенттер үшін оқу тапсырмаларын орындаудың қай түрі тиімді екендігін анықтау көзделді. Яғни студенттерге жеке жұмыс, жұптық жұмыс немесе топтық жұмыс формаларының қайсысы тиімді екендігін анықтау мақсатында арнайы сауалнама жүргізілді. Социометриялық талдау нәтижелері студенттердің басым бөлігі топтық жұмыс формасын тиімді деп санайтынын көрсетті. Сонымен қатар топ ішінде бейресми көшбасшылар, тұрақты серіктестер және белсенді қатысушылар анықталды. Зерттеу нәтижесінде студенттердің шамамен 21 %-ы бейресми көшбасшылар ретінде анықталса, 29 %-ы академиялық және практикалық беделі тұрақты студенттер қатарына жататыны байқалды. Ал студенттердің 36 %-ы топ ішінде орташа деңгейде интеграцияланған болса, 14 %-ында оқшаулану тенденциясы байқалды. Дегенмен, жалпы алғанда топтық әлеуметтік құрылымы теңгерімді екендігі және студенттердің өзара әрекеттесу деңгейі жоғары екендігі анықталды.

Сонымен қатар зерттеу барысында студенттердің аймақтық флора материалдарын қолдануға деген көзқарасын анықтау үшін арнайы сауалнама жүргізілді. Сауалнама нәтижелері өлкетану материалдарын оқу процесінде қолдану студенттердің пәнді терең түсінуіне, теориялық білімді нақтылауына және оқу мотивациясын арттыруына оң әсер ететінін көрсетті. Зерттеу нәтижелері бойынша өлкетану материалдарын қолданудың жалпы тиімділік көрсеткіші 84,2 % құрады. Сонымен қатар студенттердің 88,6 %-ы цифрлық материалдардың пәнге деген қызығушылықты арттыратынын атап өтті. Сабақ мазмұнын өмірмен байланыстыру көрсеткіші 90 %-ды құрады, ал болашақта мұндай әдістерді қолдану қажеттілігі 91,4 % деңгейінде бағаланды. Бұл нәтижелер өлкетану материалдарын қолданудың педагогикалық тұрғыдан тиімді әдіс екендігін дәлелдейді.

Жалпы алғанда жүргізілген педагогикалық зерттеу нәтижелері аймақтық флора материалдарын және цифрлық білім беру ресурстарын зертханалық сабақтарда қолдану студенттердің оқу мотивациясын арттырып, пәнді терең түсінуіне және зерттеушілік дағдыларын дамытуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Сонымен қатар зерттеу нәтижелері топтық жұмыс формасының тиімді екенін және студенттердің бірлескен оқу әрекеті оқу процесінің сапасын арттыратынын дәлелдейді.

#### Нәтижелер және талқылау

Зерттеу барысында алынған нәтижелер аймақтық флора материалдарын және цифрлық ресурстарды қолдану зертханалық сабақтардың тиімділігін арттыратынын көрсетті. Жүргізілген сауалнама нәтижелері бойынша өлкетану материалдарын оқу процесінде қолданудың жалпы тиімділік көрсеткіші 84,2 % құрады. Бұл көрсеткіш студенттердің басым бөлігінің ұсынылған әдістемеге оң көзқарас білдіргенін және оның оқу процесіне пайдалы екенін көрсетеді. Сонымен қатар студенттердің 85,8 %-ы аймақтық материалдарды қолдану пәнді терең түсінуге көмектесетінін атап өтті. Теориялық білімді нақтылау көрсеткіші 81,4 % деңгейінде бағаланды.

Кесте-1 – Өлкетану материалдарын қолдану тиімділігі бойынша жиынтық кесте

№	Көрсеткіш мазмұны	Орташа балл	Пайыздық көрсеткіш	Бағалау деңгейі
1	Жергілікті материалдарды қолдану	4,14	82,8 %	Жоғары
2	Пәнді түсінуге ықпал етуі	4,29	85,8 %	Жоғары
3	Теорияны нақтылауы	4,07	81,4 %	Жоғары

### Жергілікті материалдарды қолдану тиімділігі



1-сурет – Жергілікті материалдарды оқытуда цифрлық ресурс қолдану тиімділігі

### Пәнді түсінуге ықпал етуі



2-сурет – Пәнді оқытуда цифрлық материал қолданудың түсінуге ықпал етуі

### Теорияны нақтылауы



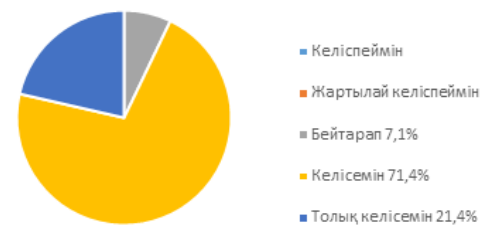
3-сурет – Теорияны нақтылауда рөлі

Зерттеу нәтижелері аймақтық материалдарды қолдану студенттердің пән мазмұнын нақты табиғи объектілермен байланыстырып түсінуіне мүмкіндік беретінін көрсетті. Мұндай тәсіл биология пәнін оқытуда теория мен тәжірибенің байланысын күшейтеді және студенттердің экологиялық дүниетанымының қалыптасуына ықпал етеді. Бұл нәтижелер биологиялық білім беруде зерттеушілік және тәжірибелік оқыту тәсілдерінің тиімді екенін көрсететін басқа ғылыми зерттеулердің қорытындыларымен сәйкес келеді [6; 7].

Келесі кезеңде біз цифрлық білім беру ресурстарының оқу мотивациясына әсерін қарастырдық.

Зерттеу барысында студенттердің цифрлық білім беру ресурстарын қолдануға деген көзқарасы да талданды. Сауалнама нәтижелері бойынша цифрлық материалдарды қолдану студенттердің пәнге деген қызығушылығын арттыратыны анықталды. Атап айтқанда, студенттердің 88,6 %-ы виртуалды зертханалар мен интерактивті тапсырмалар оқу процесін қызықты әрі түсінікті ететінін атап өтті.

### Оқу мотивациясын арттыруы



4-сурет – Цифрлық құралдары қолданып зертханалық сабақ өткізуде оқу мотивациясын арттуы

Сонымен қатар сабақ мазмұнын өмірмен байланыстыру көрсеткіші 90 % құрады. Бұл студенттердің оқу материалын тек теориялық деңгейде ғана емес, нақты табиғи орта мен аймақтық ерекшеліктермен байланыстыра отырып түсінетінін көрсетеді. Мұндай тәсіл студенттердің оқу мотивациясын арттырып, олардың пәнге деген қызығушылығын күшейтеді. Зерттеу нәтижелері цифрлық технологияларды қолдану білім алушылардың белсенділігін арттырып, оқу процесін интерактивті әрі тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік беретінін көрсететін ғылыми еңбектермен сәйкес келеді [8].

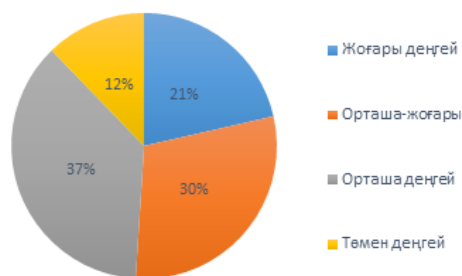
Зерттеу барысында студенттердің оқу тапсырмаларын орындау формаларына қатысты көзқарасы да талданды. Социометриялық талдау нәтижелері студенттердің басым бөлігі топтық жұмыс формасын тиімді деп

санайтынын көрсетті. Топ ішінде өзара әрекеттесу деңгейінің жоғары болуы студенттердің бірлескен оқу әрекетіне оң көзқарасын көрсетеді.

Кесте-2 – Социометриялық талдаудың жалпы көрсеткіштері

Көрсеткіш деңгейі	Пайыздық аралығы	Студенттер үлесі	Топтағы сипаттамасы
Жоғары деңгей	50–65 %	21 %	Айқын бейресми көшбасшылар
Орташа-жоғары	35–45 %	29 %	Тұрақты академиялық және практикалық беделге ие
Орташа	15–30 %	36 %	Топ ішінде интеграцияланған
Төмен	10–15 %	14 %	Оқшаулану тенденциясы байқалады

Социометриялық көрсеткіш



5-сурет – Зерттеудегі социометриялық көрсеткіш нәтижелері

Социометриялық зерттеу нәтижесінде студенттердің шамамен 21 %-ы бейресми көшбасшылар ретінде анықталды, ал 29 %-ы академиялық және практикалық тұрғыдан сенімді серіктес ретінде қабылданатыны байқалды. Студенттердің 36 %-ы топ ішінде орташа деңгейде интеграцияланған болса, 14 %-ында салыстырмалы түрде төмен белсенділік байқалды. Дегенмен, жалпы алғанда топ ішінде әлеуметтік байланыстардың тұрақты екендігі және студенттердің өзара әрекеттесу деңгейі жоғары екендігі анықталды.

Бұл нәтижелер топтық жұмыс формасының оқу процесін ұйымдастыруда тиімді екенін көрсетеді. Топтық жұмыс студенттердің бір-бірімен пікір алмасуына, бірлескен талдау жүргізуіне және күрделі биологиялық мәселелерді бірге шешуіне мүмкіндік береді. Сонымен қатар топтық жұмыс барысында студенттердің коммуникативтік дағдылары мен зерттеушілік қабілеттері дамиды.

Зерттеу барысында қолданылған әдістемелік тәсілдер дәстүрлі оқыту әдістерімен салыстырылды. Дәстүрлі сабақтарда студенттер көбінесе теориялық материалды тыңдау және дайын ақпаратты қабылдау арқылы білім алады. Ал зерттеу барысында қолданылған әдістеде студенттер белсенді зерттеу әрекетіне қатысып, тапсырмаларды өз бетімен орындады.

Нәтижелер көрсеткендей, интерактивті тапсырмалар, цифрлық ресурстар және аймақтық флора материалдарын қолдану студенттердің оқу процесіне белсенді қатысуына мүмкіндік береді. Сонымен қатар мұндай әдістер студенттердің аналитикалық ойлау қабілетін дамытуға және пәнді терең түсінуіне ықпал етеді. Жалпы алғанда жүргізілген зерттеу нәтижелері аймақтық флора материалдарын және цифрлық білім беру ресурстарын зертханалық сабақтарда қолдану биология пәнін оқыту тиімділігін арттыратынын көрсетті. Сонымен қатар бұл әдісте студенттердің оқу мотивациясын арттырып, олардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамытуға мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында «Биоалуантүрлілік негіздері» пәнінің зертханалық сабақтарында аймақтық флора материалдарын және цифрлық білім беру ресурстарын қолдану бірнеше нақты сабақ мысалдары арқылы жүзеге асырылды. Бұл сабақтар студенттердің теориялық білімін тәжірибелік зерттеу әрекетімен ұштастыруға бағытталды. Әрбір сабақта студенттер бақылау, талдау, салыстыру және қорытынды жасау сияқты ғылыми әдістерді қолданды. Пән мазмұнындағы «Қына – *Xanthoria parietina*» мысалында зерттеу жүргізілді. Зертханалық сабақтардың бірінде студенттерге қыналардың құрылысы мен экологиялық ерекшеліктерін зерттеу тапсырмасы берілді. Сабақ барысында *Xanthoria parietina* түрі мысал ретінде қарастырылды. Студенттер қыналардың морфологиялық құрылысын зерттеп, олардың табиғаттағы экологиялық рөлін талдады.

Сабақ барысында студенттер алдымен қыналардың симбиотикалық табиғаты туралы теориялық ақпаратпен танысты. Кейін олар қыналардың саңырауқұлақ пен балдыр арасындағы өзара байланысын түсіндіретін модельдерді талдады. Сонымен қатар студенттер қыналардың қоршаған орта жағдайларына бейімделу ерекшеліктерін талқылады.

Зерттеу барысында студенттер қыналардың экологиялық индикатор ретінде қолданылатынын және олардың ауа сапасының көрсеткіші ретінде маңызды екенін анықтады. Бұл тапсырма студенттердің табиғи объектілерді ғылыми тұрғыдан талдау қабілетін дамытуға мүмкіндік берді. Пән мазмұнын игеру барысында, біз «Мүк тәрізділерді зерттеу: көкек зығыры және маршанция» тақырыбын қарастырып өтсек. Ашық сабақ барысында студенттер мүк тәрізді өсімдіктердің құрылысын зерттеді. Сабақта *Polytrichum*

commune (көкек зығыры) және *Marchantia polymorpha* (маршанция) мысалдары қарастырылды. Студенттер бұл өсімдіктердің морфологиялық және анатомиялық ерекшеліктерін зерттеп, олардың өмірлік циклін талдады.

Зерттеу барысында студенттер микроскоп арқылы өсімдіктердің құрылымын бақылап, олардың негізгі бөліктерін анықтады. Сонымен қатар студенттер спорофит пен гаметофит фазаларының ерекшеліктерін салыстырды. Мұндай тапсырмалар студенттердің теориялық білімін нақты биологиялық объектілермен байланыстыруға мүмкіндік берді.

Зертханалық жұмыс барысында студенттер өсімдіктердің даму циклін талдап, олардың көбею ерекшеліктерін анықтады. Бұл тапсырма биологиялық процестерді түсіндіруде ғылыми дәлелдер мен бақылау нәтижелерін қолдану дағдыларын қалыптастыруға көмектесті.

Зертханалық сабақтардың маңызды бөлігі цифрлық білім беру ресурстарын қолданумен байланысты болды. Сабақ барысында виртуалды зертхана және интерактивті тапсырмалар пайдаланылды. Мысалы, студенттер виртуалды микроскоп арқылы өсімдіктердің микроскопиялық құрылысын әртүрлі үлкейту деңгейінде зерттеді.

Виртуалды зертханалар студенттерге өсімдіктердің анатомиялық құрылысын 40×, 100× және 400× үлкейту деңгейінде қарастыруға мүмкіндік берді. Бұл әдіс нақты зертханалық жағдайларда әрдайым қолжетімді бола бермейтін микроскопиялық объектілерді зерттеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар цифрлық ресурстар студенттердің пәнге деген қызығушылығын арттырып, оқу процесін интерактивті түрде ұйымдастыруға жағдай жасады.

Сабақтар барысында студенттердің пікірлері мен рефлексиялары да талданды. Көптеген студенттер зертханалық сабақтардың интерактивті және зерттеушілік форматта ұйымдастырылуы пәнді түсінуді жеңілдететінін атап өтті.

Студенттердің бір бөлігі алғашында ашық форматтағы тапсырмаларды орындау қиын болғанын, алайда уақыт өте келе мұндай тапсырмалар олардың пәнге деген қызығушылығын арттырғанын айтты. Кейбір студенттер зертханалық сабақтардың табиғи объектілерді зерттеу арқылы өткізілгенін ерекше атап өтті.

Жалпы алғанда студенттердің пікірлері зертханалық сабақтарды аймақтық флора материалдары мен цифрлық ресурстар негізінде ұйымдастыру олардың зерттеушілік ойлау қабілетін дамытуға және биология пәнін терең түсінуге мүмкіндік беретінін көрсетті.

Зерттеу барысында аймақтық флора материалдарын және цифрлық білім беру ресурстарын қолдану оқу процесінің ұйымдастырылуына белгілі бір өзгерістер енгізгені байқалды. Сабақ барысында студенттердің белсенділігі артқаны және олардың оқу процесіне деген жауапкершілігі күшейгені

байқалды. Студенттер тек дайын ақпаратты қабылдаушы емес, зерттеу жұмыстарына белсенді қатысушы ретінде әрекет етті.

Сонымен қатар зерттеу барысында бірқатар ұйымдастырушылық және әдістемелік қиындықтар да анықталды. Солардың бірі – зертханалық сабақтардың уақыттық құрылымы. Интерактивті тапсырмалар, зерттеушілік жұмыстар және талқылаулар дәстүрлі сабақтарға қарағанда көбірек уақытты талап етеді. Бұл оқу бағдарламасының мазмұнын жоспарлау кезінде белгілі бір қиындықтар туғызуы мүмкін [12].

Тағы бір байқалған мәселе – студенттердің зерттеушілік тапсырмаларға бастапқы дайындық деңгейінің әртүрлі болуы. Кейбір студенттер ашық форматтағы тапсырмалармен жұмыс істеуде қиындықтар сезінді. Мұндай жағдайда оқытушы тарапынан қосымша түсіндірулер мен бағыттаушы сұрақтар беру қажеттілігі туындады. Яғни студенттерге зерттеу сұрақтарын дұрыс құрастыру, бақылау жүргізу және алынған нәтижелерді талдау дағдыларын қалыптастыру үшін педагогикалық қолдау қажет болды [13].

Сонымен қатар бағалау жүйесіне байланысты да белгілі бір қиындықтар байқалды. Дәстүрлі тест және емтихан форматтары студенттердің зерттеушілік дағдыларын немесе аналитикалық ойлау қабілетін толық бағалауға мүмкіндік бермейді. Сондықтан зертханалық жұмыстардың нәтижелерін бағалауда балама бағалау тәсілдерін қолдану маңызды болып табылады. Олардың қатарына зертханалық есептер, ғылыми презентациялар, топтық жобалар және талдау жұмыстары жатады. Мұндай бағалау тәсілдері студенттердің оқу процесіндегі белсенділігін және зерттеу нәтижелерін толық көрсетуге мүмкіндік береді [14].

Зерттеу барысында қолданылған әдістемелік тәсілдер оқытушылардың педагогикалық қызметіне де оң әсерін тигізді. Сабақтарды жаңа форматта ұйымдастыру оқытушыларды оқу процесін жоспарлаудың жаңа тәсілдерін іздеуге және инновациялық әдістерді қолдануға ынталандырды.

Сонымен қатар зертханалық сабақтарды ұйымдастыру барысында оқытушылар арасында тәжірибе алмасу және бірлескен талқылаулар жүргізілді. Мұндай ынтымақтастық оқу процесін жетілдіруге және тиімді әдістемелік шешімдер қабылдауға мүмкіндік берді. Оқытушылардың бірлескен жұмысы жаңа зертханалық тапсырмалар мен зерттеушілік жобаларды әзірлеуге негіз болды. Бұл өз кезегінде педагогикалық қауымдастықтың қалыптасуына және кәсіби тәжірибе алмасу мәдениетінің дамуына ықпал етеді.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері биология пәнін оқытуда зерттеушілік оқыту әдістерін және аймақтық материалдарды қолданудың тиімді екенін көрсетті. Мұндай тәсілдерді оқу бағдарламасына енгізу үшін білім беру жүйесінде белгілі бір қолдау шаралары қажет.

Ең алдымен оқу бағдарламаларында зертханалық және тәжірибелік жұмыстарға жеткілікті уақыт бөлу маңызды. Сонымен қатар оқытушылардың кәсіби біліктілігін арттыруға бағытталған семинарлар мен тренингтер ұйымдастыру қажет. Мұндай іс-шаралар оқытушыларға зерттеушілік оқыту әдістерін тиімді қолдануға мүмкіндік береді.

Сонымен бірге бағалау жүйесінде де өзгерістер енгізу қажет. Бағалау тек білім мазмұнын меңгеруді ғана емес, сонымен қатар студенттердің зерттеушілік дағдыларын, аналитикалық ойлау қабілетін және ғылыми қорытынды жасау қабілетін де ескеруі тиіс.

Жалпы алғанда, биологиялық білім беруде мазмұнды меңгерумен қатар құзыреттіліктерді дамытуға бағытталған оқыту тәсілдерін қолдану маңызды болып табылады. Бұл тәсілдер студенттердің ғылыми ойлау қабілетін қалыптастыруға және олардың болашақ кәсіби қызметіне қажетті зерттеушілік дағдыларды дамытуға мүмкіндік береді.

#### Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижелері аймақтық флора материалдарын және цифрлық білім беру ресурстарын «Биоалуантүрлілік негіздері» пәнінің зертханалық сабақтарында қолдану биология пәнін оқыту тиімділігін арттыратынын көрсетті. Аймақтық өсімдіктер туралы нақты мысалдарды пайдалану студенттердің пәнді терең түсінуіне, теориялық білімін табиғи ортадағы нақты объектілермен байланыстыруына және олардың экологиялық дүниетанымының қалыптасуына ықпал етеді. Сонымен қатар зерттеу нәтижелері цифрлық технологияларды қолдану оқу процесін интерактивті ұйымдастыруға мүмкіндік беретінін және студенттердің оқу мотивациясын арттыратынын дәлелдеді.

Социометриялық және сауалнама нәтижелері студенттердің оқу процесінде топтық жұмыс формасын тиімді деп санайтынын көрсетті. Бірлескен оқу әрекеті студенттердің өзара пікір алмасуына, талдау жүргізуіне және күрделі биологиялық мәселелерді бірге шешуіне мүмкіндік береді. Мұндай тәсіл студенттердің зерттеушілік және аналитикалық ойлау қабілеттерін дамытуға ықпал етеді. Сонымен қатар виртуалды зертханалар мен интерактивті цифрлық ресурстарды қолдану зертханалық сабақтардың мазмұнын байытып, биологиялық объектілерді әртүрлі деңгейде зерттеуге мүмкіндік береді.

Ұсынылып отырған цифрлық платформада Қызылорда облысының өсімдіктері туралы морфологиялық сипаттамалар, таралу аймақтары, экологиялық ерекшеліктері және микроскопиялық құрылымы туралы ақпарат орналастырылуы мүмкін. Сонымен қатар платформа пайдаланушыларға өсімдіктердің фотосуреттерін жүктеп, олардың түрін анықтауға мүмкіндік беретін функциялармен толықтырылуы мүмкін. Мұндай жүйе студенттердің

далалық практика кезінде жинаған материалдарын өңдеуге және өсімдіктерді анықтау процесін жеңілдетуге мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда аймақтық флора материалдарын цифрлық технологиялармен біріктіре отырып қолдану биология пәнін оқытуда тиімді педагогикалық тәсіл болып табылады. Бұл тәсіл студенттердің ғылыми-зерттеу дағдыларын дамытуға, олардың табиғатқа деген қызығушылығын арттыруға және аймақтық биоалуантүрлілікті тануға мүмкіндік береді. Сондықтан болашақта мұндай әдістемелік тәсілдерді биологиялық білім беру жүйесіне кеңінен енгізу маңызды болып табылады.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 Қазақстан Республикасының «Білім туралы» заңы. – Астана, 2007.
- 2 Қызылорда облысының өсімдіктер әлемі. – Қызылорда : Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті баспасы. 2017 ж. Қызылорда
- 3 **Әлімқұлова, Р. Ә., Таргенов, М. А.** Өсімдік – табиғат қазынасы. – Алматы: Қайнар, 1984. – 132 – б.
- 4 **Айдарбасва, Д. К.** Қазақстанның оңтүстігі мен шығысында өсімдік қорларының қазіргі жағдайы: биология ғылымдарының кандидаты ғылыми дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация авторефераты. – Алматы, 2010. – 51 – б.
- 5 **Мухитдинов, Н.М.** Қазақстан биоресурстары. – Алматы : Қазақ университеті баспасы, 2009. – 296 б.
- 6 Флора Казахстана. – Алма-Ата : Издательство Академии наук КазССР, 1956–1966. – Т.1–9.9
- 7 Plantarium: Open online atlas and key to plants and lichens of Russia and neighboring countries [Electronic resource]. – Available at: <https://plantarium.ru>
- 8 Сыр елі. Қызылорда облысы энциклопедиясы. – Алматы, 2005. – 544 – б.
- 9 Қызылорда облысының географиясы. – Қызылорда, 2013.
- 10 **Odum, E. P.** Fundamentals of Ecology. – Philadelphia : Saunders, 1971.
- 11 **Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E.** Biology of Plants. – New York: W.H. Freeman, 2013.
- 12 **Begon, M., Townsend, C., & Harper, J.** Ecology : From Individuals to Ecosystems. – Oxford: Blackwell Publishing, 2006.
- 13 **Krebs, C. J.** Ecology : The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. – San Francisco: Pearson, 2009.
- 14 **Ricklefs, R. E.** The Economy of Nature. – New York : W.H. Freeman, 2008.

## REFERENCES

- 1 Закон Республики Казахстан «Bilim turaly». [Law of the Republic of Kazakhstan «On Education»] – Astana, 2007.
- 2 Qyzylorda oblysynyn osimdikter alemi. [Flora of Kyzylorda Region] – Qyzylorda : Qorqyt Ata atyndagy Qyzylorda universiteti baspasy, 2017.
- 3 **Alimqulova, R.A., Tartenov, M.A.** Osimdik – tabigat qazynasy. [Plant as a Natural Resource] – Almaty : Qainar, 1984. – 132 p.
- 4 **Aidarbaeva, D.K.** Qazaqstannyn ontustigi men shygysynda osimdik qorlarynyn qazirgi jagdaiy: dissertaciya avtoreferaty. [Current State of Plant Resources in Southern and Eastern Kazakhstan] – Almaty, 2010. – 51 p.
- 5 **Mukhitdinov, N.M.** Qazaqstan bioresurstar. [Biological Resources of Kazakhstan] – Almaty : Qazaq universiteti baspasy, 2009. – 296 p.
- 6 Flora Kazakhstana. [Flora of Kazakhstan]– Alma-Ata : Izdatelstvo Akademii nauk KazSSR, 1956–1966. – Vol. 1–9.
- 7 Plantarium: Open online atlas and key to plants and lichens of Russia and neighboring countries [Electronic resource]. – Available at: <https://plantarium.ru>
- 8 Syr eli. Qyzylorda oblysy entsiklopediyasy. [Syr Region. Encyclopedia of Kyzylorda Region] – Almaty, 2005. – 544 p.
- 9 Qyzylorda oblysynyn geografiyasy. [Geography of Kyzylorda Region] – Qyzylorda, 2013.
- 10 **Odum, E. P.** Fundamentals of Ecology. – Philadelphia : Saunders, 1971.
- 11 **Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E.** Biology of Plants. – New York: W.H. Freeman, 2013.
- 12 **Begon, M., Townsend, C., Harper, J.** Ecology: From Individuals to Ecosystems. – Oxford: Blackwell Publishing, 2006.
- 13 **Krebs, C. J.** Ecology : The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. – San Francisco : Pearson, 2009.
- 14 **Ricklefs, R. E.** The Economy of Nature. – New York: W.H. Freeman, 2008.

16.03.26 ж. баспаға түсті.

12.05.26 ж. түзетулерімен түсті.

22.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

\*A. A. Zharylkasyn<sup>1</sup>, S. Zh. Ibadullayeva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Korkyt Ata Kyzylorda University,  
Republic of Kazakhstan, Kyzylorda.

Received 16.03.26.

Received in revised form 12.05.26.

Accepted for publication 22.05.26.

### THE EFFECTIVENESS OF TEACHING LOCAL HISTORY MATERIAL THROUGH DIGITAL RESOURCES IN THE DISCIPLINE «FUNDAMENTALS OF BIODIVERSITY»

*This article examines using regional floristic materials and digital educational resources in laboratory classes of the discipline “Fundamentals of Biodiversity.” In the context of modernization of the education system and the introduction of digital technologies, it is important to apply methodological approaches in biology teaching that connect theoretical knowledge with the characteristics of the natural environment. In traditional teaching practice, the study of plants is often limited to theoretical materials, which reduces students.*

*The study considers integrating regional components and digital resources into laboratory classes. Through virtual laboratories, interactive platforms, and digital plant databases, the opportunity to study the flora of the Kyzylorda region regardless of seasonal conditions was demonstrated. The methodological model was tested during pedagogical practice among biology students. A total of 105 students participated in the study.*

*The results of questionnaires, sociometric analysis, and pedagogical observation showed that the use of regional materials together with digital technologies increases learning motivation, improves theoretical knowledge, and contributes to the development of research skills. In addition, results demonstrated the effectiveness of introducing regional components and digital educational resources into biology teaching.*

*Keywords: Regional flora, laboratory classes, digital education, regional component, biological education.*

\*A. A. Жарылқасын<sup>1</sup>, С. Ж. Ибадуллаева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Қызылординский Университет имени Коркыт Ата,

Республика Казахстан, г. Кызылорда.

Поступило в редакцию 16.03.26.

Поступило с исправлениями 12.05.26.

Принято в печать 22.05.26.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПОДАВАНИЯ КРАЕВЕДЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ЧЕРЕЗ ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ В ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ БИОРАЗНООБРАЗИЯ»

*В данной статье рассматривается использование региональных флористических материалов и цифровых образовательных ресурсов в лабораторных занятиях по дисциплине «Основы биоразнообразия». В условиях модернизации образования и внедрения цифровых технологий важным является применение методических подходов, связывающих теоретические знания с природными особенностями конкретного региона. В традиционной практике изучение растений часто ограничивается теоретическим материалом, что снижает познавательную активность студентов и затрудняет развитие исследовательских навыков.*

*В исследовании рассматривается интеграция регионального компонента и цифровых ресурсов в лабораторные занятия. Использование виртуальных лабораторий, интерактивных платформ и баз данных растений позволяет изучать флору Кызылординской области независимо от сезонных условий. Методическая модель была апробирована среди студентов биологических специальностей. В исследовании приняли участие 105 студентов.*

*Результаты анкетирования, социометрического анализа и педагогического наблюдения показали, что использование региональных материалов вместе с цифровыми технологиями повышает учебную мотивацию, улучшает понимание теоретического материала и способствует развитию исследовательских навыков. Кроме того, результаты подтвердили эффективность внедрения регионального компонента и цифровых образовательных ресурсов в преподавание биологии в образовательном процессе вуза.*

*Ключевые слова: Региональная флора, лабораторные занятия, цифровое образование, региональный компонент, биологическое образование.*

FTAMP 65.63.39

<https://doi.org/10.48081/BGQF2102>\***О. Н. Мусина<sup>1</sup>, Н. И. Бондаренко<sup>2</sup>, Д. А. Усатюк<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup>«Сібір ірімшік жасау ғылыми – зерттеу институты»

Ресей Федерациясы, Алтай өңірі, Баранаул қ.

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136><sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9045-6834><sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7852-1680>\*e-mail: [bni-22@mail.ru](mailto:bni-22@mail.ru)

## СІБІР ІРІМШІК ЖАСАУ ҒЫЛЫМИ – ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫНЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

*Осы мақалада «Сібір ірімшік жасау ғылыми – зерттеу институты» ғылыми – қолданбалы технологиялық әзірлемелер зертханасының инновациялық технологияларын құру бойынша жүргізілген ҒЗЖ нәтижелері көрсетілді.*

*«Сібір ірімшік жасау ғылыми – зерттеу институтының» ғалымдары мен мамандарының сүтті өңдеудің тиімділігін арттыру, техника мен технологияның, биохимия мен микробиологияның жаңа заманауи жетістіктері негізінде табиғи ірімшік пен басқа да қауіпсіз өнімдердің жаңа түрлерінің технологияларын жасау бойынша ҒЗЖ шеңберінде құрылған әзірлемелері ұсынылған.*

*«Сібір ірімшік жасау ғылыми-зерттеу институты» 60 жылдан астам уақыт бойы Ресей Федерациясының Алтай өлкесінің сүт өнеркәсібі секторында өзінің ғылыми қызметін сәтті жүзеге асырып келеді.*

*Осы кезеңде ірімшік жасау ҒЗИ ғалымдары жүздеген іргелі және қолданбалы жұмыстарды орындады, сүт өнімдерінің ондаған жаңа технологияларын, инновациялық технологиялық жабдықтар мен ірімшік жасауға арналған технологиялық желілердің жекелеген үлгілерін әзірледі және өндіріске енгізді, ірімшіктер мен ашытылған сүт өнімдерін өндіру тәсілдеріне жүзден астам өнертабыстар патенттелді. Ресейде кеңінен танымал табиғи ірімшік пен ірімшік өнімдерінің инновациялық технологиялары жасалды. Ірімшіктердің көптеген басқа танымал*

*түрлерінің технологиялары әзірленді және жетілдірілді: нақты жартылай қатты, жұмсақ, тұзды, чеддеризацияланған ірімшіктер, ірімшік массасын термомеханикалық өңдеу, деликатес түрлері, термоқышқыл, балқытылған, сондай-ақ ірімшік пен альбумин пасталары, йогурттар мен сүтқышқылды сусындары.*

*Кілтті сөздер: сыыр сүті, ешкі сүті, жұмсақ ірімшіктер, ашытқылар, мәйекті ферменттер, бұғы мүйізінің гидролизаты.*

### **Кіріспе**

Сібір ірімшік жасау ғылыми-зерттеу институты 1958 жылы Бүкілодақтық май және ірімшік өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институтының Алтай филиалы ретінде құрылды.

Филиалдың негізгі ғылыми бағыттарының бірі – ол екінші қыздырудың жоғары температурасында ірімшік өндірісін дамыту және жетілдіру болып табылды. Институтта сүт өнімдерін және сүттегі күрделі биологиялық объектілерді зерттеу әдістері әзірленді, ҒЗИ ірімшік ашытқысы үшін сүт қышқылы және пропион қышқылы микроорганизмдерін, ірімшіктерге арналған ферменттерден препараттардың құрамын, сүтті бактофугалау режимдерін, ірімшіктерді престау және тұздау параметрлерін, олардың пісуін таңдау принциптеріне ғылыми негіздеме берді; чеддаризациямен, балқытумен және оның пісуімен ірімшіктің жаңа түрлерін дайындау технологиялары, екінші қыздырудың жоғары температурасында ірімшік жасау әдістері, блоктардағы ірімшіктер, сондай - ақ фунгицидтік композициялардың жаңа композициялары, қорғаныс жабыны және т. б.

Сібір ірімшік жасау ғылыми – зерттеу институты сүтті қайта өңдеудің тиімділігін арттыру, техника мен технологияның, биохимия мен микробиологияның жаңа заманауи жетістіктері негізінде табиғи ірімшік пен басқа да қауіпсіз өнімдердің жаңа түрлерінің технологияларын жасау жөніндегі ғылыми – зерттеу жұмысы шеңберінде үнемі ғылымды қажетсінетін жаңа өнім алу бойынша жұмыс істейді және деректердегі жоғары нәтижелер мен жетістіктермен мақтана алады облыстардың

Қазіргі уақытта «Сібір ірімшігі ғылыми – зерттеу институтының қызметкерлері бірнеше бағытта жұмыс істейді:

- жаңа рекомбинантты химозиндердің ірімшік жасау үшін маңызды қасиеттерін зерттеу;
- сүтті ұю ферменттерін үнемдеуге мүмкіндік беретін сүтті ұюдың барлық сатысында сүт гельдерінің реологиялық сипаттамаларын зерттеу;
- емдік-профилактикалық бағыттағы табиғи ірімшік және басқа да сүт өнімдерін өндірудің жаңа биотехнологияларын әзірлеу. [1]

Бүгінгі күнге дейін сыыр сүтінен басқа да сүт түрлерін (мысалы ешкі сүті) өңдеу және сүттің құрамындағы пайдалы заттарының негізінде функционалды сүт өнімдерін, әсіресе ашытылған сусындар мен жұмсақ ірімшіктерді әзірлеу өте өзекті болып қала береді.

Әр түрлі малдың сүтіне қарағанда ешкі сүті, сүт өңдеу өндірісінің шамамен 2,4 % құрайды. Польша елі ешкі сүті бойынша жетекші жеткізушісі болмаса да, оның жылдық өндірісі 45 миллион литрге бағаланады. Алайда ешкі сүт өнімдерінің нарығы серпінді өсуді жалғастыруда және жыл сайын жаңа өнімдер пайда болады, әсіресе жұмсақ ірімшік өндірісінде [2].

Шамамен 85 % ешкі сүті табиғи мәйекті ірімшіктің әртүрлі түрлеріне өңделеді. Ешкі ірімшіктері көптеген елдер мен аймақтар, бірақ ешкі ірімшіктерінің ең үлкен таңдауын осы елдер аймағында табуға болады. Ешкі сүті негізінде өндірілетін жаңа түрлі ірімшіктерден (60 %) негізінен Францияда шығарылады; содан кейін АҚШ-та өндірілетін жартылай қатты ірімшіктер (30 %) құрайды. Нидерланды, Италия және Греция (грек фета ірімшігі - бұл ең танымал ірімшіктің түрі); сондай-ақ Францияда, Испанияда және Нидерландыда өндірілетін ешкі сүзбесі (10 %) құрайды [3].

Еуропада ешкі сүтінен жасалған сүт өнімдері аймақтық болып саналады және дәстүрлі азық-түлік ретінде қолданылады [4].

### **Материалдар мен әдістері**

Зерттеу материалдары: сыыр сүті, ешкі сүті, ешкі мен сыыр сүтінің қоспасы, әртүрлі ірімшіктерге арналған ашытқылар мен ферменттер, әртүрлі қоспалар (бұғы мүйізінің гидролизаттары, жеміс-жидек және көкөніс толтырғыштары) және ас тұзы.

МЕМСТ 31449-2013 Шикі сыыр сүті. Техникалық шарттар [5]

МЕМСТ 32940-2014 Шикі ешкі сүті. Техникалық шарттар [6]

Ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау барысында сүт шикізатының физика-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштеріне және аралас жұмсақ ірімшіктердің тәжірибелік үлгілеріне зерттеулер жүргізілді. Зерттеулер дәстүрлі стандарттары әдістер бойынша жүргізілді.

### **Нәтижелер және талқылау**

Соңғы жылдары Сібір ірімшік жасау ғылыми – зерттеу институттың қызметкерлері жұмсақ ірімшіктердің бірнеше жаңа инновациялық технологияларын жасады.

Мысалы, сыыр мен ешкі сүтінің қоспасынан жасалған «Ақ қайың» жұмсақ ірімшігі, майдың массасы 45 % құрайды (1-сурет).



1-сурет – Сиыр мен ешкі сүтінің қоспасынан жасалған «Ақ қайың» жұмсақ ірімшігі

Инновациялық технологияның ерекшелігі - сүттің екі түрін біріктіру және термостаттау процесін қолдану. Ешкі сүтінен жасалған ірімшіктер немесе оның қосылуы ешкі сүтіндегі май қышқылдарының жоғары концентрациясына байланысты сиыр сүтінен ерекшеленетіні белгілі.

Бұл ірімшікті өндіруде қолданылатын бактериялық ашытқы құрамында мезофильді сүт қышқылы микроорганизмдері болуы керек – Lc міндетті түрде қосылатын екінші қыздыру температурасы төмен ірімшіктерге арналған лактококктар мен лейконостоктар. *stomat* және термофильді сүт қышқылы стрептококк [7].

Бұл технологияны құру кезінде сиыр сүтімен араласқан ешкі сүтінің үлесінің технологиялық процесі барысында белсенді қышқылдық көрсеткішіне, ірімшік ылғалының шығуына, массалық үлесіне және басқа көрсеткіштерге әсерін зерттеу бойынша зерттеулер жүргізілді. Өзірленген технология фермерлік ірімшік зауыттарында ірімшіктің бұл түрін алуға мүмкіндік береді, ол ерекше дәмді ірімшік дәмі мен ешкі сүтінің жағымды хош иісімен ерекшеленеді.

Сиыр мен ешкі сүтінің қоспасынан жасалған «Ақ қайың» жұмсақ ірімшігі технологиясы бекітілген тәртіппен НТҚ (ТШ және ТН) 10.51.40-092-71220805-2021) жиынтығында баяндалған [8].

Сондай-ақ, зертхана қызметкерлері құрғақ заттағы майдың массалық үлесі 45 және 50 % болатын бұғы шаруашылығы шикізатымен байытылған «Красимир» жұмсақ ірімшігінің инновациялық технологиясын әзірледі (2-сурет).



2-сурет – «Красимир» жұмсақ ірімшігі

«Красимир» ірімшігін жасау кезінде «Бүкілресейлік бұғы шаруашылығы ғылыми – зерттеу институтында» өндірілген гидролизаттар түріндегі бұғы шаруашылығы өнімдері – панта, ет және сіңірлер байытатын қоспа ретінде пайдаланылды.

Бұғы шаруашылығы (марал шаруашылығы) – Ресейдегі ауыл шаруашылығының бірегей салаларының бірі. Ресей Федерациясының 20-ға жуық аймағы бұғы, бұғы және марал шаруашылығымен айналысады.

Соңғы онжылдықта марал шаруашылығын дамыту бойынша елдегі көшбасшылар: Алтай Республикасы – маралдардың шамамен 70 %-ы, Алтай өлкесі – 25 %-дан астамы [9].

Бұғы шаруашылығының өнімдері бар жұмсақ ірімшіктің жаңа түрінің әзірленген технологиясында зертхананың ғылыми қызметкерлері арысудың құрғақ заттарын барынша пайдалануға мүмкіндік беретін осындай технологиялық режимдерді қолдану туралы шешім қабылдады. Сарысуы жоғары ақуызы бар жаңа аралас жұмсақ ірімшік жасау технологиясы жоғары температура мен органикалық қышқылдандырғышты кешенді пайдалануға негізделген. Өзірленген ірімшік технологиясына функционалды қоспалар ретінде Пант гидролизаттарын қосу ірімшік камырының біртекті консистенциясын алуға, ірімшіктегі ақуыздың массалық үлесін арттыруға, дайын өнімнің органолептикалық көрсеткіштерін әртараптандыруға мүмкіндік берді. In vivo тәжірибелерінде жұмсақ ірімшіктердің, сіңір және марал етінің гидролизаттары бар сергітетін әсері дәлелденді.

«Красимир» ірімшігінің технологиясы белгіленген тәртіппен бекітілген НТҚ (ТШ және ТН) 10.51.40-092-71220805-2021) жиынтығында баяндалған және ірімшік өңдеу кәсіпорнының өндірістік жағдайында сыналды.

Құрғақ заттағы майдың массалық үлесі 50 % болатын жеміс – жидек толтырғыштары бар «Беррис» ірімшігі шығарылды. Ірімшіктің бұл түрі қышқылдықты реттегішті қолдана отырып және жеміс – жидек толтырғыштарын қосып, қалыпқа келтірілген пастерленген сиыр сүтінен немесе сиыр мен ешкі сүтінің қоспасынан жасалады.

Жеміс-жидек толтырғыштары көбінесе ашытылған сүт өнімдерінің бүкіл класын өндіруде қолданылады. Өндірілген йогурт түрлерінің ассортименті үнемі өсіп келеді (жемістер, сұлы, бидай кебегі, зығыр тұқымы, дәмдеуіштер, жаңғақтар, бал) [10]

Алайда, ірімшік технологиясында өндірістік масштабта жеміс-жидек толтырғыштары сирек қолданылады. Ғылыми-қолданбалы технологиялық әзірлемелер зертханасы жұмсақ ірімшік технологиясында сүт және жеміс – жидек шикізатын біріктіру мүмкіндігін зерттеу бойынша ауқымды зерттеулер жүргізді. Аралас ірімшік технологиясын әзірлеудегі негізгі міндет толтырғыштарды енгізудің технологиялық кезеңін анықтау болды. Коагуляцияның екі түрі де зерттелді: мэйек қышқылы және термоқышқыл.

Жеміс – жидек шикізатының сүт қоспасы мен органикалық қышқыл ерітіндісімен бірге қышқылданған кезде, сондай – ақ олардың дұрыс қатынасы болған кезде, өсімдік ингредиентінің қышқылдығына байланысты максималды өнімділігі бар жұмсақ ірімшік, сарысуы бар құрғақ заттардың минималды шығыны және түпнұсқа органолептикалық көрсеткіштер алуға болатындығы анықталды.

«Беррис» ірімшігі технологиясы белгіленген тәртіппен бекітілген НТҚ (ТШ және ТН) 10.51.40 – 092 – 71220805 – 2021) жиынтығында баяндалған, ірімшік өңдеу кәсіпорнының өндірістік жағдайында сыналды.

Құрғақ заттағы майдың массалық үлесі 55, 60, 70 % болатын «Драгомир» жұмсақ ашытылған сүтқышқылды ірімшігі өңделді (3-сурет). Әзірленген технология бактериялық стартердің органикалық қышқылының көмегімен қалыпқа келтірілген сүттің аралас қышқылдануын қолдануды қамтиды. Аралас қышқылдану сүт қоспасының коагуляциясы мен іркітті түзілу процесін қысқартуға мүмкіндік берді. Таңдалған технологиялық параметрлер деректердің өндірістен өндіріске тұрақтылығымен сипатталатын қажетті физика – химиялық көрсеткіштері бар дайын өнімнің керемет органолептикалық көрсеткіштерін алуға мүмкіндік береді.



3-сурет – «Драгомир» жұмсақ сүтқышқылды ірімшігінің өңдеу процесі

Біріктірілген қышқылдануы бар жаңа «Драгомир» сүтқышқылды ірімшігінің ұсынылған технологиясы крем тәрізді консистенциясы мен қышқыл – кілегейлі дәмі бар жұмсақ ірімшік алуға ықпал етеді, бактериялды ашытқы дозасын азайтуға, сүт қышқылының оңтайлы процесін қамтамасыз етуге және қышқыл-бүйрек ұйығышын алу ұзақтығын қысқартуға, жұмсақ ірімшіктердің ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді. «Драгомир» ірімшігінің технологиясы ААФГО-012-2022 мекеме стандарты жүзінде көрсетілген.

Сонымен қатар, ғылыми – қолданбалы технологиялық әзірлемелер зертханасының қызметкерлері ашытылған сүт сусындарының инновациялық технологияларын жасады. Майдың массалық үлесі 3,0 - дан 5,0 % - ға дейінгі тұтас сиыр сүтінен өндірілетін бұғы шаруашылығы өнімдерінің биосубстанцияларын қоса отырып, «Биознич» сүтқышқылды сусыны әзірленді (4-сурет).



4-сурет – Бұғы шаруашылығы өнімдерінің биосубстанцияларын қоса отырып, «Биознич» сүтқышқылды сусыны әзірленуде

Көп сатылы экстракция режимдерін, ферменттерді, ультрадыбыстық және жоғары температуралық өңдеуді қолдана отырып, бұғы мүйіз биосубстанцияларын алу технологиясын «Бүкілресейлік бұғы шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының» қызметкерлері «Федералды Алтай агротехнология ғылыми орталығы» ұсынған бірқатар технологиялық аспектілер № 271113 «Алкогольсіз сусындар мен тамақ өнімдеріне арналған ингредиенттер құрамы» өнертабысына патентте корсетілген. Өнімдердің нарықта аналогтары жоқ: әдебиетте ашытылған сүт сусындарын бұғы шикізатымен біріктіру туралы айтылады ескірген технологияны қолдануды қарастырады.

Бұғы шаруашылығы, пробиотикалық микрофлора және табиғи антиоксидант (дигидрохверцитин) өнімдерінің биосубстанцияларын пайдалана отырып, «Биознич» ашытылған сүтқышқылды сусынын өндірудің ресурс үнемдеуші биотехнологиясы белгіленген тәртіппен бекітілген НТҚ (ТШ және ТН) 10.51.40-092-71220805-2021) жиынтығында баяндалған, екі сүт өңдеу кәсіпорнының өндірістік жағдайында сыналды. In vivo тәжірибелері ашыған сүтті сусынның сергітетін әсерін көрсетеді.

Зертхана қызметкерлері сондай-ақ жеміс-жидек толтырғышының концентраттары мен бұғы шаруашылығының шикізатын қоса отырып, майлылығы 3,5 – 4,5 %-дан басталатын «Фермерский» йогурттың инновациялық технологиясын әзірледі. ФАНЦА - 011-2022 жүз ФГБНУ-дағы «Фермерский» йогурт технологиясы фермерлік кәсіпорынның өндірістік жағдайында сыналды.

Сүт және сүт өнімдерінің биохимиясы зертханасында «Ирбис» қатты ірімшігінің (ТШ және ТН) өндірудің инновациялық технологиясы әзірленді 10.51.40-093-71220805-2021) протеолитикалық және липолитикалық ферменттік препараттардың құрамын пайдалана отырып өндіріледі. Технология ірімшіктің пісіп жетілудің мерзімін қысқартуға, липолиз бен протеолиз деңгейін бақылауға, ірімшік өндірісінің тиімділігін арттыруға және отандық қатты ірімшіктердің ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді. Жасалған технология Алтай тау бөктеріндегі ірімшік кәсіпорнының өндірістік жағдайында сыналды.

#### Қорытынды

«Сібір ірімшік жасау ғылыми-зерттеу институты» сүт өңдеу және ірімшік өндіру кәсіпорындарының өтінімдері бойынша ірімшіктердің эксклюзивті түрлерінің технологияларын үнемі әзірлейді.

Қазіргі уақытта «НоРеСа» сегментінде одан әрі кеңінен қолдану мүмкіндігін қамтамасыз ету мақсатында ірімшік массасын қалыптаудан

кейін арнайы өңдеумен, бөлшек пісумен жартылай қатты ірімшіктің жаңа түрінің технологиясын жасау бойынша зерттеулер жүргізілуде.

Ірімшіктердің тобы құрылды, олардың технологиясы ірімшіктің сапасын жақсарту және пісуін жеделдету мәселесін шешуге мүмкіндік берді: блокты ірімшіктер, қабаттан және үйіндіден пайда болған ірімшіктер; қысқа мерзімде жетілетін ірімшіктер; жетілмеген жұмсақ ірімшіктер.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 [Электронды ресурс]. – <https://altniish.ru/otdel-sibirskiy-nauchno-issledovatel'skiy-institut-syrodeliya>

2 **Michinski, J.** Caprae poloniae fetura moderna sententia evolutionis occasiones est. [Polish goat breeding - a modern view of development opportunities]. Proceedings of the conference of goat breeders, Olsztyn, 2024.

3 **Prosser, C.** Compositiones et functiones notae lactis caprini et congruentiae sicut basis formulae infantium [Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula]. J. Food Sci. 2021, 86, 257–265.

4 **Barlovska, J., Shepherdess, R., Rysyak, A., Krol, J., Brodziak, A., Kendzerskaya-Matisek, M., Volanchuk, A., Litvinchuk, Z.** Proprietates Physico-chemicae et organolepticae casei caprini et earum compositio acidum pingue secundum regionem geographic amproductionis [Physico-chemical and organoleptic properties of goat cheeses and their fatty acid composition depending on the geographical region of production]. Int. J. Dairy Technologies, 2018, 71, 699–708

5 ГОСТ 31449-2013 Молоко коровье сырое. Технические условия

6 ГОСТ 32940-2014 Молоко козье сырое. Технические условия

7 **Алексеева, Н. В.** Разработка технологии производства мягкого сыра из козьего молока с пребиотиками /Алексеева Н.В., Нурходжаева Б.С., Джанмулдаева А.К., Мамаева Л.А.//Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 2-2. С. 155–159;

8 **Межов, С. И.** Рынок пантового оленеводства : анализ и тенденции / Межов С.И А.Ю. Тарасова, Е.В. Рудой, Т.А. Афанасьева, Д.М. Слобожанин – Международный сельскохозяйственный журнал - № 2 (368) – 2019

9 **Глотко, А. В., Ершова Л. В.** Состояние и перспективы развития пантового мараловодства в Республике Алтай /Глотко А.В., Ершова Л.В. // Экономика Профессия Бизнес. 2018. № 3. С. 58–63

10 **Мусина, О. Н.** Поликомпонентные продукты на основе сочетания молочного и зернового сырья : монография /О.Н. Мусина, Б. С. Туганова – Павлодар: 2023. – 240 с.

## REFERENCES

1 [Electronic resouse] <https://altniish.ru/otdel-sibirskiy-nauchno-issledovatel'skiy-institut-syrodeliya>

2 **Michinski, J.** Caprae poloniae fetura moderna sententia evolutionis occasiones est. [Polish goat breeding – a modern view of development opportunities]. Proceedings of the conference of goat breeders, Olsztyn, 2024.

3 **Prosser, C.** Compositiones et functiones notae lactis caprini et congruentiae sicut basis formulae infantium [Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula]. J. Food Sci. 2021, 86, 257–265.

4 **Barlovska, J., Shepherdess, R., Rysyak, A., Krol, J., Brodziak, A., Kendzerskaya-Matisek, M., Volanchuk, A., Litvinchuk, Z.** Proprietates Physico-chemicae et organolepticae casei caprini et earum compositio acidum pingue secundum regionem geographic amproductionis [Physico-chemical and organoleptic properties of goat cheeses and their fatty acid composition depending on the geographical region of production]. Int. J. Dairy Technologies, 2018, 71, 699–708

5 GOST 31449-2013 Raw cow's milk. Technical specifications

6 GOST 32940-2014 Raw goat's milk. Technical specifications

7 **Alekseeva, N. V.** Development of technology for the production of soft cheese from goat's milk with prebiotics /Alekseeva N. V., Nurkhodzhayeva B. S., Dzhanmuldayeva A. K., Mamayeva L. A.//International Journal of Applied and Fundamental Research. 2017. No. 2-2. pp. 155–159

8 **Mezhov, S.** And the antler reindeer market: analysis and trends / Mezhov, S. And A. Y. Tarasova, E. V. Rudoy, T. A. Afanasyeva, D. M. Slobozhanin – International Agricultural Journal - No. 2 (368) – 2019

9 **Glotko, A. V., Yershova L. V.** The state and prospects of antler maral breeding in the Altai Republic / Glotko A. V., Yershova L. V. // Economics Is a Business profession. 2018. No. 3. pp. 58–63

10 **Musina, O. N.** Polycomponent products based on a combination of dairy and grain raw materials: a monograph /O.N. Musina, B. S. Tuganova – Pavlodar : 2023. – 240 p.

17.04.26 ж. баспаға түсті.

17.04.26 ж. түзетулерімен түсті.

10.06.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

\***О. Н. Мусина<sup>1</sup>, Н. И. Бондаренко<sup>2</sup>, Д. А. Усатюк<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>«Сибирский научно – исследовательский институт сыроделия»

Федеральный Алтайский научный центр агротехнологий»

Российская Федерация, Алтай край, г. Барнаул.

Поступило в редакцию 17.04.26.

Поступило с исправлениями 17.04.26.

Принято в печать 10.06.26.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СИБИРСКОГО НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА СЫРОДЕЛИЯ

*В статье представлены разработки ученых и специалистов «Сибирского научно – исследовательского института сыроделия», созданные в рамках НИИР по повышению эффективности переработки молока, созданию технологий новых видов натуральных сычужных сыров и другой безопасной продукции на основе новых современных достижений техники и технологии, биохимии и микробиологии.*

*«Сибирский научно – исследовательский институт сыроделия» вот уже более 60 лет успешно осуществляет свою научную деятельность в секторе сыроделия молочной отрасли Алтайского края Российской Федерации. За этот период учеными НИИ сыроделия выполнены сотни фундаментальных и прикладных работ, разработаны и внедрены в производство десятки новых технологий молочных продуктов, единичные образцы инновационного технологического оборудования и технологических линий для сыроделия, запатентовано более сотни изобретений на способы производства сыров и кисломолочных продуктов.*

*Разработаны инновационные технологии натуральных сычужных сыров и сырных продуктов, широко известных в России. Гордость Сибирского НИИ сыроделия – элитные сыры с высокой температурой второго нагревания «Советский», «Швейцарский блочный», «Горный», «Бийский». Также были разработаны и усовершенствованы технологии многих других популярных видов сыров: полутвердых, мягких, рассольных, сыры с чеддеризацией, термомеханической обработкой сырной массы, деликатесных, термокислотных, плавленых, а также сырных и альбуминных паст, йогуртов и кисломолочных напитков.*

*Ключевые слова: коровье молоко, козье молоко, мягкие сыры, закваски, сычужные ферменты, пантовые гидролизаты*

\*O. Musina<sup>1</sup>, N. Bondarenko<sup>2</sup>, D. Usatiuk<sup>3</sup><sup>1,2,3</sup>Siberian Scientific Research Institute of Cheese Production Federal State Budgetary Institution «Federal Altai Scientific Center of Agricultural Technologies» of the Russian Federation, Altai Krai, Barnaul.

Received 17.04.26.

Received in revised form 17.04.26.

Accepted for publication 10.06.26.

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF THE SIBERIAN RESEARCH INSTITUTE OF CHEESE PRODUCTION**

*The article presents the developments of scientists and specialists of the Siberian Scientific Research Institute of Cheese Production, created as part of research to improve the efficiency of milk processing, create technologies for new types of natural rennet cheeses and other safe products based on new modern advances in engineering and technology, biochemistry and microbiology. The Siberian Scientific Research Institute of Cheese Production has been successfully carrying out its scientific activities in the cheese production sector of the dairy industry of the Altai Territory of the Russian Federation for more than 60 years. During this period, the scientists of the Cheese-Making Research Institute performed hundreds of fundamental and applied works, developed and introduced dozens of new technologies for dairy products, single samples of innovative technological equipment and production lines for cheese-making, patented more than a hundred inventions for the production of cheeses and fermented dairy products. Innovative technologies of natural rennet cheeses and cheese products, widely known in Russia, have been developed. The pride of the Siberian Research Institute of Cheese-making are elite cheeses with a high temperature of the second heating "Soviet", "Shvetsarsky block", "Mountain", "Biysk". Technologies of many other popular types of cheeses have also been developed and improved: semi-hard, soft, pickled, cheddar cheeses, thermomechanical processing of cheese mass, delicatessen, thermionic acid, processed, as well as cheese and albumin pastes, yoghurts and fermented milk drinks.*

*Keywords: cow's milk, goat's milk, soft cheeses, starters, enzymes, path hydrolysates.*

SRSTI 34.33.19

<https://doi.org/10.48081/BGQF2103>**E. Koppayev<sup>1</sup>, \*A. V. Osipova<sup>2</sup>, R. M. Ualiyeva<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup>Toraighyrov university, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0476-9017><sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3947-5252><sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3551-5007>\*e-mail: [aanastasiyaaa@internet.ru](mailto:aanastasiyaaa@internet.ru)**HYPERSPECTRAL ANALYSIS OF MAJOR PESTS OF SPRING WHEAT IN NORTHEASTERN KAZAKHSTAN**

*Using hyperspectral imaging, the spectral characteristics of the main spring wheat pests of northeastern Kazakhstan were studied for the first time: Anisoplia austriaca, Anisoplia agricola, Phorbia fumigata, Trigonotylus ruficornis, Phyllotreta vittula, and Haplothrips tritici. Spectral analysis demonstrates how insects reflect, transmit, and absorb light. The studied insects exhibit spectral responses within the 500–800 nm wavelength range. Higher reflectance coefficients are observed in lighter and smoother body regions, such as the elytra and body of Anisoplia spp., the transparent wings of Phorbia fumigata, and the longitudinal stripes on the elytra of Phyllotreta vittula and on the body of Haplothrips tritici. These lighter structures produce noticeable reflectance in the near-infrared region. Dark body regions containing higher concentrations of melanin absorb more light than they reflect, resulting in lower reflectance coefficients. These include the legs, head, scutellum, pronotum, thorax, and abdomen. Reduced spectral intensity is also associated with rough surface texture, the presence of hairs, and the orientation of the specimen relative to the light source during imaging. The highest near-infrared reflectance is observed in Phorbia fumigata due to the reflective properties of the wings, in Trigonotylus ruficornis due to its light body coloration, and in Haplothrips tritici due to reflection from both wings and yellow stripes. Lower reflectance is recorded in Anisoplia austriaca and Anisoplia agricola, with slightly higher values in Anisoplia austriaca because of the absence of dark pigment spots on the elytra. The obtained data contribute to expanding the understanding of hyperspectral imaging as a method for insect identification and early detection of harmful entomofauna in crop fields. The results also provide a foundation for further*

*insect classification and practical application of hyperspectral technologies in agriculture and related fields.*

*Keywords: hyperspectral imaging, pests, wheat entomofauna, phytophagous insects, spectra.*

### Introduction

Wheat (*Triticum*) is a key food grain crop of the Republic of Kazakhstan. Wheat diseases cause significant economic losses in agriculture. More than 25 % of the potential yield of food crops worldwide is lost annually due to plant diseases and pest damage. The yield of spring wheat decreases by up to 23.2 % during periods of pest reproduction and by 40–60 % during plant disease epidemics. The dominant pests of wheat crops in northeastern Kazakhstan include *Haplothrips tritici*, *Chaetocnema hortensis*, *Phyllotreta vittula*, *Trigonotylus ruficornis*, and *Psammotettix striatus* [1]. Early detection and identification of pests are possible using hyperspectral technologies. Hyperspectral imaging enables the detection of harmful insects at early stages of field infestation, optimization of pesticide use, reduction of production costs, improvement of identification accuracy, reduction of labor time, increased yield, and enhancement of national food security.

Hyperspectral imaging represents a remote sensing approach for data analysis that significantly broadens the analytical potential of multispectral imaging techniques [2]. This method simultaneously records spectral and spatial information and combines them into a three-dimensional dataset referred to as a hyperspectral cube [3], which forms the basis for generating hyperspectral images. In contrast to standard RGB imagery, hyperspectral images consist of numerous narrow monochromatic spectral bands that reveal subtle external characteristics of objects, allowing samples to be classified according to these spectral features [4].

The processing of hyperspectral data involves several stages, including image acquisition, preprocessing, extraction of relevant information, and subsequent modeling and analysis. Statistical and machine-learning techniques such as principal component analysis (PCA), clustering, and regression are widely applied to detect regions of interest (ROI) and to optimize datasets for further interpretation.

Hyperspectral imaging has been increasingly used for quality monitoring of fresh-cut products during storage and processing. Such products are highly susceptible to rapid degradation caused by oxidation, moisture loss, and nutrient breakdown. This technology allows the detection of changes in color, surface texture, and structural defects, as well as the monitoring of pathogenic microorganisms including *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* [5], along with viruses and fungal pathogens [6]. Previous studies have demonstrated its effectiveness in distinguishing plant pathogens on sugar beet leaves [7], tomatoes

[8], wheat [9], and barley [10], as well as in the early diagnosis of fungal diseases in maize [11], yellow rust [12], and common root rot of wheat [13].

Beyond plant disease detection, hyperspectral imaging is also applicable in agricultural entomology, particularly for the identification of crop pests. The technique enables differentiation between morphologically similar insect species, facilitates investigations of insect morphology, and supports field monitoring aimed at detecting pest-infested crops. Near-infrared hyperspectral imaging (NIR-HSI) has proven to be a reliable method both for species discrimination (for example, *Tetramorium caespitum* and *Tetramorium impurum* [14]) and for the rapid assessment of pest infestation levels in crops, including the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) [15]. Additionally, hyperspectral methods have been used to monitor the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) on cotton plants [16]. Reflectance in the near-infrared region is commonly observed in insects with white, red, orange, or yellow coloration, and it has also been reported for certain green insects such as *Ancylecha fenestrata* and *Stipnochlora coulouiana*, as well as the walking leaf insect *Phyllium celebicum*. In contrast, near-infrared reflectance is absent in the metallic green wings of the butterfly *Troides priamus* and in the elytra of *Chrysaspis aurovittata* [17].

For the broader implementation of hyperspectral imaging in agriculture, particularly for pest identification and evaluation of infestation levels, additional information on the spectral properties of insect fauna and on the technological capabilities of hyperspectral systems is required. Accurate insect identification relies on the analysis of spectral signatures that reflect unique optical characteristics, including wavelength-specific light absorption and reflection, which makes it possible to distinguish even closely related species. Accordingly, the objective of this study was to analyze the spectral features of the principal pests of spring wheat in northeastern Kazakhstan using hyperspectral imaging in order to support their identification and to evaluate the degree of crop infestation. The dominant phytophagous species selected for investigation included *Anisoplia austriaca*, *Anisoplia agricola*, *Phorbia fumigata*, *Trigonotylus ruficornis*, *Phyllotreta vittula*, and *Haplothrips tritici*.

### Materials and methods

Phytophagous insects associated with spring wheat were collected throughout the vegetation period in the principal grain-producing areas of the Pavlodar region in northeastern Kazakhstan. Sampling was carried out in the Zhelezinsky, Terenkolsky, Irtyshsky, Aktogaysky, Shcherbaktynsky, and Uspensky districts. The level of pest infestation was determined using quantitative assessment methods. The investigated species included *Anisoplia austriaca*, *Anisoplia agricola*, *Phorbia fumigata*, *Trigonotylus ruficornis*, *Phyllotreta vittula*, and *Haplothrips tritici*.

Hyperspectral imaging of the collected specimens was performed at the Biological Research Laboratory of NJSC Toraighyrov University (Pavlodar, Kazakhstan). Data acquisition was conducted using a FigSpec FS-13 VNIR hyperspectral camera operating in the 400–1000 nm spectral range. The system is based on a push-broom scanning principle and provides at least 250 spectral channels with a spectral resolution of 2.5 nm. Initial visual inspection and quality control of the hyperspectral images were carried out using specialized Prediktera software together with the IDL programming environment for processing hyperspectral datasets.

For every recorded image, a hyperspectral cube was generated. The preprocessing stage involved spectral calibration using black and white reference standards. In addition, background noise was minimized through the creation and application of masking procedures.

The resulting hyperspectral datasets were subsequently imported into Breeze software (Prediktera) for further analysis. This platform allows systematic processing of hyperspectral images, visualization of spectral information, and implementation of classification and interpretation procedures. Each hyperspectral image represents a multidimensional dataset in which every pixel contains a spectrum corresponding to a particular wavelength interval. Detailed inspection of spectral characteristics was performed in the Pixel Explore module. A principal component analysis (PCA) model was constructed using all pixels of the images. The generated outputs included Raw Spectrum graphs, Variance Scatter plots, and a hyperspectral image representing maximum variance.

In the Raw Spectrum plots, individual curves illustrate the intensity of reflected radiation across the wavelength range of 0–1000 nm, with each curve corresponding to a specific insect specimen present in the hyperspectral image.

The Variance Scatter plot demonstrates the spatial distribution of pixels in the coordinate system of the first two principal components (t[1] and t[2]), which explain the variability within the dataset. Each point represents an individual pixel, while clusters of points reflect spectral similarity between them. Point coloration is determined by density, where red indicates areas with a high concentration of closely located pixels. The first principal component (t[1]) captures the most pronounced spectral differences and serves as the main parameter for object classification, allowing beetles to be separated into groups with comparable spectral characteristics. The second component (t[2]) accounts for additional variability related to surface structure and subtle morphological traits.

The Max Variance Image is visualized using a color scale that reflects changes in the t[1] component and highlights regions with the highest spectral variability. In this hyperspectral representation, insect samples are distinguished

from the background: blue areas correspond to minimal reflectance intensity, whereas yellow to red regions indicate the highest levels of reflected radiation. The observed contrast illustrates the spectral differences between insect bodies and the background and serves as a basis for describing the characteristics and spectral signatures of the analyzed objects.

Statistical processing of spectral data was performed using analysis of variance (ANOVA) and descriptive statistics methods.

Minimum and maximum reflectance values were calculated using Formula (1):

$$\begin{aligned} R_{min} &= \min(R_1, R_2, \dots, R_n) \\ R_{max} &= \max(R_1, R_2, \dots, R_n), \end{aligned}$$

where  $R_{min}$  is the minimum reflectance value in the sample,  $R_{max}$  is the maximum reflectance value in the sample,  $R_1, R_2, \dots, R_n$  are individual reflectance measurements, and  $n$  – is the number of measurements in the sample.

The mean reflectance coefficient represents the average intensity of reflected light within the studied spectral range and indicates the overall reflectance level of the object. It was calculated using Formula (2):

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i,$$

where  $R_i$  is the reflectance value of the  $i$ -th measurement,  $n$  is the total number of measurements.

Standard deviation quantitatively describes the dispersion of reflectance values relative to the mean and allows determination of whether spectra are statistically distinguishable. It was calculated using Formula (3):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - \mu)^2},$$

where  $\mu$  is the arithmetic mean reflectance,  $R_i$  is the reflectance value of the  $i$ -th measurement, and  $n$  is the total number of measurements.

The coefficient of variation expresses the degree of variability and makes it possible to assess how variable insect spectra are relative to their mean value. It was calculated using Formula (4):

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100,$$

where  $\sigma$  is the standard deviation, and  $\mu$  is the mean reflectance.

Delta reflectance is defined as the difference between the maximum and minimum reflectance values within a specified wavelength range or between two conditions. It was calculated using Formula (5):

$$\Delta R = R_{max} - R_{min}$$

where  $R_{min}$  is the minimum reflectance value and  $R_{max}$  is the maximum reflectance value in the sample.

The spectral band width measures the wavelength range over which significant reflectance changes occur. It helps determine spectral regions where the object exhibits distinct optical properties, including maximum absorption or reflectance. Overlaying spectral bands of different species or conditions enables identification of statistically significant differences. It was calculated using Formula (6):

$$SB = \lambda_{max} - \lambda_{min}$$

where  $\lambda_{min}$  is the minimum wavelength and  $\lambda_{max}$  is the maximum wavelength.

Spectral skewness indicates the asymmetry of the reflectance and absorption distribution. It was calculated using Formula (7):

$$SS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{R_i - \mu}{\sigma} \right)^3,$$

where  $\sigma$  is the standard deviation,  $\mu$  is the arithmetic mean reflectance,  $R_i$  is the reflectance value of the  $i$ -th measurement,  $n$  is the total number of measurements.

The calculated parameters, such as minimum and maximum reflectance, mean reflectance, standard deviation, and coefficient of variation, allow quantitative assessment of the spectral characteristics of the studied objects and identification of differences between them. Methods such as principal component analysis (PCA), as well as indicators such as rate of change and delta reflectance, provide a more comprehensive understanding of spectral variability.

### Results and discussion

Figure 1 presents photographs of the study objects, necessary for understanding the morphological structure of the insects.

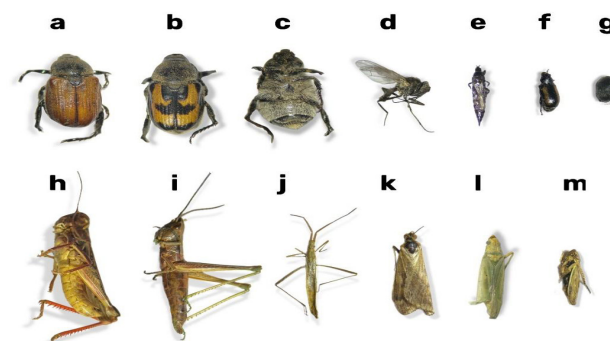


Figure 1 – Photographs of insects (a – *Anisoplia austriaca*, b – *Anisoplia agricola*, c – abdomen of *Anisoplia* spp., d – *Phorbia fumigata*, e – *Haplothrips tritici*, f – *Phyllotreta vittula*, g – *Chaetocnema aridula*)

The following figures illustrate the spectral features of the examined insects obtained through hyperspectral imaging. Each insect specimen and its corresponding spectral curve are assigned identification numbers. For instance, the first red line displayed in the Raw Spectrum plot corresponds to specimen number one shown in the hyperspectral image.

Two species of the *Anisoplia* spp. were analyzed: *Anisoplia austriaca* and *Anisoplia agricola*. *Anisoplia austriaca* is characterized by a convex oval body measuring approximately 11–16 mm in length, with black regions exhibiting a metallic sheen and brown elytra that form a rectangular pattern together with the black scutellum at the base. *Anisoplia agricola* has a generally similar morphology but can be distinguished by cross-shaped black markings on its elytra. Spectral analysis focused on the head, scutellum, and pronotum regions. The investigated wavelength interval ranged from 500 to 750 nm. The recorded spectra display comparable intensity levels, which is explained by the similarity in pigmentation between the species. Minor variations in the spectral curves may result from enhanced melanization of the chitinous cuticle due to pigment oxidation, dehydration of tissues, and increased surface roughness caused by prolonged storage of specimens. According to the Variance Scatter plot, the observed spectral differences between the species are minimal.

The Raw Spectrum plot presents spectral curves within the wavelength range of 500–800 nm. The primary reflectance peak is observed between 600 and 750 nm, while a secondary peak occurs in the interval of 750–800 nm, indicating slight reflectance in the near-infrared region. A reduction in intensity is associated

with the absorption of light by body areas containing higher concentrations of melanin. Spectra numbered two, six, and eight correspond to *Anisoplia austriaca* and demonstrate the highest reflectance intensity due to the reflective properties of the brown elytra. Among them, sample six has the lightest surface coloration, which results in the greatest reflectance coefficient. Spectra one, three, and five represent *Anisoplia agricola* and show moderate reflectance intensity because the cross-shaped pigmented markings enhance light absorption and therefore reduce reflectance. Differences between individual spectral curves may also be related to variations in the smoothness of the chitinous surface. Spectra four and seven correspond to individuals posupwarditioned with the dark abdomen fa in cing ; these surfaces absorb a larger portion of incident light and therefore exhibit lower reflectance intensity. This effect is additionally influenced by the rough and hair-covered texture of the abdominal surface.

The Variance Scatter diagram indicates that the first principal component,  $t[1]$ , accounts for nearly all of the variance in the dataset (99 %), suggesting that the majority of spectral variability is concentrated along a single dimension. As a result, the distribution of points becomes compressed along the  $t[1]$  axis, producing a high density of points in the central region. The second principal component contributes only a very small proportion of the variance (0.209 %) and reflects minor variability within the dataset. The high density of points may also be explained by the structural similarity and relatively large body size shared by the analyzed individuals.

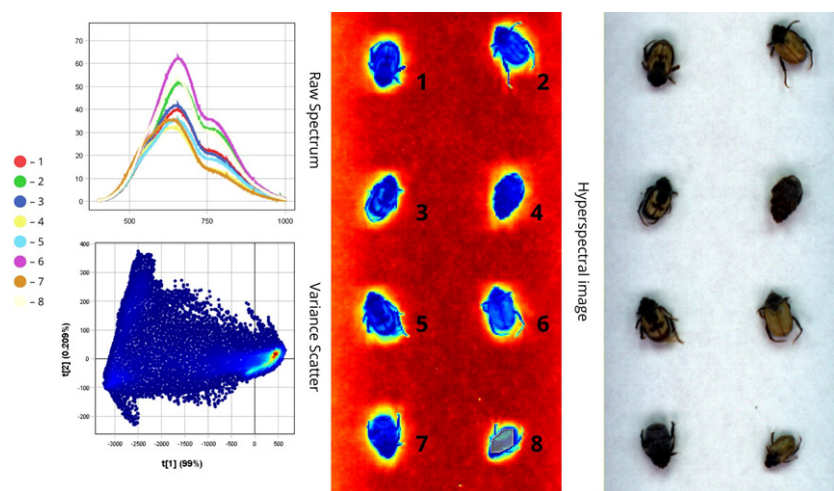


Figure 2 – Hyperspectral image of the *Anisoplia* spp.

The elytra spectra show maximum intensity in the 600–800 nm range, gradually decreasing toward the edges of the spectrum. This indicates reflectance of the wings in the near-infrared region, with a higher reflectance coefficient in *Anisoplia austriaca*, since this species lacks dark pigment spots. Differences in spectral intensity within the same species may indicate varying conditions of the elytra (e.g., thinning) and depend on the selected region of interest.

The maximum reflectance of the legs is observed in the 500–750 nm range. The forelegs exhibit lower reflectance than the hind legs, which is related to differences in morphology, texture, pigmentation, and orientation relative to the light source. In many insects, including *Anisoplia* spp., the hind legs are larger, and a smoother or denser cuticle may reflect more light, explaining the higher spectral intensity. The forelegs may be smaller and have a rougher surface, which scatters light and reduces reflectance. In hyperspectral imaging, spectral intensity also depends on the angle of light incidence and reflection. The hind legs, being larger and differently oriented relative to the light source, may reflect light more effectively. The forelegs are positioned closer to the head and body and may be partially shaded, reducing their reflectance.

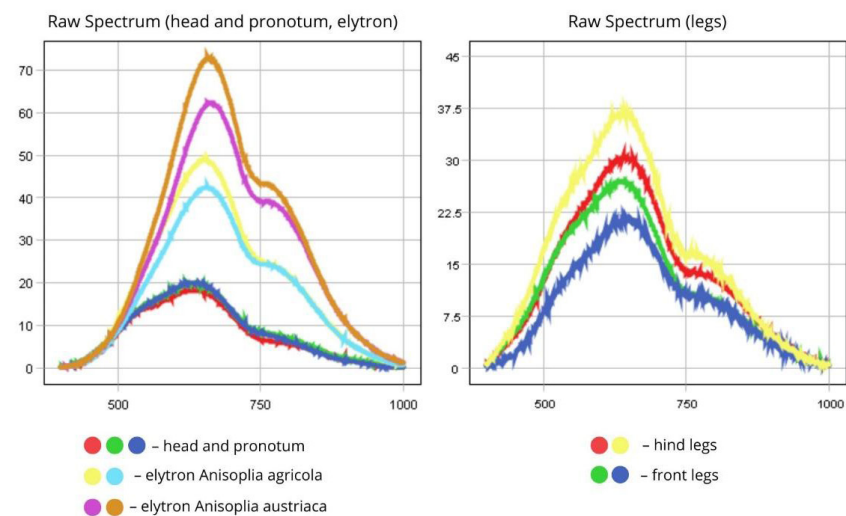


Figure 3 – Spectra of different body parts of the *Anisoplia* spp.

*Phorbia fumigata* is characterized by a dark-colored body measuring approximately 3.5–6 mm in length and by transparent wings that have a grayish or brownish tint. The obtained spectral curves demonstrate a similar overall profile, with pronounced intensity peaks within the wavelength range of 500–780 nm, indicating noticeable reflectance in the near-infrared region associated with the reflective properties of the wings. The fifth, sixth, and seventh spectra exhibit higher reflectance values than the remaining curves. This difference is most likely related to the position of the insects during imaging, when the wing membrane was oriented in a way that enhanced light reflection. In contrast, the other spectra show lower near-infrared intensity, which can be explained by stronger absorption of light by dark body pigments and possibly by a rougher surface texture.

The Variance Scatter plot reveals clusters of points, suggesting that the majority of pixels corresponding to the fly surface share similar spectral properties. The main spectral peak associated with the wings is located within the 500–780 nm wavelength interval. Compared with other body parts, the wing membrane demonstrates the highest reflectance coefficient. Differences in spectral intensity may be influenced by variations in membrane thickness as well as by the orientation of the insect during imaging. The compound eyes show moderate reflectance, whereas the head, thorax, and abdomen display the lowest reflectance values due to stronger absorption of radiation by pigments.

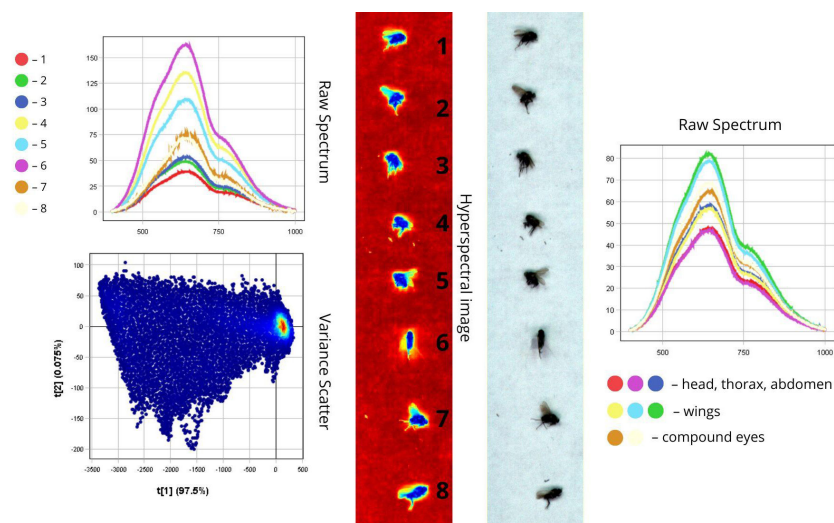


Figure 4 – Hyperspectral image of *Phorbia fumigata*

*Haplothrips tritici* (1.2–2.2 mm) is characterized by an elongated body that is dark brown or black in coloration and marked by lighter longitudinal stripes. *Phyllotreta vittula* has a compact black body measuring approximately 1.5–2 mm in length; its head and pronotum exhibit a metallic green sheen, while each elytron bears a distinct yellow longitudinal stripe.

For *Haplothrips tritici*, the highest reflectance intensity is recorded within the wavelength range of 500–780 nm. Variations in spectral intensity between individual samples can be attributed to differences in the density of the cuticle and the amount of pigmentation. Lighter stripes tend to enhance reflectance, whereas a thicker cuticle and a higher concentration of pigments generally lead to lower spectral intensity. Increased reflectance is also observed in thrips specimens that were positioned with their wings facing upward during imaging.

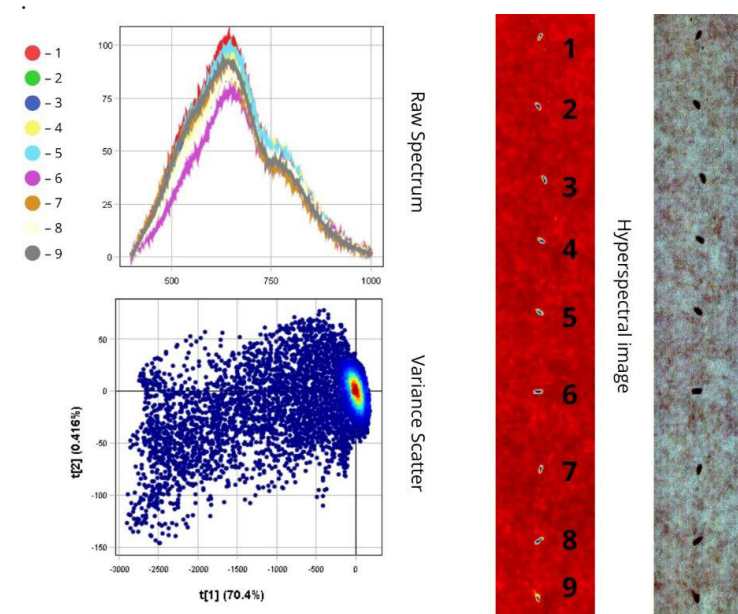


Figure 5 – Hyperspectral image of *Haplothrips tritici*

The spectra of *Phyllotreta vittula* show maximum intensity in the 500–750 nm range. The decrease after 750 nm indicates reduced chitin reflectance in the near-infrared region. Spectra with higher intensity may be associated with a smooth, glossy surface and the broad light-yellow stripe on the elytra. The lowest intensity (third, fifth, and sixth spectra) may be due to lateral or abdomen-up positioning of

the beetles relative to the camera. The reduced point density in the Variance Scatter plots for *Haplothrips tritici* and *Phyllotreta vittula*, compared to other insects, is related to morphological features and spectral characteristics. Due to their small size, the hyperspectral image covers fewer pixels, resulting in fewer data points. Their surface pigments absorb a significant portion of light within specific spectral ranges, reducing the overall range of variation and decreasing point cloud density.

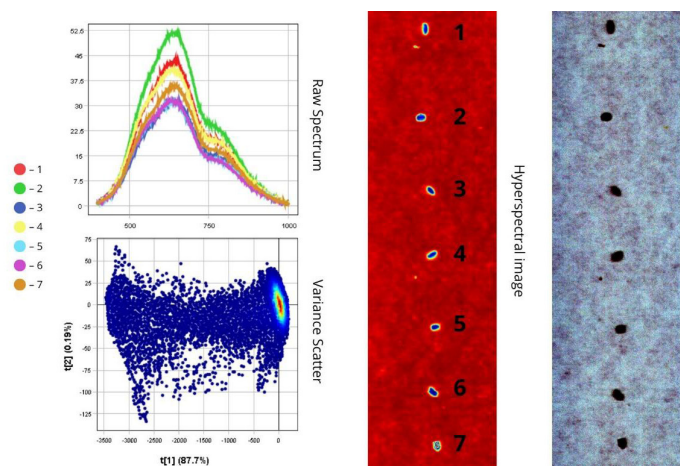


Figure 6 – Hyperspectral image of *Phyllotreta vittula*

*Trigonotylus ruficornis* has a body length of 5.7–6.5 mm, pale green or pale yellow coloration, a matte head, and brown eyes. In the Raw Spectrum graph, maximum intensity occurs in the 500–780 nm range, including part of the near-infrared region. High peaks are caused by reflection from the light-colored chitinous cuticle. The matte surface reduces reflectance. Minor differences in intensity may result from variation in cuticle density and abdomen-up positioning. Clustering of points in the Variance Scatter plot indicates similar spectral properties within the group of specimens.

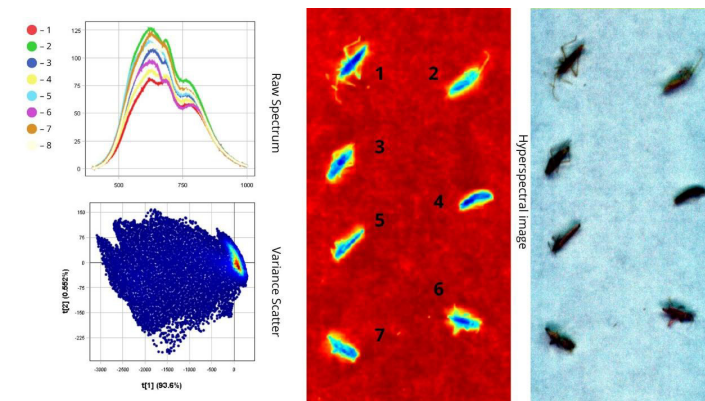


Figure 7 – Hyperspectral image of *Trigonotylus ruficornis*

The summarized data on observations of insect spectral properties are presented in Table 1.

Table 1 – Spectral characteristics of spring wheat pests

№	Species	Body part	Wavelength (nm)	Reflectance coefficient (%)
1	<i>Anisoplia austriaca</i>	Body (dorsal view)	600–800	50–60
		Head, scutellum, pronotum	500–750	20
		Elytra	600–800	60–75
		Legs	500–750	37,5
		Body (ventral view)	500–750	35
2	<i>Anisoplia agricola</i>	Body (dorsal view)	600–780	35–40
		Head, scutellum, pronotum	500–750	20
		Elytra	600–780	40–50
		Legs	500–750	25
		Body (ventral view)	500–750	30
3	<i>Phorbia fumigata</i>	Body	500–780	35–160
		Head, thorax, abdomen	500–750	45–60
		Wings	500–780	58–85
		Compound eyes	500–750	60–70
4	<i>Haplothrips tritici</i>	Body	500–780	75–100
5	<i>Phyllotreta vittula</i>	Body	500–750	30–52,5
6	<i>Trigonotylus ruficornis</i>	Body	500–800	75–125

Statistical processing of the obtained data made it possible to determine the main trends in insect spectral properties, evaluate the degree of variability and stability of these parameters, and present the results in a structured form. The calculated statistical parameters are summarized in Table 2.

Table 2 – Statistical indicators

№	Species	$R_{min}$	$R_{max}$	$\mu$	$\sigma$	$CV$	$M$	$\Delta R$	$\lambda_{min}$	$\lambda_{max}$	$SB$	$SS$
1	<i>Anisoplia austriaca</i>	50	60	55	2,88	5,24	55	10	600	800	200	-0,07
2	<i>Anisoplia agricola</i>	35	40	37,50	1,44	3,84	37,50	5	600	780	180	0,13
3	<i>Phorbia fumigata</i>	35	160	80	36	45,10	80	125	500	780	280	0,68
4	<i>Haplothrips tritici</i>	75	100	86,25	7,21	8,36	86,25	25	500	780	280	-0,26
5	<i>Phyllotreta vittula</i>	30	52,50	41,25	6,49	15,74	41,25	22,50	500	750	250	0
6	<i>Trigonotylus ruficornis</i>	75	125	98,75	14,40	14,61	98,75	50	500	800	300	0,77

The highest maximum reflectance values were recorded for *Trigonotylus ruficornis*, which is associated with its relatively light body pigmentation, and for *Phorbia fumigata*, where increased reflectance is mainly caused by the reflective properties of the wing membrane. In contrast, the lowest maximum reflectance was observed in *Phyllotreta vittula*, a species characterized by darker pigmentation. The mean reflectance value serves as a generalized indicator that condenses complex spectral information into a single numerical parameter, making it easier to compare individuals or species. Among the studied insects, *Trigonotylus ruficornis* displayed the highest average reflectance, which can be explained by the presence of light yellow-green pigments in its body coloration.

The calculated standard deviation values for most samples are relatively low, indicating good repeatability of measurements within each species. For instance, in *Anisoplia austriaca* the standard deviation at 800 nm equals  $\sigma = 2.88\%$ , meaning that the majority of measurements lie within  $\pm 2.88\%$  of the mean value. Elevated standard deviation values may reflect either measurement inaccuracies or biological variability related to pronounced intraspecific diversity. When  $\sigma$  values are relatively high (for example, around 20%), additional statistical evaluation methods, such as a t-test, are recommended. This parameter can also

be used to assess temporal changes in species variability: for example, a sudden annual increase in the standard deviation of reflectance may indicate adaptation to altered environmental conditions.

In general, the analyzed samples demonstrate low to moderate coefficients of variation, suggesting a high level of data reproducibility. Moderate variability was observed in *Trigonotylus ruficornis* and *Phyllotreta vittula*, which is likely associated with biological heterogeneity among specimens, including differences in age and variations in the condition of the cuticle. A relatively high coefficient of variation was found in *Phorbia fumigata*. This can be explained by the limited number of specimens analyzed as well as by differences in their orientation during imaging: the individual with the lowest reflectance value was positioned with the body facing the camera, whereas specimens with higher reflectance were oriented with their wings upward, which reflect considerably more light than the dark body surface.

Elevated delta reflectance ( $\Delta R$ ) values were observed in *Phorbia fumigata* and *Haplothrips tritici*, which is likely related to interference effects produced by the wings. Increased  $\Delta R$  values were also detected in *Trigonotylus ruficornis*, possibly reflecting differences in age or variation in the condition of the cuticle among specimens. In insects with dark pigmentation,  $\Delta R$  values generally range from 5 % to 25 %. Species demonstrating greater stability typically show lower  $\Delta R$  values under varying conditions. For example, a  $\Delta R$  value of approximately 5 % in *Anisoplia agricola* suggests relatively stable spectral characteristics for this species. Values within the range of 10–20 % exceed the natural fluctuations typically observed in stable populations. However, when sample sizes are small, such differences may not reach statistical significance, as random variation can influence the results. Higher  $\Delta R$  and  $\sigma$  values observed in some species therefore emphasize the importance of considering external factors when interpreting spectral data.

The width of spectral skewness is nearly identical across all examined species, which can be explained by the similar structural organization of their chitinous exoskeleton, as they belong to the same insect class. Slight right-skewness in the spectra of *Trigonotylus ruficornis* and *Phorbia fumigata* may be related to the presence of relatively rare but strongly reflective pigments. Conversely, slight left-skewness observed in *Anisoplia austriaca* and *Haplothrips tritici* is likely associated with the presence of melanin pigments that absorb radiation in the short-wavelength region. In the remaining species, spectral asymmetry is minimal.

### Conclusion

This research is devoted to the study of wheat phytophagous insects in Kazakhstan. Spectral analysis revealed the patterns of light reflection, transmission, and absorption by insect bodies, which can be applied for species identification

and for evaluating pest impact in agricultural practice. The study determined the main regularities in spectral behavior and identified key factors that influence the spectral curves of different insect species. The results also confirmed that hyperspectral imaging can be used to distinguish morphologically similar species based on differences in their spectral signatures.

Although interspecific differences were observed, the spectral curves generally demonstrate comparable shapes and intensity distributions within each species. Differences in spectral intensity are mainly related to variations in body regions and morphological features, including pigmentation, the density and microstructure of the chitinous exoskeleton, as well as the age of the insects. External factors, such as the presence of dust particles or other contaminants on the insect surface, may also affect spectral responses.

Higher reflectance intensity is typically associated with lighter body areas. Such regions include the elytra of *Anisoplia austriaca* and *Anisoplia agricola*, the transparent wings of *Phorbia fumigata*, the longitudinal stripes on the elytra of *Phyllotreta vittula*, the light-colored body stripes of *Haplothrips tritici*, and the body surface of *Trigonotylus ruficornis*. Bright or lightly pigmented areas, including brown coloration, tend to produce noticeable reflectance in the near-infrared region. In addition, smoother body surfaces contribute to an increased reflectance coefficient.

Conversely, darker body regions containing higher concentrations of melanin absorb a larger portion of incoming radiation and therefore exhibit lower reflectance values, with little or no reflectance in the near-infrared range. These areas include the legs, head, scutellum, pronotum, thorax, and abdomen. Reduced spectral intensity may also be associated with rough surface textures, the presence of hairs, and the orientation of specimens relative to the light source during image acquisition.

In insects whose coloration is largely determined by melanin pigments, the main reflectance peak is located within the visible spectral range of approximately 500–750 nm, while reflectance in the near-infrared region is weak or absent. The strongest near-infrared reflectance was recorded in *Phorbia fumigata*, mainly due to reflections from the wings; in *Trigonotylus ruficornis*, as a result of its light body coloration; and in *Haplothrips tritici*, where reflectance is influenced by the wings and yellow body stripes. Lower reflectance values were observed in *Anisoplia austriaca* and *Anisoplia agricola*, although *Anisoplia austriaca* showed slightly higher values because its elytra lack dark pigmented spots.

Overall, the findings provide additional insights into the structural properties of the insect exoskeleton and highlight the potential of hyperspectral imaging as a promising tool for applications in entomological research and agricultural monitoring.

#### Acknowledgments

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP26197815 “Development of an intelligent monitoring system for the wheat agroecosystem through synergistic integration of hyperspectral imaging and LiDAR using computer vision technologies”).

#### REFERENCES

- 1 Ualiyeva, R., Kaverina, M. Monitoring of the species composition of spring wheat pests in the North-East of Kazakhstan // Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Bioscience Series. – 2023. – Vol. 143(2). – P. 39–53. – <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-143-2-39-53>
- 2 Chang, C.-I. Hyperspectral Imaging: Techniques for Spectral Detection and Classification. – New York: Kluwer. – 2003. – 386 p. – <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9170-6>
- 3 Sarić, R., Nguyen, V.D., Burge, T., Berkowitz, O., Trtílek, M., Whelan, J., Lewsey, M.G., Čustović, E. Applications of hyperspectral imaging in plant phenotyping // Trends in Plant Science. – 2022. – Vol. 27(3). – P. 301–315. – <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.12.003>
- 4 Li, X., Li, R., Wang, M., Liu, Y., Zhang, B., Zhou, J. Hyperspectral imaging and their applications in the nondestructive quality assessment of fruits and vegetables // IntechOpen. – 2018. – <https://doi.org/10.5772/intechopen.72250>
- 5 Vignati, S., Tugnolo, A., Giovenzana, V., Pampuri, A., Casson, A., Guidetti, R., Beghi, R. Hyperspectral imaging for fresh-cut fruit and vegetable quality assessment: Basic concepts and applications // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13(17). – Article 9740. – <https://doi.org/10.3390/app13179740>
- 6 Soni, A., Dixit, Y., Reis, M.M., Brightwell, G. Hyperspectral imaging and machine learning in food microbiology: Developments and challenges in detection of bacterial, fungal, and viral contaminants // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2022. – Vol. 21(4). – P. 3717–3745. – <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12983>
- 7 Mahlein, A.K., Rumpf, T., Welke, P., Dehne, H.W., Plümer, L., Steiner, U., Oerke, E.C. Development of spectral indices for detecting and identifying plant diseases // Remote Sensing of Environment. – 2013. – Vol. 128. – P. 21–30. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.09.019>
- 8 Wang, X., Zhang, M., Zhu, J., Geng, S. Spectral prediction of Phytophthora infestans infection on tomatoes using artificial neural network (ANN) //

International Journal of Remote Sensing. – 2008. – Vol. 29. – P. 1693–1706. – <https://doi.org/10.1080/01431160701281007>

**9 Bauriegel, E., Giebel, A., Geyer, M., Schmidt, U., Herppich, W.B.** Early detection of Fusarium infection in wheat using hyper-spectral imaging // Computers and Electronics in Agriculture. – 2011. – Vol. 75. – P. 304–312. – <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.12.006>

**10 Thomas, S., Wahabzada, M., Kuska, M.T., Rascher, U., Mahlein, A.K.** Observation of plant–pathogen interaction by simultaneous hyperspectral imaging reflection and transmission measurements // Functional Plant Biology. – 2017. – Vol. 44. – P. 23–34. – <https://doi.org/10.1071/FP16127>

**11 Del Fiore, A., Reverberi, M., Ricelli, A., Pinzari, F., Serranti, S., Fabbri, A.A., Bonifazi, G., Fanelli, C.** Early detection of toxigenic fungi on maize by hyperspectral imaging analysis // International Journal of Food Microbiology. – 2010. – Vol. 144. – P. 64–71. – <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.08.001>

**12 Bravo, C., Moshou, D., West, J., McCartney, A., Ramon, H.** Early disease detection in wheat fields using spectral reflectance // Biosystems Engineering. – 2003. – Vol. 84. – P. 137–145. – [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(02\)00269-6](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00269-6)

**13 Alt, B. B., Gurova, T. A., Elkin, O. V., Klimenko, D. N., Maksimov, L. V., Pestunov, I. A., Dubrovskaya, O. A., Genaev, M. A., Erst, T. V., Genaev, K. A., Komyshev, E. G., Khlestkin, V. K., Afonnikov, D. A.** The use of Specim IQ, a hyperspectral camera, for plant analysis // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii. – 2020. – Vol. 24(3). – P. 259–266. – <https://doi.org/10.18699/VJ19.587>

**14 Calvini, R., Ulrici, A., Amigo, J.M.** Growing applications of hyperspectral and multispectral imaging // Data Handling in Science and Technology. Hyperspectral Imaging. – 2019. – P. 605–629. – <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63977-6.00024-9>

**15 Ferrari, V., Calvini, R., Boom, B., Menozzi, C., Rangarajan, A.K., Maistrello, L., Offermans, P., Ulrici, A.** Evaluation of the potential of near-infrared hyperspectral imaging for monitoring the invasive brown marmorated stink bug // Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. – 2023. – Vol. 234. – Article 104751. – <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2023.104751>

**16 Yamada, M., Thiesen, L.V., Iost Filho, F.H., Yamamoto, P.T.** Hyperspectral imaging and machine learning: A promising tool for the early detection of Tetranychus urticae Koch infestation in cotton agriculture // Agriculture. – 2024. – Vol. 14(9). – Article 1573. – <https://doi.org/10.3390/agriculture14091573>

**17 Mielewczik, M., Liebisch, F., Walter, A., Greven, H.** Near-infrared (NIR) reflectance in insects – Phenetic studies of 181 species // Entomologie Heute. – 2012. – Vol. 24. – P. 183–215.

Received 27.02.26.

Received in revised form 04.03.26.

Accepted for publication 10.06.26.

*A. E. Konnaev<sup>1</sup>, \*A. B. Osipova<sup>2</sup>, P. M. Ualiyeva<sup>3</sup>*

<sup>1,2,3</sup>Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

27.02.26 ж. баспаға түсті.

04.03.26 ж. түзетулерімен түсті.

10.06.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

### СОЛТҮСТІК-ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЖАЗДЫҚ БИДАЙДЫҢ НЕГІЗГІ ЗИЯНКЕСТЕРІН ГИПЕРСПЕКТРЛІК ТАЛДАУ

*Гиперспектралды бейнелеу әдісі арқылы алғаш рет Қазақстанның солтүстік-шығысындағы жаздық бидай зиянкестерінің спектралдық сипаттамалары зерттелді: Anisoplia austriaca, Anisoplia agricola, Phorbia fumigata, Trigonotylus ruficornis, Phyllostreta vittula, Haplothrips tritici. Спектрлерді талдау жәндіктердің жарықты қалай шағылыстыратынын, өткізетінін және жұтатынын көрсетеді. Зерттелген жәндіктердің спектрлік диапазоны 500–800 нм аралығында. Шағылу коэффициенті жоғары дене бөліктері – жәндіктердің ашық түсті және тегіс аймақтары (астық қоңызының үстіңгі қанаттары, шыбынның мөлдір қанаттары, бүргенің үстіңгі қанаттарындағы және трипстің денесіндегі жолақтар, астық қандаласының денесі), олар жақын инфрақызыл спектрде айқын шағылу береді. Меланин мөлшері көп қараңғы бөліктер жарықты шағылдырғаннан гөрі көбірек жұтады, сондықтан олардың шағылу коэффициенті төмен (аяқтары, басы, қалқаншасы, алдыңғы арқа бөлігі, кеудесі, құрсағы). Интенсивтіліктің төмендеуі сондай-ақ беткі қабаттың кедір-бұдырлы құрылымына, түктердің болуына және түсіру кезіндегі жарық көзінің орналасу ерекшеліктеріне байланысты. Жақын инфрақызыл диапазонда ең жоғары шағылу Phorbia fumigata түрінде қанаттарының шағылдыру қабілетіне байланысты, Trigonotylus ruficornis түрінде денесінің ашық түсіне байланысты, ал Haplothrips tritici түрінде қанаттары мен сары жолақтарының жарықты шағылдыруына байланысты байқалады. Anisoplia austriaca және Anisoplia agricola түрлерінде шағылу*

төмен деңгейде, алайда біріншісінде үстіңгі қанаттарында қара пигменттердің болмауына байланысты шағылу көрсеткіші жоғарырақ. Алынған деректер гиперспектралды бейнелеуді жәндіктерді сәйкестендіру және егіс дақылдарының зақымдануының ерте кезеңдерінде зиянды энтомофаунаны анықтау әдісі ретінде қолдану мүмкіндіктерін зерттеуге үлес қосады. Сонымен қатар бұл нәтижелер жәндіктерді әртүрлі салаларда практикалық қолдану үшін одан әрі жіктеудің ғылыми негізін қалайды.

Кілтті сөздер: гиперспектралды бейнелеу, зиянкестер, бидай энтомофаунасы, фитофагтар, спектрлер.

А. Е. Коптаев<sup>1</sup>, \*А. В. Осипова<sup>2</sup>, Р. М. Уалиева<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Поступило в редакцию 27.02.26.

Поступило с исправлениями 04.03.26.

Принято в печать 10.06.26.

## ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ

С помощью гиперспектральной визуализации впервые были изучены спектральные характеристики вредителей яровой пшеницы северо-востока Казахстана: *Anisoplia austriaca*, *Anisoplia agricola*, *Phorbia fumigata*, *Trigonotylus ruficornis*, *Phyllotreta vittula*, *Harlothrips tritici*. Анализ спектров показывает, как насекомые отражают, передают и поглощают свет. Изученные насекомые имеют диапазон спектра в пределах 500–800 нм. Высоким коэффициентом отражения обладают более светлые и гладкие участки тела насекомых (надкрылья хлебного жука, прозрачные крылья мухи, полосы на надкрыльях блошки и теле трипса, тело хлебного клопика), которые дают отражение в ближнем инфракрасном спектре. Темные участки с большим количеством меланина поглощают больше света, чем отражают, поэтому их коэффициент отражения ниже (лапки, голова, щиток, переднеспинка, грудь, брюшко). Снижение интенсивности также связано с шероховатой структурой поверхности, наличия волосков и особенностями расположения источника света при съемке. Наибольшее отражение в ближнем инфракрасном диапазоне наблюдается у *Phorbia fumigata* за счет отражательной способности

крыльев, у *Trigonotylus ruficornis* за счет светлой окраски тела, у *Harlothrips tritici* за счет отражения света от крыльев и желтых полосок. Небольшое отражение наблюдается у *Anisoplia austriaca* и *Anisoplia Agricola*, при этом у первого оно выше за счет отсутствия темных пигментов на надкрыльях. Полученные данные вносят вклад в изучение возможностей гиперспектральной визуализации в качестве метода идентификации насекомых и обнаружения вредной энтомофауны на ранних стадиях заражения посевных культур, а также лежат в основе дальнейшей классификации насекомых для практического применения в разных областях.

Ключевые слова: гиперспектральная визуализация, вредители, энтомофауна пшеницы, фитофаги, спектры.

<https://doi.org/10.48081/BGQF2104>

**\*A. V. Osipova**

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3947-5252>

email: [aanastasiyaaa@internet.ru](mailto:aanastasiyaaa@internet.ru)

**ASSESSMENT OF CLIMATE RISKS FOR THE WATER  
SECTOR OF THE PAVLODAR REGION**

*The risk of flooding is a pressing issue for the Pavlodar region due to its location along the Irtysh River, its sharply continental climate, and high levels of precipitation. Floods can damage infrastructure and agricultural lands, leading to additional costs for recovery and emergency response. This study conducted an analysis of climate risks for water resources in the Pavlodar region and provided recommendations for adaptation measures. To assess the risk components, data on temperature, precipitation, vulnerable populations, and the condition of water sector infrastructure were collected. According to the calculations, the Pavlodar region currently faces a moderate risk of flooding (49 %) due to a combination of climatic, hydrological, and social factors. Increased temperature fluctuations, higher precipitation, and snow accumulation contribute to higher spring runoff and more frequent floods, especially in the Irtysh River basin. Additional pressures arise from irrigated agriculture and the insufficient capacity of drainage systems. Effective adaptation should be comprehensive, combining the modernization of engineering infrastructure, the implementation of nature-based solutions, the development of monitoring and early warning systems, and strengthening social protection for vulnerable groups. The implementation of such measures won't only reduce the scale of floods and related losses, but also enhance the long-term resilience of the water sector and the region's population to climate change.*

*Keywords: climate change, environmental risk, risk assessment, water resources, weather conditions.*

**Introduction**

Climate change causes significant damage to ecosystems and urban infrastructure, affecting both biophysical and socio-economic systems. Early assessments focused on direct climate factors (temperature, precipitation) and their individual effects, such as impacts on wind energy, erosion, and fire risk [1]. Warming and increasing drought frequency reduce crop yields, while the «fertilization effect» of CO<sub>2</sub> doesn't compensate for climate stress [2]. Risks are further exacerbated by institutional constraints, outdated infrastructure, and the socio-economic consequences of the energy transition [3]. Later, vulnerability assessments emerged, integrating both climate and socio-economic factors, followed by analyses of adaptive capacity and damage reduction strategies. Most projections are accompanied by high uncertainty [4], which led to the development of models that consider adaptive capacity and social vulnerability [5], species vulnerability [6], as well as indicators for water resources and electricity generation [7]. A key milestone was the adoption of RCP scenarios instead of SRES [8]. Modern risk analysis considers exposure, sensitivity, adaptive capacity, and social vulnerability (poverty, infrastructure, health, social networks) [9], enabling the evaluation of the effectiveness of adaptation strategies [10]. Economic studies examine climate risks through a risk-management lens, accounting for extreme scenarios [11]. Dynamic models demonstrate that short-term losses can translate into long-term economic setback if infrastructure is destroyed and investment potential declines [12]. In urban areas, climate analogs and economic impact assessments are applied (infrastructure adaptation, healthcare, transport, and energy) [13]. Major risks include heatwaves, floods, deteriorating air quality, and water shortages, with socially vulnerable groups being the most at risk [14]. Extreme precipitation events are intensified by climate change and the urban heat island effect, while urbanization increases potential damage [15]. In coastal zones, sea-level rise leads to flooding of lowlands, soil salinization, and loss of valuable ecosystems, with urbanization limiting opportunities for ecosystems to migrate inland [16]. Climate factors also enhance the mobilization of heavy metals, increasing ecological and toxicological risks [17]. Models show an increase in the frequency of heavy rainfall events and the extent of flooding [18]. According to the IPCC AR6, current warming is of anthropogenic origin, climate risks are growing faster than projected, and the window of opportunity for adaptation is rapidly closing, necessitating urgent and systemic measures [19]. Adaptation to climate change requires an interdisciplinary approach that accounts for the systemic and cascading nature of risks.

For Central Asia, there is a lack of studies providing climate risk assessments. In Kazakhstan, it is especially important to consider regional specifics when developing climate risk models and adaptation strategies. Flood risk is a pressing issue for the Pavlodar region due to its location along the Irtysh River, its sharply continental climate, and high precipitation levels. Floods can damage residential and industrial facilities, infrastructure, and agricultural lands, resulting in additional costs for recovery and emergency response. Therefore, the aim of this study is to analyze climate risks for water resources using the Pavlodar region as a case study.

### Materials and methods

Meteorological parameters were measured in the field to assess the temperature regime and the amount of precipitation during the study period. Air temperature was measured using a CX1105 thermohygrometer. The device was placed in a location protected from direct solar radiation and artificial heat sources, at a height corresponding to standard conditions for near-surface meteorological observations. Before starting the measurements, the device was allowed to stabilize under ambient conditions. Temperature values were recorded in degrees Celsius (°C). Measurements were performed regularly at the same time of day. Precipitation was measured using a rain gauge installed in an open area, free from buildings and trees. The rain gauge was placed on a horizontal surface and regularly checked to ensure it was free of foreign debris. Measurements were made by recording the total amount of precipitation that fell over a 24-hour period, with values recorded in millimeters (mm). During the cold season, both liquid (rain) and solid precipitation (snow) were considered, with results converted to water equivalent. To improve the reliability of the results, measurements were carried out systematically and under uniform conditions.

The average temperature was calculated using the formula:

$$T_{avg} = \frac{\sum T_i}{n}$$

where  $T_{avg}$  is the average temperature;  $\sum T_i$  is the sum of temperature measurements;  $n$  is the number of measurements.

The average precipitation was calculated using the formula:

$$P_{avg} = \frac{\sum P_i}{n}$$

where  $P_{avg}$  is the average precipitation;  $\sum P_i$  is the sum of precipitation measurements;  $n$  is the number of measurements.

For the assessment of climate risks, a semi-quantitative risk analysis method was used [20]. Thresholds for each indicator were calculated using the formula:

$$x = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}},$$

where  $x$  is the value of the indicator for the period under consideration;  $x_i$  is the actual value of the indicator for the period under consideration;  $x_{min}$  is the minimum value of the indicator for the period under consideration;  $x_{max}$  is the maximum value of the indicator for the period under consideration.

In cases where an increase in the indicator reduces risk, the value should be subtracted from 1.

Aggregation of individual indicator values for each risk component (hazard, exposure, vulnerability) was calculated using the formula:

$$I = \frac{(I_1 \times w_1 + I_2 \times w_2 \dots I_i \times w_i)}{\sum_1^n w}$$

where  $I$  is the aggregated indicator;  $I_i$  is the risk component indicator;  $w_i$  is the weighting coefficient of the indicator (if all indicators are equally important  $w = \frac{1}{3}$ ).

Aggregation of the risk components was calculated using the formula:

$$R = \frac{(H \times w_H) + (V \times w_V) + (E \times w_E)}{w_H + w_V + w_E},$$

where  $R$  is the risk;  $H$  is the hazard component;  $w_H$  is the weight of the hazard component;  $V$  is the vulnerability component;  $w_V$  is the weight of the vulnerability component;  $E$  is the exposure component;  $w_E$  is the weight of the exposure component.

A causal chain will be constructed to determine the indicators for the analysis.

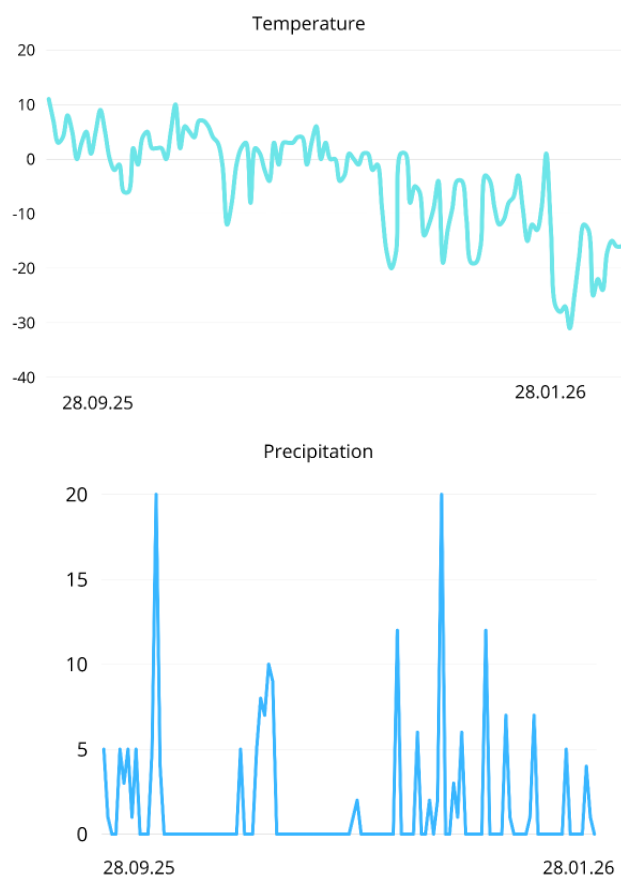
### Results and discussion

For the hazard component, indicators were based on our own observations of climate changes: average temperature (°C), average precipitation (mm), and number of days with precipitation. The average temperature was  $-4.4^\circ\text{C}$ , average precipitation was 7.38 mm, and the number of days with precipitation was 35. These indicators were collected over four months of the cold season, and the dynamics are shown in Figure 1.

For the exposure component, the following indicators were used: area of irrigated land (297,000 ha), share of elderly population (77,364–85,214 people over 65 years old) and low-income households (1,848 households or 7,392 people) out

of a total population of 745.6 thousand, and the share of settlements in potential flood zones (43 rural settlements).

For the vulnerability component, indicators included: water losses in the water supply system (30 %), degree of wear of water supply and drainage networks (54 %), and the share of investments in the water sector (148,2 billion tenge allocated for modernization of the municipal sector in the region out of 579 billion tenge of national investments in the water sector – 25.6 %). Data were sourced from the National Bureau of Statistics, the World Bank, Weather and Climate databases, and official reports (e.g., Pavlodar Vodokanal LLP). The minimum and maximum values were defined as the lowest and highest possible values for each factor.

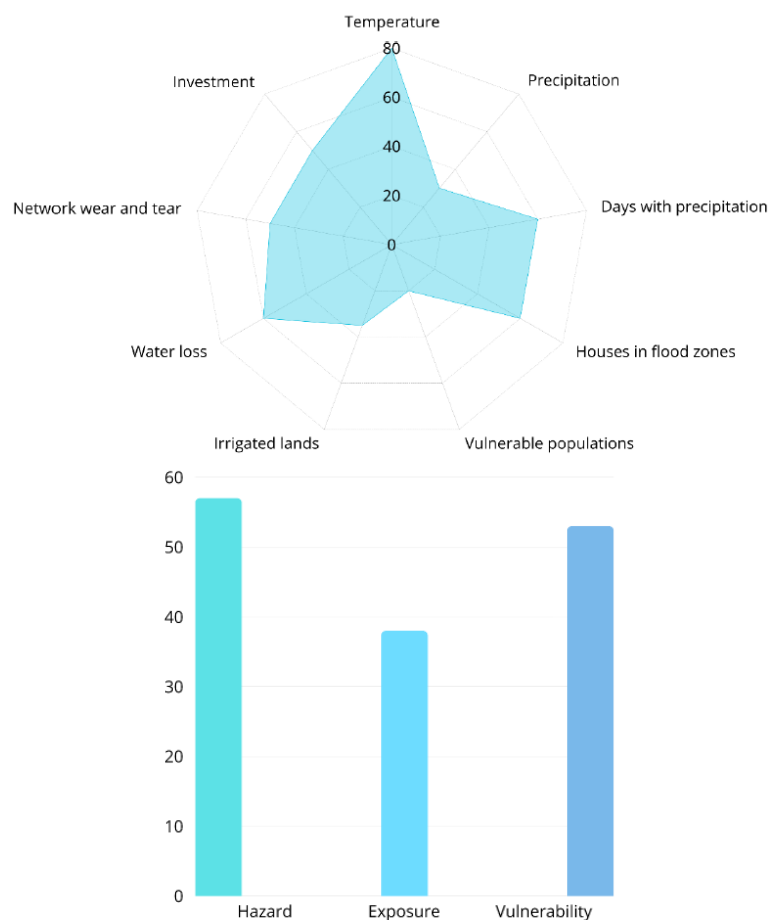


Graph 1 – Visualization of dynamics of temperature and precipitation changes

Table 1 presents the indicators for each risk component and the final calculations based on the aggregation of indicator values. Figure 2 visualizes the results obtained from these calculations.

Table 1 – Impact Pathways and Key Indicators of Climate Risk Assessment Components

№	Risk component	Factor	Indicator	Threshold values		Actual values ( $x_i$ )	$x$	$I$	
				$x_{min}$	$x_{max}$				
1	Hazard	Temperature fluctuations	Average temperature (°C)	-16,7	-10,1	-4,4	0,8	0,57	
		Precipitation amount	Average precipitation (mm)	21,75	35	26,1	0,3		
		Number of days with precipitation	Number of days with precipitation	25	40	35	0,6		
2	Exposure	Degree of territorial protection against floods	Number of settlements in potential flood zones	20	60	43	0,6	0,38	
		Socio-economic exposure	Share of elderly and low-income households (%)	11,4	15	12,4	0,2		
		Area of irrigated land	Area of agricultural land in hectares (ha)	80000	700000	297000	0,35		
3	Vulnerability (sensitivity)	Water losses in the supply system	Losses in percentage (%)	17	40	30	0,6	0,53	
		Vulnerability (adaptive capacity)	Degree of wear of water supply and drainage networks	Percentage of wear of water supply and drainage networks (%)	38	70	54		0,5
		Investments in the water sector	Share of national budget (%)	12	40	25,6	0,5		



Graph 2 – Visualization of indicators and risk components

Aggregated risk indicator of risk components:

$$R = \frac{0,57+0,53+0,38}{3} = 0,493 \approx 49\%.$$

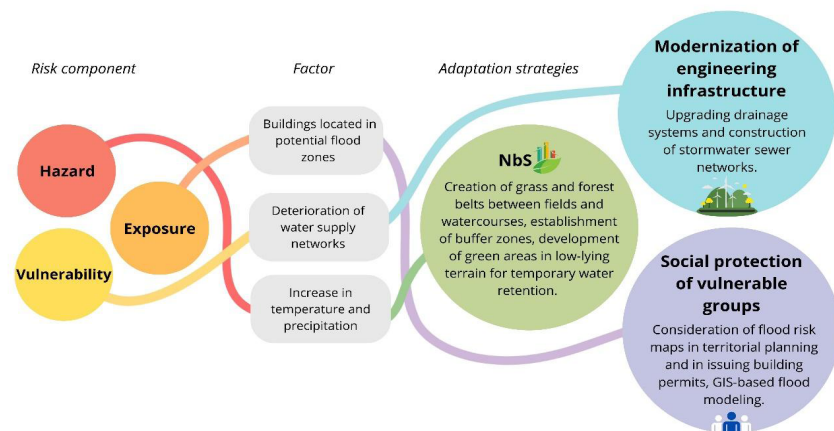
Thus, the level of risk to water resources in the Pavlodar region is 49 %. The main factors increasing risk include rising temperatures, an increase in the number of days with precipitation, the presence of settlements in potential flood zones,

and water losses in the water supply system. Negative temperatures combined with significant precipitation contribute to the accumulation of snow masses, leading to increased spring runoff. Prolonged periods of precipitation increase the likelihood of river channel overflow, especially of the Irtysh River. In the autumn and spring of the current year, sharp temperature fluctuations (thaws and frosts) were observed, as a result of which the soil didn't have time to dry and retained high moisture, intensifying surface runoff. On irrigated lands, additional watering increases moisture reserves in the soil and on the surface, which contributes to the growth of total runoff into rivers and increases the likelihood of water exceeding riverbanks. The deterioration of water supply and wastewater networks leads to delays in water drainage, higher water levels in low-lying areas, and an increased likelihood of emergency situations during flood periods. Despite ongoing investments, their volumes remain insufficient to significantly reduce the degree of infrastructure wear. A significant share of vulnerable population groups reduces society's capacity for independent adaptation, timely evacuation, and recovery after extreme hydrological events.

Impact chains make it possible to structure complex climate risks and serve as a basis for developing effective adaptation strategies. As a priority, it is necessary to begin modernizing engineering infrastructure, including the creation and expansion of storm water drainage systems, as well as to consider flood maps when issuing building permits and to adjust master plans in line with climate scenarios. This will help reduce the scale of development in risk zones and decrease the vulnerability of the local population. The formation of a registry of vulnerable groups, the organization of temporary housing, and mobile assistance points are necessary measures under high flood risk. Increasing the adaptive capacity of the population is possible through regular flood safety drills, the development of simple and accessible household guidelines, and training farmers in adaptive water-use methods. Important engineering and environmental measures also include the construction of water-retention ditches, settling ponds, and local runoff retention systems. For flood forecasting and timely protective actions, active use of satellite data and GIS modeling is required, along with the establishment of clear information transfer algorithms from Kazhydromet to emergency services and the public.

As Nature-based Solutions for flood mitigation, it is advisable to use sowing of perennial grasses (alfalfa, brome grasses, and fescues), the creation of grass and forest belts between fields and watercourses, the formation of buffer zones in agricultural landscapes, and the development of green areas in low-lying terrain for temporary water retention. Small earthen dams, check dams, and water-retention ditches are also effective, as they reduce the load on storm water systems and decrease the scale of local flooding. Forest reclamation is particularly relevant in

areas of degradation or destruction of floodplain forests. The combined application of these measures allows meltwater and rainfall to be retained during flood periods, reduces surface runoff and erosion, and enhances the resilience of natural and socio-economic systems. Generalized data are presented in Picture 1.



Picture 1 – Generalized data on the impact chain and adaptation strategy for the water sector

All adaptation solutions should be implemented in combination with other environmental and urban planning measures aimed at reducing the negative impacts of urbanization and economic activities on the climate and water resources of the region.

### Conclusion

According to the results of the study, the Pavlodar region is in a zone of heightened hydrological vulnerability and faces a moderate flood risk (49%) due to a combination of climatic factors, infrastructure degradation, land-use characteristics, and social vulnerability of the population. Pavlodar is located in a forest-steppe zone, where surface runoff is more pronounced than in forest ecosystems. Increased temperature fluctuations, higher precipitation, and snow accumulation lead to higher spring runoff and more frequent floods. Temperature variability results in unstable soil moisture regimes, reducing the soil's ability to absorb meltwater and rainfall. Heavy precipitation during the cold season contributes to snow accumulation, which subsequently generates high spring runoff, increasing the load on river basins. Extended periods of precipitation raise the likelihood of river overflow, enhancing the probability of extreme hydrological events and destabilizing the water regime. Irrigation of agricultural lands

increases surface runoff, further exacerbating the load on water basins during flood periods. The deterioration of water supply and drainage systems increases water losses, delays runoff, and leads to localized flooding. The absence of an effective stormwater drainage system in rural and urban settlements reduces the capacity to quickly remove excess water. Despite initiated projects, insufficient investments hinder the timely modernization and renewal of engineering infrastructure.

Effective adaptation must be comprehensive, combining the modernization of engineering infrastructure (drainage systems, expansion and construction of stormwater networks), the implementation of nature-based solutions (small dams, ponds, and ditches), the development of monitoring and early warning systems (integration of satellite data, GIS-based flood modeling, installation of automated meteorological stations), as well as the strengthening of social protection for vulnerable groups (public training, consideration of flood maps in spatial planning and building permits). The implementation of these adaptation measures won't only reduce the scale of floods and associated losses but also enhance the long-term resilience of water resources and the population of the region to climate change.

### REFERENCES

- Katopodis, T., Markantonis, I., Vlachogiannis, D.** Assessing climate change impacts on wind characteristics in Greece // *Renewable Energy*. – 2021. – Vol. 179. – P. 427–444. – <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.07.061>
- Rezaei, E.E., Webber, H., Asseng, S. et al.** Climate change impacts on crop yields // *Nature Reviews Earth & Environment*. – 2023. – Vol. 4. – P. 831–846. – <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00491-0>
- Zervas, E., Vatikiotis, L., Gareiou, Z. et al.** Assessment of the Greek National Plan of Energy and Climate Change // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13. – Article 13143. – <https://doi.org/10.3390/su132313143>
- Reilly, J., Stone, P.H., Forest, C.E. et al.** Uncertainty and climate change assessments // *Science*. – 2001. – Vol. 293. – P. 430–433. – <https://doi.org/10.1126/science.1062001>
- Füssel, H.M., Klein, R.J.T.** Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking // *Climatic Change*. – 2006. – Vol. 75. – P. 301–329. – <https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3>
- Foden, W., Young, B., Akçakaya, H.R. et al.** Climate change vulnerability assessment of species // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. – 2019. – <https://doi.org/10.1002/wcc.551>
- Hamududu, B., Killingtveit, Å.** Assessing climate change impacts on global hydropower // *Energies*. – 2012. – Vol. 5. – P. 305–322. – <https://doi.org/10.3390/en5020305>

**8 Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A.** et al. The next generation of scenarios for climate change research and assessment // Nature. – 2010. – Vol. 463. – P. 747–756. – <https://doi.org/10.1038/nature08823>

**9 Adger, W.N., Brown, I., Surminski, S.** Advances in risk assessment for climate change adaptation policy // Philosophical Transactions of the Royal Society A. – 2018. – Vol. 376. – Article 20180106. – <https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0106>

**10 Morgan, M.G., Dowlatabadi, H.** Learning from integrated assessment of climate change // Climatic Change. – 1996. – Vol. 34. – P. 337–368. – <https://doi.org/10.1007/BF00139297>

**11 Hallegatte, S., Hourcade, J.-C., Dumas, P.** Why economic dynamics matter in assessing climate change damages: illustration on extreme events // Ecological Economics. – 2007. – Vol. 62, №2. – P. 330–340. – <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.06.006>

**12 Hallegatte, S., Hourcade, J.-C., Ambrosi, P.** Using climate analogues for assessing climate change economic impacts in urban areas // Climatic Change. – 2007. – Vol. 82. – P. 47–60. – <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9161-z>

**13 Lindley, S.J., Handley, J.F., Theuray, N.** et al. Adaptation strategies for climate change in the urban environment // Journal of Risk Research. – 2006. – Vol. 9, №5. – P. 543–568. – <https://doi.org/10.1080/13669870600798020>

**14 Liu, H., Zou, L., Xia, J.** et al. Impact assessment of climate change and urbanization on extreme precipitation // Sustainable Cities and Society. – 2022. – <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104038>

**15 Francini, S., Chirici, G., Chiesi, L.** et al. Global spatial assessment of potential for new peri-urban forests // Nature Cities. – 2024. – Vol. 1. – P. 286–294. – <https://doi.org/10.1038/s44284-024-00049-1>

**16 Roy, P., Pal, S.C., Chakraborty, R.** Effects of climate change and sea-level rise on coastal habitat // Journal of Environmental Management. – 2023. – Vol. 330. – Article 117187. – <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117187>

**17 Mok, W.J., Ghaffar, M.A., Noor, M.I.M.** et al. Understanding climate change and heavy metals in coastal areas // Water. – 2023. – Vol. 15. – Article 891. – <https://doi.org/10.3390/w15050891>

**18 Calvin, K., Arias, P., Lee, H.** et al. Climate Change 2023: Synthesis Report // IPCC. – Geneva, 2023. – <https://doi.org/10.59327/ipcc/ar6-9789291691647>

**19 Simpson, N.P., Mach, K.J., Constable, A.** A framework for complex climate change risk assessment // One Earth. – 2021. – Vol. 4. – P. 489–501. – <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.03.005>

**20 UNDP.** Climate Risk Assessment Methodology of the Republic of Kazakhstan. – Almaty: United Nations Development Programme, 2025.

Received 29.01.26.

Received in revised form 03.02.26.

Accepted for publication 15.05.26.

\*А. В. Осипова

Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

29.01.26 ж. баспаға түсті.

03.02.26 ж. түзетулерімен түсті.

15.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

### ПАВЛОДАР ӨҢІРІНІҢ СУ СЕКТОРЫНА АРНАЛҒАН КЛИМАТТЫҚ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ

*Су тасқыны қаупі Павлодар облысы үшін өзекті мәселе болып табылады, себебі облыс Ертіс өзенінің бойында орналасқан, континенттік климатқа ие және жауын-шашын мөлшері көп. Су тасқындары инфрақұрылымға, ауыл шаруашылығы жерлеріне зиян келтіріп, қалпына келтіру және төтенше жағдайларға дайындық үшін қосымша шығындардың туындауына себеп болады. Зерттеу барысында Павлодар облысының су ресурстарына климаттық тәуекелдер талданды және адаптациялық шараларға қатысты ұсыныстар берілді. Тәуекел компоненттерін бағалау үшін температура, жауын-шашын, осал халық және су саласының инфрақұрылымының жағдайы туралы деректер жиналды. Есептеулер нәтижесі бойынша, Павлодар облысы қазіргі уақытта климаттық, гидрологиялық және әлеуметтік факторлардың үйлесуі салдарынан орташа деңгейдегі су тасқыны тәуекеліне (49%) ұшырайды. Температураның ауытқуының күшеюі, жауын-шашынның көбеюі және қар массасының жиналуы көктемгі ағынның артуына және су тасқынының жиілігінің ұлғаюына әкеледі, әсіресе Ертіс бассейнінде. Қосымша қысым орошылатын ауыл шаруашылығы мен су ағызу жүйелерінің жеткіліксіз өткізу қабілеті арқылы туындайды. Тиімді адаптация кешенді болуы тиіс және инженерлік инфрақұрылымды жаңғырту, табиғатқа бағытталған шешімдерді енгізу, мониторинг және ерте ескерту жүйелерін дамыту, сондай-ақ осал топтарды әлеуметтік қорғауды күшейтуді біріктіруі қажет. Мұндай шараларды жүзеге асыру су тасқындарының ауқымын және олармен байланысты шығындарды азайтып қана қоймай, су секторы мен өңір халқының климаттың өзгеруіне ұзақ мерзімді тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер: климаттық өзгеріс, экологиялық тәуекел, тәуекелді бағалау, су ресурстары, ауа райы жағдайлары.*

\*А. В. Осипова

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Поступило в редакцию 29.01.26.

Поступило с исправлениями 03.02.26.

Принято в печать 15.05.26.

## ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ВОДНОГО СЕКТОРА ПАВЛОДАРСКОГО РЕГИОНА

*Опасность паводков является актуальной проблемой для Павлодарского региона из-за его расположения вдоль реки Иртыш, резко-континентального климата и обильным количеством осадков. Паводки могут приводить к инфраструктуре, сельскохозяйственных угодий, из-за чего возникают дополнительные расходы на восстановление и реагирование на чрезвычайные ситуации. В исследовании был проведен анализ климатических рисков для водных ресурсов на примере Павлодарской области и даны рекомендации по адапционным мерам. Для оценки компонентов риска были собраны данные о температуре, осадках, уязвимом населении и состоянии инфраструктуры водного сектора. По результатам проведенных расчетов, Павлодарская область на данный момент подвержена среднему риску паводков (49 %) из-за сочетания климатических, гидрологических и социальных факторов. Усиление температурных колебаний, увеличение осадков и накопление снежных масс приводят к росту весеннего стока и повышению частоты паводков, особенно в бассейне Иртыша. Дополнительное давление создают орошаемое земледелие и недостаточная пропускная способность систем водоотведения. Эффективная адаптация должна быть комплексной и сочетать модернизацию инженерной инфраструктуры, внедрение природо-ориентированных решений, развитие систем мониторинга и раннего предупреждения, а также усиление социальной защиты уязвимых групп. Реализация таких мер позволит не только уменьшить масштабы паводков и связанных с ними потерь, но и повысить долгосрочную устойчивость водного сектора и населения региона к изменению климата.*

*Ключевые слова: изменение климата, экологический риск, оценка риска, водные ресурсы, погодные условия.*

FTAMP 34.01

<https://doi.org/10.48081/BGQF2105>

\*А. С. Савиханова<sup>1</sup>, М. Г. Куанышбаева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы, Семей қ.

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2249-4062>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6401-9207>

\*e-mail: [aidasavikhanova@mail.ru](mailto:aidasavikhanova@mail.ru)

## АГРОБИОЛАБОРАТОРИЯ АУМАҒЫНДАҒЫ СҮРЕКТІ-БҰТАЛЫ ӨСІМДІКТЕРДІҢ ЗИЯНКЕСТЕРІНІҢ ДОМИНАТТЫ ТҮРЛЕРІ

*Мақалада 2025 жылдың көктемі мен жаз мезгілдерінде, «Шәкәрім университеті» агробиологикалық лабораториясының аумағында сүректі-бұталы өсімдіктердің зиянкестерінің түрлік құрамына зерттеу жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде сүректі-бұталы өсімдіктердің жапырақтарына, гүлдеріне, өркендерін және тамыр жүйесіне зақым келтіретін фитофагтардың түрлері анықталып, сипатталды. Негізгі зиянкестерге *Cetonia aurata*, *Mylabris fabricii*, *Palomena prasina*, *Caliroa cerasi*, *Aleyrodes protella*, *Athous haemorrhoidalis*, *Labidostomis pachysoma*, *Clytra laeviuscula*, *Myzus cerasi* және *Gracillaria syringella* түрлері жатады, олардың келтіретін зияны туралы ақпарат берілді. Аталған зиянкестер фотосинтездің төмендеуіне, өсімдіктің әлсіреуіне, өсуінің баяулауына, сонымен қатар, өнімділігінің төмендеуіне алып келетіні сипатталды. Зиянкестер өсімдіктерді зақымдап ғана қоймай, бактериялық аурулардың таралуына әсер ететіні байқалды. Зиянкестердің популяциясы артқан жағдайда, әсіресе, жеміс ағаштарының өнімділігі төмендеп, жемістерінің сапасы нашарлайтындығы және өсімдік толығымен жойылу ықтималдылығы туындауы мүмкін. Зиянкестер, әсіресе, маусым және шілде айларында белсенді және өсімдіктерді осы айларда бақылап, зиянкестерден залалсыздандыру жұмыстарын жүргізілу қажеттілігі туындайтындығы назар аудартады. Себебі, өсімдіктерді залалсыздандыру жұмыстарының уақытылы жүргізілмеуі өсімдіктің құрап кетуіне, тіпті жойылуына алып*

келуі мүмкін. Сондықтан, әрбір зиянкестің түрлерін танып-білу маңызды және өте қажет.

*Кілтті сөздер: зиянкес, өсімдік, түр, популяция, фитофаг.*

### Кіріспе

Семей қаласында жетекші оқу орындарының бірі Шәкәрім университетінің ғылыми-зерттеу орталығы ретінде агробиологическая лаборатория жұмыс жасайды. Шәкәрім университетінің агробиологическая лабораториясы ғылыми және білім беру қызметін үйлестіретін маңызды орталық болып табылады. Лаборатория аумағында сүректі-бұталы өсімдіктердің көптеген түрлері өседі. Сүректі-бұталы өсімдіктер – қалыпты және суық аймақтардың жер үсті экожүйелерінің негізін құрайтын өсімдіктер тобының бірі. Олар шөптесін өсімдіктерден бірнеше жыл бойы сақталатын сүректенген сабақтарының немесе бұтақтарының болуымен ерекшеленеді [1]. Бұталар салыстырмалы түрде аласа болып келеді және бірнеше сүректенген сабақтарының болуымен ерекшеленеді. Өсімдіктердің қалыпты өсуі үшін, оның зиянкестерінің түрлік құрамын анықтау өте маңызды. Себебі зиянкестердің тіршілік әрекеті сүректі және бұталы өсімдіктердің физиологиялық үдерістерінің бұзылуына, өсу қарқыны мен өнімділігінің төмендеуіне әкеледі. Жапырақтарды, қабықты, сүректі, тамырларды немесе өркендерді зақымдай отырып, зиянкестер өсімдіктердің су және минералды қоректенуін, фотосинтез және зат алмасуын үрдістерін бұзады [2; 3; 4; 5].

### Материалдар мен әдістері

Аумақтағы сүректі-бұталы өсімдіктердің зиянкестерін зерттеу 2025 жылдың көктем, жазғы маусымдарында жүргізілді. Зерттеу жұмыстары Семей қаласы Шәкәрім университеті агробиологическая лаборатория аумағында жалпыға ортақ әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылды. Зиянкестерді анықтау барысында әртүрлі еңбектер пайдаланылды [6; 7; 8; 9; 10; 11].

### Нәтижелер және талқылау

Алтынүсті қолақоңыз *Cetonia aurata* қатты қанаттылар отрядына жататын қоңыз түрі (сурет 1). Өсімдіктердің жапырақтары мен гүлдеріне зақым келтіреді. Жеміс ағаштарының жас өркендері мен жапырақтарымен қоректеніп, өнімділікті төмендетеді. Жиі кездескен жері зәйтүндер тұқымдасына жататын Мамырғұл өсімдігінің жапырағы және гүлі.

*Оннүктелі алагүлік қоңызы Mylabris fabricii* өсімдіктердің гүлдері мен жапырақтарына зақым келтіреді (сурет 2). Жиналған жері зәйтүндер тұқымдасына жататын Мамырғұл өсімдігінің жапырағы және гүлі.

*Қызылқұйрықты шыртылдақ қоңыз Athous haemorrhoidalis* сүректі-бұталы өсімдіктердің қауіпті зиянкесі (сурет 3). Әсіресе, дернәсіл сатысында

зиян келтіреді. Дернәсілдері топырақта 3-4 жыл дамып, өсімдіктің тамырларымен қоректенеді. Бұл жаңадан отырғызылған көшеттер үшін тіпті қауіпті. Зиянкестің әсерінен өсімдіктің жерсіндірілуі нашарлайды және өсуі тежеледі. Егер дернәсілдер көп болған жағдайда, өсімдікке толық қурап қалу қауіпі төнеді. Ал, ересек ағаштар төзімді келеді, дегенмен де зиянкестің әсерінен тамыр жүйесі әлсірейді.

*Жапырақ жегіш қоңыз Labidostomis pachysoma* бұл зиянкестер жапырақтарды және жас сабақтарды жеп, сонымен қатар, жас өркендер мен бүршіктерге де зиян келтіреді (сурет 4). Жаңа отырғызылған көшеттердің жапырағының аз бөлігінің зақымдалуы да түгел өсімдіктің өсуінің баяулауына алып келеді.

Төртнүктелі жапырақ жегіш қоңыз *Clytra quadripunctata* өсімдіктің жапырағы мен гүлдеріне зақым келтіретін зиянкес (сурет 5). Егер саны көбейіп кетсе, өсімдіктің жасыл массасы айтарлықтай азайып, өсімдіктің қалыпты өсуі баяулайды.

*Шие бүргесі Myzus ceras-* шие және басқа да сүректі-бұталы өсімдіктердің зиянкесі (сурет 6). Көбінесе жапырақтың астыңғы бетіне шоғырланып, өсімдік шырынын сорып қоректенеді. Өсімдік шырынын сору нәтижесінде жапырақтар қараяды және ширатылып, пішіні бұзылады. Сонымен қатар, өркендердің өсуі баяулайды және бұтақ ұштары қисайып немесе қурап қалады.

*Мамырғұл түнқобелегі Gracillaria syringella* сүректі-бұталы өсімдіктердің, әсіресе, мамырғұл өсімдігінің зиянкесі (сурет 7). Өсімдікке негізінен зиянкестің дернәсілдері зақым келтіреді. Зиянкес жұмыртқаларын өсімдік жапырақтарының бетіне салады. Зақымдалған жапырақ уақыт өте келе сарғаяды, қоңырланып, ерте құрайды. Ал тым қатты зақымдалған жағдайда, жапырақтары жаппай түсіп қалады. Нәтижесінде фотосинтез қарқындылығы төмендеп, өсімдіктің физиологиялық жағдайы нашарлайды. [8].

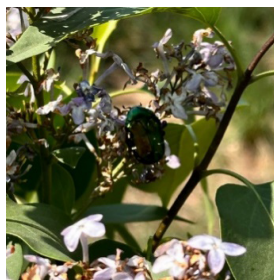
Жасыл паломена *Palomena prasina* сүректі-бұталы өсімдіктерде тіршілік етіп, өсімдік шырынымен қоректенеді (сурет 8). Нәтижесінде өсімдік өсуі баяулайды, жемістің сыртында дақтардың пайда болады. Популяциясы көбейсе өсімдіктерде айтарлықтай өзгеріс орын алып, өнімділік төмендеп кетуі мүмкін.

*Шие шырышты егегіші Caliora cerasi* сүректі-бұталы өсімдіктерге, әсіресе, жеміс ағаштарына зиян келтіретін қауіпті фитофаг (сурет 9). Негізгі зиянды дернәсілдері келтіреді. Олар жапырақ тақтасының жоғары бөлігін кеміріп, жүйкелері мен төменгі қабатын сақтап қалады. Жаппай көбейген жағдайда дернәсілдерді жапырақтарды толығымен жойып, өсімдіктер жапырақсыз қалуы мүмкін. Жапырақтардың жойылуы фотосинтездің төмендеуіне, өсімдіктің әлсіреуіне және өсуінің баяулауына, сонымен қатар жемістердің сапасының нашарлауына алып келеді.

Жер қандаласы *Sphragisticus nebulosu* - негізінен өсімдік шырынын сорып, тамыры мен сабағын және жас өркендерімен қоректенеді (сурет 10). Нәтижесінде өсімдіктердің өсуі баяулайды, жапырақтары сарғайып, сола бастайды. Зиянкес жаппай көбейген жағдайда өсімдіктердің сәндік және шаруашылық маңызы төмендейді.

Жылыжай аққанаты *Trialeurodes vaporariorum* - сүректі-бұталы өсімдіктердің қауіпті зиянкесі (сурет 11). Негізінен жапырақпен қоректенді. Қоректену нәтижесінде жапырақтарда ашық түсті дақтар пайда болып ширатылады және сарғаяды. Зиянкес бөлетін сұйықтықта күйе саңырауқұлағы дамиды. Нәтижесінде тыныс алу мен фотосинтез үдерісі бұзылады.

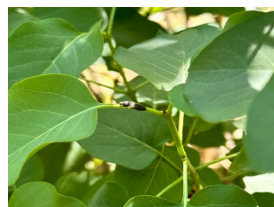
Қоңыр дақты оленка *Oxythyrea funesta* - ересектері өсімдіктердің гүлдерімен қоректенеді, күлте және тостағанша жапырақшаларын зақымдайды (сурет 12). Тозандану және жеміс түзу процесі бұзылып, өнімділігі мен сәндік қасиеті де төмендейді. Зиянкестің саны артқан жағдайда өсімдіктің гүлдері толығымен жойылып кетеді. Аса қауіпті кезеңі өсімдіктің гүлдеу уақыты.



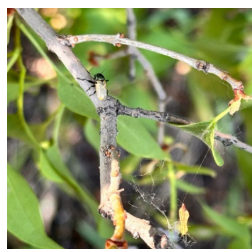
1-сурет – *Cetonia aurata*.



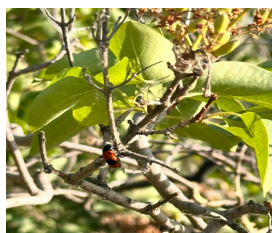
2-сурет – *Mylabris fabricii*



3-сурет – *Athous haemorrhoidalis*



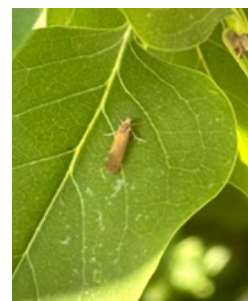
4-сурет – *Labidostomis pachysoma*



5-сурет – *Clytra quadripunctata*



6-сурет – *Myzus cerasi*



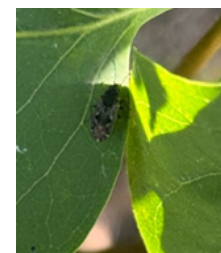
7-сурет – *Gracillaria syringella*



8-сурет – *Palomena prasina*



9-сурет – *Caliora cerasi*



10-сурет – *Sphragisticus nebulosus*



11-сурет – *Trialeurodes vaporariorum*



12-сурет – *Oxythyrea funesta*

Зерттеу нәтижелері бойынша қарастырылған өсімдіктердің түрлерінің саны 10. Зерттелген зиянкестердің 70 %-ы жапырақпен қоректенетіндер, қалған 30 %-ы тамырмен, гүлмен және өркендермен қоректенетіндер. Яғни басым бөлігі жапырақпен қоректеніп, фотосинтез үдерісінің қалыпты жүруіне кедергі жасайды. Нәтижесінде өсімдік үшін маңызды процесс тежеледі. Қалған бөлігі популяциясының артуымен қауіп төндіреді. Саны артқан жағдайда өсімдік құрап, тіршілігін жояды.

#### Қорытынды

Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижесінде Шәкәрім университетінің агробиологическая лаборатория аумағында өсетін сүректі-бұталы өсімдіктердің зиянкестерінің түрлік құрамы анықталды. Зерттеу барысында зиянкестердің өсімдіктердің тамырларына, жапырақтарына, өркендеріне, гүлдері мен жемістеріне айтарлықтай зиян келтіретіндігі байқалды. Аталған зиянкестер физиологиялық үдерістерді бұзып, фотосинтез үдерісінің төмендеуіне, өсу және процесстерінің баяулауына бірден-бір себеп болатындығы көрінді. Зерттеу

нәтижелері бойынша *Cetonia aurata*, *Mylabris fabricii*, *Athous haemorrhoidalis*, *Labidostomis pachysoma*, *Clytra laeviuscula*, *Myzus cerasi*, *Gracillaria syringella*, *Palomena prasina* *Caliroa cerasi*, *Sphragisticus nebulosus*, *Trialeurodes vaporariorum* және *Oxuthyrea funesta* аумақтың сүректі- бұталы өсімдіктердің зиянкестерінің басты түрлері екендігі анықталды. Бұл зиянкестердің дернәсілдері де ересек формалары да өсімдіктің өсуі мен дамуының әртүрлі кезеңдерінде тікелей әсер ететіндігі және ол өсімдіктің тіршілік процесстерінің жүруіне әсер етіп ғана қоймай, тіпті өсімдікті жойып жіберу ықтималдылығы бар екені белгілі болды. Сонымен қатар, зиянкестер өздері зиян келтіріп ғана қоймай, түрлі бактериялық аурулардың туындауына жағдай жасайды. Зиянкестердің белсенділігі жаз мезгілінің маусым және шілде айларына сәйкес келетіндігі байқалды. Осы кезеңде зиянкестердің популяциясы артады және уақытында бақылап, залалсыздандыру жұмыстары жүргізілмесе өсімдіктердің өнімділігі төмендейді. Сондықтан, сүректі-бұталы өсімдіктердің түрлік құрамын анықтау және олардың биологиялық ерекшеліктерін ескере отырып жүйелі мониторинг жүргізу және күресу шараларын ұйымдастыру аса маңызды болып табылады.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 **Ситпаева, Г. Т., Бабай, И. В., Масалова, В. А., [и др].** Ассортимент широко используемых древесно-кустарниковых растений в озеленении городов Казахстана // Ин-т ботаники и фитоинтродукции КЛХЖМ МЭПР РК. — Алматы : Труды Института ботаники и фитоинтродукции, 2024.
- 2 **Протасов, Н. А.** Вредители лесных культур и методы их контроля. — Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. — 296 с.
- 3 **Miller, D. R., & Davidson, J. A.** Armored Scale Insect Pests of Trees and Shrubs (Hemiptera: Diaspididae). Ithaca, Comstock Publishing Associates, 2005. — 456 p.
- 4 **Babayan, A. H.** Pest species composition of fragrant trees in the parks and gardens of Yerevan city, Armenia / A. H. Babayan // SABRAO Journal of Breeding and Genetics. — 2022. — Vol. 54, No. 1. — P. 201–209.
- 5 **Frank, S. D.** A Survey of Key Arthropod Pests on Common Southeastern Street Trees / S. D. Frank // Arboriculture & Urban Forestry. — 2019. — Vol. 45, No. 5. — P. 155–166.
- 6 **Колов, С. В., Казенас, В. Л.** Жуки-нарывники. — Алматы, 2013. — 75 с.
- 7 **Казенас, В. Л., Николаев, Г. В.** Членистоногие, опасные для жизни и здоровья человека. — Алматы, 2004. — 30 с.
- 8 **Казенас, В. Л.** Роющие осы. — Алматы, 2013. — 149 с.
- 9 **Есенбекова, П. А., Казенас, В. Л.** Полужесткокрылые. — Алматы, 2013. — 93 с.

10 **Николаева, А. М., Трущицына, О. С., Бармыкина, А. В.** Видовой состав полужесткокрылых (Insecta, Heteroptera) лесных гарей национального парка «Мешёрский» // Сборник трудов научной конференции. — 2017. — С. 80–84.

11 **Богачёва, И. А., Замшина, Г. А.** Комплекс насекомых-филлофагов на лиственных деревьях и кустарниках Екатеринбург // Фауна Урала и Сибири. — 2017. — С. 33–52.

#### REFERENCES

- 1 **Sitpaeva, G.T., Babaj, I.V., Masalova, V.A., i dr.** Assortiment shiroko ispol'zuemykh drevesno-kustarnikovyyh rasteniy v ozelenenii gorodov Kazahstana [Assortment of widely used woody and shrub plants in urban landscaping of Kazakhstan]. Trudy Instituta botaniki i fitointrodukcii [Proceedings of the Institute of Botany and Phytointroduction]. Almaty, 2024.
- 2 **Protasov, N.A.** Vrediteli lesnyh kul'tur i metody ih kontrolja [Pests of forest crops and methods of their control]. Ekaterinburg: Ural'skij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet, 2018. 296 p.
- 3 **Miller, D.R., Davidson, J.A.** Armored Scale Insect Pests of Trees and Shrubs (Hemiptera: Diaspididae). Ithaca: Comstock Publishing Associates, 2005. 456 p.
- 4 **Babayan, A.H.** Pest species composition of fragrant trees in the parks and gardens of Yerevan city, Armenia. SABRAO Journal of Breeding and Genetics. 2022; 54(1): 201–209.
- 5 **Frank, S.D.** A Survey of Key Arthropod Pests on Common Southeastern Street Trees. Arboriculture & Urban Forestry. 2019; 45(5): 155–166.
- 6 **Kolov, S.V., Kazenas, V.L.** Zhuki-naryvniki [Blister beetles]. Almaty, 2013. 75 p.
- 7 **Kazenas, V.L., Nikolaev, G.V.** Chlenistonogie, opasnye dlja zhizni i zdorov'ja cheloveka [Arthropods dangerous to human life and health]. Almaty, 2004. 30 p.
- 8 **Kazenas, V.L.** Royushchie osy [Digging wasps]. Almaty, 2013. 149 p.
- 9 **Esenbekova, P.A., Kazenas, V.L.** Poluzhestkokrylye [Hemiptera]. Almaty, 2013. 93 p.
- 10 **Nikolaeva, A.M., Trushicyna, O.S., Barmykina, A.V.** Vidovoj sostav poluzhestkokrylyh (Insecta, Heteroptera) lesnyh garej nacional'nogo parka «Meshcherskij» [Species composition of Hemiptera (Insecta, Heteroptera) in forest burn areas of Meshchersky National Park]. Sbornik trudov nauchnoj konferencii [Proceedings of the scientific conference]. 2017: 80–84.
- 11 **Bogacheva I.A., Zamshina G.A.** Kompleks nasekomyh-fillofagov na listvennyh derev'jah i kustarnikah Ekaterinburga [Complex of phyllophagous insects on deciduous trees and shrubs of Yekaterinburg]. Fauna Urala i Sibiri [Fauna of the Urals and Siberia]. 2017: 33–52.

30.01.26 ж. баспаға түсті.  
26.02.26 ж. түзетулерімен түсті.  
10.06.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

\*А. С. Савиханова<sup>1</sup>, М. Г. Куанышбаева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Университет Шакарима,  
Республика Казахстан, г. Семей.  
Поступило в редакцию 30.01.26.  
Поступило с исправлениями 26.02.26.  
Принято в печать 10.06.26.

### ДОМИНАНТНЫЕ ВИДЫ ВРЕДИТЕЛЕЙ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АГРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

*В статье представлены результаты исследования видового состава вредителей древесно-кустарниковых растений, проведённого весной и летом 2025 года на территории агробиологической лаборатории Университета Шакарима. В ходе исследования были выявлены и охарактеризованы виды фитофагов, повреждающие листья, цветки, побеги и корневую систему древесно-кустарниковых растений. К основным вредителям относятся *Cetonia aurata*, *Mylabris fabricii*, *Palomena prasina*, *Caliroa cerasi*, *Aleyrodes protella*, *Athous haemorrhoidalis*, *Labidostomis pachysoma*, *Clytra laeviuscula*, *Myzus cerasi* и *Gracillaria syringella*. Приведены сведения о характере наносимого ими вреда.*

*Отмечено, что данные вредители приводят к снижению интенсивности фотосинтеза, ослаблению растений, замедлению их роста, а также к уменьшению урожайности. Установлено, что вредители не только повреждают растения, но и способствуют распространению бактериальных заболеваний.*

*При увеличении численности популяций вредителей, особенно у плодовых деревьев, наблюдается снижение урожайности и ухудшение качества плодов, а в отдельных случаях возможна полная гибель растений. Установлено, что наибольшая активность вредителей приходится на июнь–июль, в связи с чем в этот период возникает необходимость регулярного мониторинга растений и проведения защитных мероприятий. Несвоевременное проведение мер по защите растений может привести к их усыханию и даже гибели. Таким*

*образом, распознавание и изучение каждого вида вредителей является важной и необходимой задачей.*

*Ключевые слова: вредитель, растение, вид, популяция, фитофаг.*

\*А. S. Savikhanova<sup>1</sup>, M. G. Kuanyshbaeva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Shakarim University,  
Republic of Kazakhstan, Semey.  
Received 30.01.26.  
Received in revised form 26.02.26.  
Accepted for publication 10.06.26.

### DOMINANT PEST SPECIES OF WOODY AND SHRUBBY PLANTS IN THE TERRITORY OF THE AGRONOMIC LABORATORY

*The article presents the results of a study on the species composition of pests of woody and shrubby plants conducted in the spring and summer of 2025 on the territory of the agrobiological laboratory of Shakarim University. As a result of the research, phytophagous species damaging the leaves, flowers, shoots, and root systems of woody and shrubby plants were identified and described. The main pests include *Cetonia aurata*, *Mylabris fabricii*, *Palomena prasina*, *Caliroa cerasi*, *Aleyrodes protella*, *Athous haemorrhoidalis*, *Labidostomis pachysoma*, *Clytra laeviuscula*, *Myzus cerasi*, and *Gracillaria syringella*. Information on the nature of the damage caused by these pests is provided. It was noted that these pests lead to a decrease in photosynthetic activity, weakening of plants, retardation of growth, and a reduction in productivity. In addition, the pests were found not only to damage plants directly but also to contribute to the spread of bacterial diseases. With an increase in pest population density, especially in fruit trees, a decrease in yield and deterioration in fruit quality were observed, and in some cases, complete plant loss may occur. Pest activity was particularly high in June and July, indicating the need for regular monitoring of plants and timely implementation of pest control measures during this period. Failure to carry out plant protection measures in a timely manner may result in plant desiccation and even death. Therefore, the identification and study of each pest species are important and necessary tasks.*

*Keywords: pest, plant, species, population, phytophage.*

<https://doi.org/10.48081/BGQF2106>

\***А. Б. Сансызбай<sup>1</sup>, А. М. Рахметова<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5282-5802>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3221-958X>

\*e-mail: [aimasansyzbaeva@mail.ru](mailto:aimasansyzbaeva@mail.ru)

## **РЕГЕНЕРАТИВТІ БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТРАНСЛЯЦИЯЛЫҚ МЕДИЦИНА АЯСЫНДАҒЫ ЖАСАНДЫ МҮШЕЛЕРДІҢ ДАМУЫ**

*Мақаланың мақсаты – биология мен медицинадағы жасанды мүшелерді әзірлеудің заманауи бағыттарын жүйелік тұрғыдан кешенді талдау. Регенеративті медицинаның дамуы жасушалық деңгейден тіндік ұйымдасуға, одан әрі күрделі микрофизиологиялық платформаларға дейінгі эволюциялық үдеріс ретінде қарастырылады. Мезенхималық дің жасушаларының (MSC) жоғары регенерациялық әлеуеті, олардың дифференциация мүмкіндіктері мен клиникалық қолданылуындағы негізгі шектеулер жан-жақты сипатталады. Сонымен қатар, органоидтық модельдер мен 3D-тіндік инженерия кеңістіктік морфогенезді қалпына келтіруге мүмкіндік беретін перспективті технологиялар ретінде бағаланады, алайда олардың толыққанды жүйелік интеграциясының жеткіліксіздігі көрсетіледі. Organ-on-chip және көп мүшелі микрофизиологиялық жүйелер жасанды ортада функционалдық өзара әрекеттесулерді модельдеудің тиімді құралы ретінде талданады. Жасанды мүшелерді жасаудағы негізгі ғылыми кедергілер қатарында иммунологиялық үйлесімділік, ұзақ мерзімді васкуляризация және жүйелік реттелудің күрделілігі атап өтіледі. Қорытындысында толық функционалды биоинженерлік мүшені қалыптастыру құрылымдық дәлдікпен қатар организмнің жүйелік биологиясын терең әрі кешенді түсінуді талап ететіні негізделеді.*

*Кілтті сөздер: регенеративті медицина, тіндік инженерия, дің жасушалары, органоидтар, 3D-биобаспа, микрофизиологиялық платформалар, иммунологиялық үйлесімділік, жүйелік интеграция.*

## **Кіріспе**

Қазіргі заманғы биомедицинадағы стратегиялық өзгерістердің бірі – симптоматикалық терапийден регенеративті және биоинженерлік қайта құруға көшу болып табылады. Егер дәстүрлі клиникалық тәсілдер көбінесе аурудың сыртқы белгілерін азайтуға бағытталса, қазіргі ғылыми бағыт зақымданған тіндер мен мүшелердің құрылымдық тұтастығын ғана емес, олардың физиологиялық қызметін де қалпына келтіруге ұмтылады. Бұл трансформация тіндік инженерия тұжырымдамасының қалыптасуымен тығыз байланысты, себебі дәл осы бағыт жасушалар, биоматериалдар және биологиялық белсенді сигналдық молекулалар негізінде функционалды биологиялық құрылымдарды қалыптастыру мүмкіндігін ғылыми тұрғыдан негіздеді [1]. Тіндік инженерия жасанды жүйелерді тек механикалық алмастырушы ретінде емес, тірі тіндердің биологиялық қасиеттерін ішінара қайталай алатын құрылымдар ретінде қарастыруға жол ашты.

Сонымен қатар жасанды мүшелерді әзірлеу мәселесі тек морфологиялық құрылымды қалпына келтірумен шектелмейді. Негізгі ғылыми проблема – жасанды түрде қалыптастырылған құрылымды тірі организмнің күрделі, көпдеңгейлі және өзара байланысқан жүйелік реттелу механизміне тиімді түрде интеграциялау болып табылады. Яғни мәселе тек тінді «құрастыруда» емес, оны гомеостаз, иммундық жауап, метаболизм және жүйелік сигналдану жағдайында тұрақты әрі үйлесімді қызмет атқаратын биологиялық жүйеге айналдыруда жатыр.

Регенеративті медицинаның жасушалық платформасы ретінде мезенхималық дің жасушалары (MSC) қарастырылады [2]. Бұл жасушалар биоинженерлік құрылымдарды қалыптастыруда негізгі биологиялық компонент болып саналады, себебі олар жоғары пластикалыққа ие және әртүрлі мезенхималық тіндерге дифференциациялана алады. MSC мультипотентті қасиеті олардың остеогендік, хондрогендік және адипогендік бағытта мамандану мүмкіндігін қамтамасыз етеді, бұл сүйек, шеміршек және май тіндерін регенерациялау үшін ерекше маңызды.

Жасушалардың дифференциациялануы кездейсоқ процесс емес, ол күрделі және өзара байланысқан молекулалық сигналдық желілер арқылы реттеледі. Атап айтқанда, Runx2 транскрипциялық факторы остеогенездің негізгі реттеушісі ретінде қызмет атқарады және сүйек тінінің қалыптасу бағдарламасын іске қосады, ал BMP/Smad және Wnt/ $\beta$ -catenin сигналдық каскадтары жасушалық тағдырды анықтайтын регуляторлық ортаны тұрақтандырады [3]. Бұл сигналдық жолдардың үйлесімді және теңгерімді белсенділігі жасушалардың фенотиптік тұрақтылығын сақтауға,

дифференциация бағытын бекітуге және қалыптасқан тіннің морфологиялық тұтастығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Қазіргі жасушалық технологиялар MSC негізіндегі терапияның клиникалық қолданылу әлеуетін растады, әсіресе тірек-қимыл жүйесі патологияларында. Дегенмен, жасушалық деңгейдегі бұл жетістіктерге қарамастан, MSC-ке негізделген стратегиялар әлі де толыққанды органдық деңгейдегі функцияны қамтамасыз ете алмай отыр. Яғни, дифференциацияланған тіннің морфологиялық қалыптасуы әрдайым оның жүйелік физиологиялық ортада тұрақты және үйлесімді қызмет етуіне әкелмейді [4]. Бұл жағдай жасушалық регенерация мен организмдік интеграция арасындағы айырмашылықтың әлі де сақталып отырғанын көрсетеді.

MSC терапиясының шектеуші факторларының бірі – иммунологиялық микроорта болып табылады. Жасушалардың регенерациялық әлеуеті олардың ішкі молекулалық бағдарламасымен ғана емес, имплантацияланған ортадағы қабыну деңгейімен және иммундық жүйенің белсенділігімен де анықталады. IFN- $\gamma$  және TNF- $\alpha$  сияқты қабыну цитокиндері MSC-тің регенерациялық потенциалын төмендетіп, Fas-рецепторлық апоптоз жолын белсендіреді. Бұл сигналдық әсерлер жасушалардың пролиферациялық белсенділігін шектеп қана қоймай, олардың дифференциациялық бағдарламасының тұрақтылығын да бұзады [5].

Нәтижесінде трансплантацияланған жасушалардың тіршілік ету ұзақтығы қысқарады, олардың имплантация аймағында сақталу деңгейі төмендейді және жалпы регенерация тиімділігі әлсірейді. Яғни жасушалық терапияның табыстылығы тек дифференциация әлеуетімен емес, жасушалардың иммундық қысым жағдайында өміршеңдігін сақтай алуымен де байланысты.

Осы себепті регенеративті технологиялардың клиникалық табысы трансляциялық медицинаның дамуымен тікелей байланысты [6]. Трансляциялық тәсіл зертханалық модельдер мен нақты клиникалық фенотип арасындағы айырмашылықты азайтуға бағытталған, яғни *in vitro* жағдайында алынған нәтижелер пациент организмнің күрделі иммундық және метаболикалық контекстінде қайта бағалануы тиіс [7]. Бұл тұрғыдан алғанда, жасушалық технологиялар әрбір пациенттің иммундық белсенділігі, қабыну профилі және метаболикалық ерекшеліктерін ескере отырып бейімделуі қажет.

Осылайша, MSC терапиясының шынайы клиникалық тиімділігі жасушаның биологиялық қасиеттерімен қатар, оның иммунологиялық ортаға бейімделу қабілетіне де тәуелді екендігі айқындалады.

### Материалдар мен әдістері

MSC технологиялары ортопедиялық патологияларда [8] және стоматологиялық реконструкцияда [9] перспективті нәтижелер көрсеткенімен, олардың негізгі шектеуі – жүйелік деңгейдегі интеграцияның жеткіліксіздігі болып табылады. Клиникалық тәжірибеде сүйек немесе шеміршек ақауларын қалпына келтіру кезінде жасушалық регенерация морфологиялық тұрғыдан қанағаттанарлық нәтиже беруі мүмкін, алайда бұл әрдайым ұзақ мерзімді функционалдық тұрақтылықпен қатар жүрмейді. Мұның басты себептерінің бірі – қалыптасқан тіннің жеткілікті дәрежеде васкуляризацияланбауы. Қан тамырлық желінің әлсіз дамуы гипоксиялық жағдайдың туындауына алып келеді, ал бұл жасушалардың метаболикалық белсенділігін төмендетіп, олардың өміршеңдігі мен дифференциация тұрақтылығына кері әсер етеді.

Сонымен қатар нейрогуморальдық реттелудің болмауы жасанды қалыптасқан тіндердің организмнің жалпы физиологиялық жүйесіне толыққанды қосылуын шектейді. Тіннің құрылымдық қалыптасуы оның жүйелік сигналдарға, гормондық әсерлерге және метаболикалық өзгерістерге адекватты жауап беруін автоматты түрде қамтамасыз етпейді. Нәтижесінде функционалдық тұрақсыздық пайда болып, ұзақ мерзімді клиникалық тиімділік төмендеуі мүмкін.

Демек, жасанды мүшелерді жасау тек жаңа тінді қалыптастырумен шектелмейді; негізгі мәселе – оны организмнің гомеостаз жүйесіне енгізу, яғни иммундық, метаболикалық және нейрогуморальдық реттелу тетіктерімен үйлесімді жұмыс істейтін биологиялық жүйеге айналдыру болып табылады. Бұл жасушалық регенерациядан жүйелік интеграцияға өтудің қажеттілігін айқын көрсетеді.

Осы контексте органоидтық технологиялар жасушалық деңгейден тіндік деңгейге өтудің сапалық жаңа кезеңін білдіреді. Егер MSC негізіндегі тәсілдер жекелеген жасушалардың дифференциациялық әлеуетіне сүйенсе, органоидтық модельдер жасушалардың өзара әрекеттесуін және кеңістіктік ұйымдасуын ескере отырып күрделірек биологиялық құрылымдарды қалыптастыруға мүмкіндік береді. Органоидтар – өзін-өзі ұйымдастыратын үшөлшемді құрылымдар, олар мүшелердің морфогенездік принциптерін модельдейді және жасушалардың табиғи даму бағдарламасына сәйкес кеңістіктік архитектура түзу қабілетін көрсетеді [10].

Бұл құрылымдарда жасушалар тек фенотиптік дифференциацияланып қана қоймай, бір-бірімен функционалдық байланыс орнатып, тінге тән микроорта қалыптастырады. 3D-тіндік инженерия саласындағы жетістіктер осы мүмкіндіктерді одан әрі кеңейтіп, бионикалық құрылымдарды қалыптастырудың технологиялық негізін күшейтті [11]. Жасушалар мен

биоматериалдардың үйлесімді комбинациясы морфологиялық күрделілігі жоғары тіндік модельдерді құруға жағдай жасады.

3D-биобаспа технологиясы жасушаларды кеңістікте дәл орналастыру арқылы күрделі анатомиялық құрылымдарды модельдеуге мүмкіндік берді [12]. Бұл әдіс жасушалық композицияны, геометриялық дәлдікті және қабаттық ұйымдасуды бақылауға жол ашып, биоинженерлік конструкциялардың морфологиялық нақтылығын арттырды. Реконструктивті хирургияда бұл тәсіл нақты клиникалық қолдануға жақындап, тіндік ақауларды жеке анатомиялық ерекшеліктерге сәйкес модельдеуге мүмкіндік берді [13].

Сонымен бірге органоидтық және 3D-инженерлік модельдер жасушалық регенерациядан күрделірек тіндік ұйымдасуға өтуге мүмкіндік бергенімен, олар әлі де толыққанды жүйелік интеграция мәселесін шешкен жоқ. Яғни морфологиялық дәлдік пен кеңістіктік ұйымдасу органдық деңгейдегі тұрақты физиологиялық функцияны автоматты түрде қамтамасыз етпейді.

Нанотехнологияларды енгізу биоматериалдардың микроморфологиясын жетілдіруге және жасуша–матрица өзара әрекеттесуін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Наноқұрылымды беткейлер жасушалардың адгезиясын, миграциясын және дифференциациялық белсенділігін реттеуде маңызды рөл атқарады, себебі олар табиғи экстрацеллюлярлық матрицаның микро топографиясын ішінара қайталай алады. Осылайша, биоматериалдардың физикалық және механикалық қасиеттерін нано-деңгейде басқару жасушалардың фенотиптік тұрақтылығын сақтауға және тіннің морфологиялық ұйымдасуын жетілдіруге ықпал етеді [14].

#### **Нәтижелер және талқылау**

Дегенмен, органоидтардың басты шектеуі – олардың автономды жүйе ретінде қалыптасуы болып табылады. Яғни олар белгілі бір тіннің немесе мүшенің морфогенетикалық принциптерін модельдегенімен, қан тамырлық, иммундық және эндокриндік жүйелермен толық интеграцияланбайды. Бұл олардың метаболикалық алмасуын, жүйелік сигналдарға жауап беру қабілетін және ұзақ мерзімді функционалдық тұрақтылығын шектейді. Органоидтар ішкі құрылымдық ұйымдасуды қамтамасыз еткенімен, организм деңгейіндегі күрделі гомеостатикалық реттелу тетіктерінен оқшауланған күйде қалады.

Organ-on-chip технологиясы осы мәселені ішінара шешуге бағытталған, себебі микрофлюидтік платформалар динамикалық перфузия мен механикалық стимуляцияны модельдей алады [15]. Мұндай жүйелер жасушаларды статикалық ортадан шығарып, физиологиялық ағындық кернеу, қысым және механикалық жүктеме жағдайында өсіруге мүмкіндік береді. Бұл факторлар жасушалардың функционалдық жетілуіне ықпал етіп, олардың табиғи тіндік ортаға жақындауына жағдай жасайды. Сонымен бірге динамикалық микроорта

жасушалардың метаболикалық белсенділігін тұрақтандырып, құрылымдық ұйымдасудың сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Алайда бұл технологиялар да толық жүйелік интеграцияны қамтамасыз етпейді, себебі олар көбінесе жекелеген мүшелік модельдер деңгейінде қалады.

Көп мүшелі микрофизиологиялық платформалар жүйелік интеграцияның келесі сапалық деңгейін білдіреді [16]. Егер organ-on-chip технологиясы жекелеген мүшелік модельдерді динамикалық ортада зерттеуге мүмкіндік берсе, көп мүшелі жүйелер бірнеше тіндердің өзара байланысын және олардың функционалдық өзара әрекеттесуін бір мезгілде талдауға жағдай жасайды. Мұндай платформалар тіндер арасындағы метаболикалық алмасуды, сигналдық молекулалардың таралуын және физиологиялық жауаптардың координациясын *in vitro* жағдайда модельдей алады.

Олар фармакокинетикалық және фармакодинамикалық процестерді кешенді түрде талдауға мүмкіндік береді, яғни дәрілік заттардың таралуы, метаболизмі және биологиялық әсері бірнеше тіндік компоненттер деңгейінде бағаланады. Бұл тәсіл жасанды мүшелердің клиникалық енгізілуіне дейінгі зерттеулердің дәлдігін арттырып, жүйелік жауаптарды алдын ала болжауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар көп мүшелі модельдер биоинженерлік құрылымдардың организмдік контексттегі функционалдық үйлесімділігін бағалауға мүмкіндік беретін аралық зерттеу сатысы ретінде қарастырылады.

Осы контексте эпигенетикалық реттелу механизмдері жасушалардың регенерациялық потенциалын ұзақ мерзімде сақтау мәселесінде маңызды рөл атқарады [17]. Жасушалардың генетикалық бағдарламасы тұрақты болғанымен, олардың фенотиптік күйі эпигенетикалық факторларға тәуелді. Сондықтан эпигенетикалық тұрақтылықты қамтамасыз ету жасушалардың дифференциациялық бағытын сақтауға және функционалдық қасиеттерін ұзақ уақыт бойы ұстап тұруға ықпал етеді.

Жасушалық қартаюды тежеу және фенотиптік тұрақтылықты сақтау биоинженерлік құрылымдардың өміршеңдігін арттыруы мүмкін. Бұл әсіресе ұзақ мерзімді клиникалық қолдану үшін маңызды, себебі жасанды түрде қалыптастырылған тіндер тек морфологиялық жағынан ғана емес, уақыт өте келе функционалдық тұрғыдан да тұрақты болуы тиіс. Осылайша, көп мүшелі микрофизиологиялық платформалар мен эпигенетикалық тұрақтылықты сақтау стратегиялары жасанды мүшелердің ұзақ мерзімді тиімділігін арттыруға бағытталған өзара байланысты ғылыми бағыттар ретінде қарастырылады.

Регенеративті технологиялардың дамуы тек биологиялық және инженерлік мәселелермен шектелмей, философиялық және биоэтикалық аспектілерді де қамтиды [18]. Жасанды мүшелерді жасау адамның табиғи

биологиялық шекараларын қайта қарастыруға алып келеді, сондықтан бұл бағыт тек ғылыми прогресс емес, сонымен қатар құндылықтық және этикалық талдауды талап ететін құбылыс ретінде қарастырылады. Адам организмнің құрылымын жасанды жолмен қайта құру немесе алмастыру мәселесі медициналық мүмкіндіктер мен биоэтикалық жауапкершілік арасындағы тепе-теңдікті сақтауды қажет етеді.

Жасанды мүшелердің құқықтық мәртебесі мен оларды азаматтық айналымға енгізу мәселелері де нормативтік реттеуді талап етеді [19]. Биопринтинг немесе тіндік инженерия нәтижесінде алынған құрылымдардың меншік құқығы, оларды қолдану шектеулері және клиникалық жауапкершілік мәселелері құқықтық тұрғыдан нақты айқындалуы тиіс. Бұл сұрақтар тек ғылыми қауымдастық үшін ғана емес, сонымен қатар денсаулық сақтау жүйесі мен заңнамалық институттар үшін де өзекті болып табылады.

Сонымен қатар инженерлік қиындықтар – масштабтау, өндірістік стандарттау, материалдардың ұзақ мерзімді биосәйкестігі – ғылыми қауымдастық алдында тұрған маңызды мәселелер болып табылады [20]. Эксперименттік деңгейде алынған нәтижелерді өнеркәсіптік масштабқа көшіру күрделі технологиялық процестерді талап етеді. Биоматериалдардың механикалық беріктігі мен биологиялық тұрақтылығы ұзақ мерзімді қолдану жағдайында сақталуы тиіс. Осы факторлар жасанды мүшелерді клиникалық практикаға кеңінен енгізудің шешуші шарттары болып саналады.

### Қорытынды

Осылайша, регенеративті технологиялардың дамуы көпқырлы сипатқа ие: ол биологиялық, инженерлік, құқықтық және этикалық деңгейлердің өзара байланысын талап ететін кешенді ғылыми бағыт болып табылады. Осылайша, жасанды мүшелерді жасау биология, инженерия және жүйелік медицина тоғысындағы күрделі көпдеңгейлі ғылыми міндет болып табылады. MSC жасушалық регенерацияны бастайды, органоидтар морфогенетикалық ұйымдасуды қамтамасыз етеді, ал микрофизиологиялық платформалар жүйелік интеграцияны модельдеуге ұмтылады. Дегенмен толық функционалды биоинженерлік мүшені жасау үшін тек құрылымдық дәлдік жеткіліксіз; иммунологиялық үйлесімділік, тұрақты васкуляризация, нейроэндокриндік реттелу және метаболикалық автономдылық мәселелері шешілуі тиіс. Сондықтан жасанды мүшелердің болашағы технологиялық жетістіктерге ғана емес, организмнің жүйелік биологиясын терең түсінуге байланысты.

Бұл салада әрбір технологиялық жетістік тек зертханалық табыспен шектелмей, оның клиникалық, нормативтік және әлеуметтік салдары да ескерілуі тиіс. Жасанды мүшелерді жасау үдерісі тірі жүйелердің табиғи ұйымдасу қағидаларын түсінуді, оларды инженерлік әдістермен қайта құруды және алынған

нәтижелерді қауіпсіз әрі тұрақты түрде клиникалық практикаға енгізуді қамтиды. Сондықтан бұл бағытта биологиялық механизмдер мен техникалық шешімдер ғана емес, сонымен қатар олардың жүйелік салдары да маңызды орын алады.

Осы тұрғыдан алғанда, жасанды мүшелерді жасау биология, инженерия және жүйелік медицина тоғысындағы күрделі көпдеңгейлі ғылыми міндет болып табылады. MSC жасушалық регенерацияны бастайды, яғни зақымданған тіндердің қалпына келуіне бастапқы биологиялық негіз қалыптастырады. Органоидтар морфогенетикалық ұйымдасуды қамтамасыз етіп, жасушалардың кеңістіктік құрылым түзу қабілетін көрсетеді. Ал микрофизиологиялық платформалар жүйелік интеграцияны модельдеуге ұмтылып, тіндер арасындағы функционалды өзара әрекеттесуді бағалауға мүмкіндік береді.

Дегенмен толық функционалды биоинженерлік мүшені жасау үшін тек құрылымдық дәлдік жеткіліксіз. Қалыптасқан тін организмнің иммунологиялық жүйесімен үйлесімді әрекеттесуі, тұрақты және жеткілікті васкуляризацияға ие болуы, нейроэндокриндік сигналдарға адекватты жауап беруі және метаболикалық автономдылықты сақтай алуы тиіс. Яғни жасанды құрылым тек морфологиялық тұрғыдан ғана емес, физиологиялық және жүйелік деңгейде де тұрақты болуы қажет.

Сондықтан жасанды мүшелердің болашағы тек технологиялық жетістіктерге ғана емес, организмнің жүйелік биологиясын терең түсінуге байланысты. Күрделі биологиялық реттелу механизмдерін ескермей, толыққанды және ұзақ мерзімді тиімді биоинженерлік мүшені жасау мүмкін емес. Осылайша, регенеративті медицина мен жасанды мүшелерді дамыту бағыты құрылымдық регенерациядан жүйелік интеграцияға өтуді талап ететін ғылыми эволюция ретінде қарастырылуы тиіс.

### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 **Atala, A.** Tissue engineering of artificial organs // *Nature Medicine*. – 2000. – Vol. 6, № 1. – P. 24–28.
- 2 **Tuan, R. S., Boland, G., Tuli, R.** Adult mesenchymal stem cells and cell-based tissue engineering // *Arthritis Research & Therapy*. – 2003. – Vol. 5. – P. 32–45.
- 3 **Semchenko, V. V. et al.** Регенеративная биология и медицина. – Омск : ОмГМА, 2012. – 400 с.
- 4 **Ермуханова, Г. Т., Раманкулова, Л. С.** Современные клеточные технологии и регенеративная медицина // *Вестник КазНМУ*. – 2025. – № 4 (75). – С. 103–110.
- 5 **Liu, Y., Wang, L., Kikuri, T. et al.** Mesenchymal stem cell-based tissue regeneration is governed by recipient T lymphocytes via IFN- $\gamma$  and TNF- $\alpha$  // *Nature Medicine*. – 2011. – Vol. 17. – P. 1594–1601.

- 6 **Пальцев, М. А., Белушкина, Н. Н.** Трансляционная медицина – новый этап развития молекулярной медицины // Вестник РАМН. – 2010. – № 8. – С. 4–11.
- 7 **Ипатов, О. М. et al.** Трансляционная медицина : путь от фундаментальной биомедицинской науки в здравоохранение // Медицинская наука и образование. – 2011. – № 3. – С. 15–22.
- 8 **Советников, Н. Н. et al.** Клеточные технологии и тканевая инженерия в лечении дефектов суставной поверхности // Травматология и ортопедия России. – 2014. – № 2. – С. 69–85.
- 9 **Суетенков, Д. Е. et al.** Регенеративная медицина и стоматология // Сеченовский вестник. – 2017. – № 2. – С. 5–12.
- 10 **Kim, J.** Organoids : past, present, and future // International Journal of Stem Cells. – 2022. – Vol. 15, № 1. – P. 1–8.
- 11 **Shanmugam, D. K. et al.** Current advancements in the development of bionic organs using regenerative medicine and 3D tissue engineering // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2023. – Vol. 158. – 114123.
- 12 **Целуйко, С. С., Кушнарв, В. А.** 3D-биопечать на службе дыхательной системы: обзор литературы // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 45–58.
- 13 **Subbotina, E. I. et al.** 3D-биопечать в реконструктивной хирургии : возможности и перспективы // Российский медицинский журнал. – 2024. – № 2. – С. 15–27.
- 14 **Teoh, G. Z. et al.** Role of nanotechnology in development of artificial organs // Minerva Medica. – 2015. – Vol. 106. – P. 17–33.
- 15 **Kim, S., Takayama, S.** Organ-on-a-chip and the kidney // Kidney Research and Clinical Practice. – 2015. – Vol. 34. – P. 165–169.
- 16 **Wang, Y. et al.** Development of an 18-organ microphysiological system for systemic pharmacokinetic modeling // Microsystems & Nanoengineering. – 2025. – Vol. 11. – Article 33.
- 17 **Квитко, О. В. et al.** Эпигенетическое омоложение клеток и регенеративная медицина // Цитология. – 2011. – Т. 53, № 6. – С. 463–472.
- 18 **Хмелевская, С. А.** Регенеративная медицина – путь к биологическому бессмертию человека? // Вопросы философии. – 2019. – № 5. – С. 112–120.
- 19 **Самодурова, С. С.** Биопринтные органы и ткани человека как объекты гражданского оборота // Lex Russica. – 2019. – № 9 (154). – С. 110–118.
- 20 **Селищев, С. В.** Научно-технические проблемы разработки искусственных органов и систем жизнеобеспечения человека // Медицинская техника. – 2018. – № 4. – С. 3–9.

## REFERENCES

- 1 **Atala, A.** Tissue engineering of artificial organs // Nature Medicine. – 2000. – Vol. 6, № 1. – P. 24–28.
- 2 **Tuan, R. S., Boland, G., Tuli, R.** Adult mesenchymal stem cells and cell-based tissue engineering // Arthritis Research & Therapy. – 2003. – Vol. 5. – P. 32–45.
- 3 **Semchenko, V. V. et al.** Regenerativnaya biologiya i medicina. – Omsk : OmGMA, 2012. – 400 s.
- 4 **Ermuxanova, G. T., Ramankulova, L. S.** Sovremennyye kletochnyye tekhnologii i regenerativnaya medicina // Vestnik KazNMU. – 2025. – № 4 (75). – P. 103–110.
- 5 **Liu, Y., Wang, L., Kikuri, T. et al.** Mesenchymal stem cell-based tissue regeneration is governed by recipient T lymphocytes via IFN- $\gamma$  and TNF- $\alpha$  // Nature Medicine. – 2011. – Vol. 17. – P. 1594–1601.
- 6 **Pal'cev, M. A., Belushkina, N. N.** Translyacionnaya medicina – novyy etap razvitiya molekulyarnoy mediciny // Vestnik RAMN. – 2010. – № 8. – С. 4–11.
- 7 **Ipatova, O. M. et al.** Translyacionnaya medicina : put' ot fundamental'noj biomedicinskoj nauki v zdravooxranenie // Medicinskaya nauka i obrazovanie. – 2011. – № 3. – С. 15–22.
- 8 **Sovetnikov, N. N. et al.** Kletochnyye tekhnologii i tkanevaya inzheneriya v lechenii defektov sustavnoj poverxnosti // Travmatologiya i ortopediya Rossii. – 2014. – № 2. – С. 69–85.
- 9 **Suetenkov, D. E. et al.** Regenerativnaya medicina i stomatologiya // Sechenovskij vestnik. – 2017. – № 2. – С. 5–12.
- 10 **Kim, J.** Organoids : past, present, and future // International Journal of Stem Cells. – 2022. – Vol. 15, № 1. – P. 1–8.
- 11 **Shanmugam, D. K. et al.** Current advancements in the development of bionic organs using regenerative medicine and 3D tissue engineering // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2023. – Vol. 158. – 114123.
- 12 **Celujko, S. S., Kushnarev, V. A.** 3D-biopechat' na sluzhbe dy'xatel'noj sistemy': obzor literatury // Vestnik transplantologii i iskusstvenny'x organov. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 45–58.
- 13 **Subbotina, E. I. et al.** 3D-biopechat' v rekonstruktivnoj xirurgii : vozmozhnosti i perspektivy // Rossijskij medicinskij zhurnal. – 2024. – № 2. – P. 15–27.
- 14 **Teoh, G. Z. et al.** Role of nanotechnology in development of artificial organs // Minerva Medica. – 2015. – Vol. 106. – P. 17–33.
- 15 **Kim, S., Takayama, S.** Organ-on-a-chip and the kidney // Kidney Research and Clinical Practice. – 2015. – Vol. 34. – P. 165–169.
- 16 **Wang, Y. et al.** Development of an 18-organ microphysiological system for systemic pharmacokinetic modeling // Microsystems & Nanoengineering. – 2025. – Vol. 11. – Article 33.

17 Kvitko, O. V. et al. E`pigeneticheskoe omolozhenie kletok i regenerativnaya medicina // Citologiya. – 2011. – Т. 53, № 6. – P. 463–472.

18 Xmelevskaya, S. A. Regenerativnaya medicina – put` k biologicheskomu bessmertiyu cheloveka? // Voprosy` filosofii. – 2019. – № 5. – P. 112–120.

19 Samodurova, S. S. Bioprintny`e organy` i tkani cheloveka kak ob`ekty` grazhdanskogo oborota // Lex Russica. – 2019. – № 9 (154). – P. 110–118.

20 Selishhev, S. V. Nauchno-texnicheskie problemy` razrabotki iskusstvenny`x organov i sistem zhizneobespecheniya cheloveka // Medicinskaya tekhnika. – 2018. – № 4. – S. 3–9.

18.03.26 ж. баспаға түсті.

16.04.26 ж. түзетулерімен түсті.

15.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

\*B. Sansyzbay<sup>1</sup>, A. M. Rakhmetova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 18.03.26.

Received in revised form 16.04.26.

Accepted for publication 15.05.26.

#### DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL ORGANS IN THE FRAMEWORK OF REGENERATIVE BIOLOGY AND TRANSLATIONAL MEDICINE

*The aim of the article is a comprehensive systems – level analysis of modern approaches to the development of artificial organs in biology and medicine. The development of regenerative medicine is viewed as an evolutionary process from the cellular level to tissue organization and further to complex microphysiological platforms. The high regenerative potential of mesenchymal stem cells (MSCs), their differentiation capabilities, and the main limitations of their clinical application are thoroughly described. In addition, organoid models and 3D tissue engineering are evaluated as promising technologies capable of reproducing spatial morphogenesis; however, the insufficient level of their full system integration is highlighted. Organ-on-chip systems and multi-component microphysiological platforms are analyzed as effective tools for modeling functional interactions in artificial environments. The key scientific barriers in the creation of artificial organs include immunological compatibility, long-term vascularization, and the complexity of systemic regulation. In conclusion, it is emphasized that the formation of a fully*

*functional bioengineered organ requires not only structural precision but also a deep and comprehensive understanding of the organism's systems biology.*

*Keywords: regenerative medicine, tissue engineering, stem cells, organoids, 3D bioprinting, microphysiological systems, systemic integration*

\*A. B. Sansyzbay<sup>1</sup>, A. M. Rakhmetova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Поступило в редакцию 18.03.26.

Поступило с исправлениями 16.04.26.

Принято в печать 15.05.26.

#### РАЗВИТИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ОРГАНОВ В РАМКАХ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ БИОЛОГИИ И ТРАНСЛЯЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ

*Цель статьи – комплексный системный анализ современных направлений разработки искусственных органов в биологии и медицине. Развитие регенеративной медицины рассматривается как эволюционный процесс от клеточного уровня к тканевой организации и далее к сложным микрофизиологическим платформам. Подробно описываются высокий регенерационный потенциал мезенхимальных стволовых клеток (MSC), их дифференцировочные возможности и основные ограничения их клинического применения. Кроме того, органоидные модели и 3D-тканевая инженерия оцениваются как перспективные технологии, позволяющие воспроизводить пространственный морфогенез, однако отмечается недостаточность их полноценной системной интеграции. Системы organ-on-chip и многокомпонентные микрофизиологические платформы анализируются как эффективный инструмент моделирования функциональных взаимодействий в искусственной среде. Ключевыми научными барьерами в создании искусственных органов являются иммунологическая совместимость, длительная васкуляризация и сложность системной регуляции. В заключение обосновывается, что формирование полностью функционального биоинженерного органа требует не только структурной точности, но и глубокого комплексного понимания системной биологии организма.*

*Ключевые слова: регенеративная медицина, тканевая инженерия, стволовые клетки, органоиды, 3D-биопечать, микрофизиологические системы, системная интеграция.*

МРНТИ 68.01.99

<https://doi.org/10.48081/BGQF2107>

**\*Е. К. Ахажанов<sup>1</sup>, М. В. Сыроватский<sup>2</sup>,  
А. М. Садыккалиев<sup>3</sup>, Н. К. Смекенова<sup>4</sup>, К. К. Ахажанов<sup>5</sup>**

<sup>1,3,4,5</sup> Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», Российская Федерация, г. Москва.

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5520-9715>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2668-6579>

<sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3404-1084>

<sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5506-1492>

<sup>5</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0055-2704>

\*e-mail: [innovationpv@mail.ru](mailto:innovationpv@mail.ru)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ КОРОВ ТОО «ПОБЕДА» И ВЛИЯНИЯ НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ**

*В работе изучено влияние теплового стресса на поведенческие реакции, химический состав фекалий, молочную продуктивность и качество молока дойных коров голштинской породы. Исследования проводились на базе племенного хозяйства ТОО «Победа», расположенного в Павлодарской области Республики Казахстан. Актуальность исследования обусловлена тем, что повышение температуры окружающей среды является одним из значимых стрессовых факторов, негативно влияющих на физиологическое состояние животных, их продуктивность и общее благополучие.*

*В ходе эксперимента у животных определяли уровень кортизола в крови, который использовался как биохимический маркер стрессовой реакции организма. На основании полученных показателей все исследуемые коровы были распределены на три группы в зависимости от уровня стрессоустойчивости: с высокой, средней и низкой стрессоустойчивостью. Далее проводилась оценка*

*их поведенческих реакций в условиях теплового воздействия, анализ химического состава фекалий, а также изучались показатели молочной продуктивности и качества получаемого молока.*

*Результаты исследования показали, что коровы с высокой стрессоустойчивостью проявляли наибольшую чувствительность к воздействию теплового стресса. Вместе с тем именно в этой группе была зафиксирована наиболее высокая молочная продуктивность. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что при формировании стада и селекционной работе целесообразно увеличивать долю животных с высокой стрессоустойчивостью. Такой подход может способствовать снижению негативного воздействия теплового стресса и повышению общей продуктивности стада.*

*Ключевые слова: голштинские коровы, тепловой стресс, кортизол, стрессоустойчивость, молочная продуктивность.*

### **Введение**

В настоящее время одной из проблем молочного скотоводства является тепловой стресс, возникающий в летний период [1;2;3]. При этом быстрое наступление глобального потепления в значительной степени обостряет и усугубляет эту проблему. Наглядно это видно на примере Казахстана, где с 1941 по 2012 гг. за каждый десятилетний период среднегодовая температура воздуха повышалась в Западно-Казахстанской области – на 0,38 °С, в Южно-Казахстанской, Восточно-Казахстанской, Алматинской и Мангистауской областях – на 0,23–0,25 °С и в остальных регионах – на 0,27–0,31 °С. При этом абсолютные максимальные температуры воздуха могут достигать в северных районах – 42 °С, в центральных – 48 °С, на западе – 46 °С, на востоке – 45 °С и на юге республики до 51 °С [4;5].

Длительное воздействие высоких температур на организм животных вызывает ухудшение их состояния и снижение общей резистентности, коровы становятся более восприимчивыми к маститу, метриту и другим инфекционным заболеваниям. Под воздействием стресса крупный рогатый скот претерпевает ряд физиологических изменений: происходит замедление или усиление перистальтики кишечника, частичная или полная потеря аппетита, появляется тахикардия, аритмия, напряжение мышц, мышечная дрожь, повышение температуры тела, расширение зрачков, учащенное дыхание и сердцебиение, мочеиспускание и дефекация [6;7].

Повышенная температура окружающей среды наряду влажностью и продолжительностью светового дня вносит дисбаланс в функциональную активность гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси, что отражается на развитии

фолликулов, желтых тел, яйцеклеток и эмбрионов и, как следствие, способствует снижению фертильности и уменьшению проявлений прихода в охоту [8].

В рубце коров, подвергшихся тепловому стрессу, отмечают уменьшение концентрации ацетата и увеличение уровня молочной кислоты. Это вызывает снижение рН и доступной энергии, приводит к повреждению и повышению проницаемости стенок рубца, нарушениям функций преджелудков и созданию условий для развития подострого ацидоза рубца (SARA) [9].

Под воздействием высоких температур у жвачных животных снижается потребление корма. Это приводит к уменьшению выработки метаболического тепла, нарушению энергетического баланса и снижению молочной продуктивности дойных коров [10].

Особенно чувствительны к тепловому стрессу высокопродуктивные молочные породы, что актуально на фоне интенсивного завоза в Казахстан коров голштинской породы, доля которых в структуре общего племенного поголовья молочного скота в республике на 1 января 2024 г. составила – 30 % (38 490 гол.) и имеет тенденцию к увеличению.

Однако несмотря на важность проблемы, исследования по изучению действия теплового стресса на коров голштинской породы на территории Казахстана до настоящего времени не проводились. И это несмотря на то, что в условиях резко континентального климата, преобладающего на территории республики, при воздействии высокой температуры и интенсивной солнечной радиации у привозных высокопродуктивных коров чаще всего отмечают негативные последствия теплового стресса.

В связи с этим целью нашей работы стало изучение влияния теплового стресса на изменение поведения, химический состав фекалий, и молочную продуктивность голштинских коров, содержащихся на одной из молочных ферм Республики Казахстан.

#### **Материалы и методы**

Работа выполнена в НАО «Торайғыров университет» на базе племенного хозяйства ТОО «Победа» (Республика Казахстан, Павлодарская область, Щербактинский район, с. Орловка).

Исследования проводили на голштинской породе крупного рогатого скота, завезенного из Германии. Для эксперимента были отобраны полновозрастные дойные коровы 3 лактации (всего 90 гол.). Распределение животных по типам стрессоустойчивости проводили согласно методике «Способ определения границ типов стрессоустойчивости молочных коров» [11]. При разбивке коров на группы оценочным критерием являлся уровень в крови гормона кортизола. Всего было сформировано три группы. Оценочным критерием являлся уровень в крови гормона кортизола:  $M < 3m$  (36 гол.) –

высокая степень стрессоустойчивости,  $M \pm 3m$  (27 гол.) – средняя степень стрессоустойчивости,  $M > 3m$  (27 гол.) – низкая степень стрессоустойчивости, где  $M$  – среднее значение и  $m$  – стандартная ошибка средней величины.

Всех опытных коров кормили по методу полного общесмешанного рациона (TMR – total mixed ration). При проведении первого этапа эксперимента (май) животных всех групп в течение 20 дней содержали на ферме при умеренной дневной температуре 16–21 °С и средней влажности воздуха 65 % (нормальные условия). В следующем месяце (июнь) – 20 дней при температуре 22–35 °С и средней влажности 60 % (изменение ТНП с 69 до 87).

Как до, так и во время стрессового воздействия проводили ежедневную оценку кормового стола (зрительный анализ и учет остатков корма), уровня жвачки, долю лежащих животных и молочную продуктивность экспериментальных животных. Два раза в неделю по результатам утренней и вечерней доек осуществляли физико-химический анализ качества молока. По завершении каждого этапа эксперимента у коров были взяты образцы крови из хвостовой вены для контроля клинических и биохимических гематологических показателей.

Содержание гормона кортизола в крови определяли методом иммуноферментного анализа на микропланшетах с использованием тест-набора «K210 Кортизол-ИФА» (Россия) [12]. Физико-химический состав молока определяли с использованием приборной базы лаборатории НИИ агроинновации и биотехнологии НАО «Торайғыров университет». В частности, содержание жира (%) в молоке определяли методом Гербера (волюмометрический метод); СОМО (%) – расчетным методом; плотность молока (°А) на лактоденсиметре; содержание белка (%) – методом Кьельдаля [13]. Суточную молочную продуктивность оценивали по результатам утренней и вечерней доек. Химический состав фекалий (влажность, сырой протеин, крахмал, ADF, aNDF, сырая зола, кальций, фосфор, магний, калий) в независимой лаборатории кормов KZ NOVA LAB, ассоциированной с Cumberland Valley Analytical Services (USA).

Анализ выборочных данных осуществляли с предварительным определением нормальности распределения по критериям Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. В случае невыполнения этого положения использовали непараметрический U-критерий Манна-Уитни (M-W U-тест), иначе – статистику t-Стьюдента [14].

В качестве показателя варибельности среднего значения признака определяли стандартную ошибку. Группировку первичных данных и биометрические расчеты проводили с использованием программ Microsoft Excel и STATISTICA.

### Результаты и обсуждение

По результатам проведенного эксперимента можно видеть, что воздействие теплового стресса повлияло на потребление корма испытуемыми животными. При этом у коров всех опытных групп отмечали снижение поедаемости корма. Так, у животных с высокой степенью стрессоустойчивости оно составило около – 2,2 кг/сут., средней стрессоустойчивостью – 2,1 кг/сут. и низкой – 3,4 кг/сут. (табл. 1).

Уже начиная с умеренного температурно-влажностного индекса ТНІ 69 и по мере приближения к ТНІ 72 у коров начали появляться поведенческие признаки теплового стресса: животные стали дольше обычного стоять, пытаясь охладиться более прохладным воздушным потоком внутри помещения. Соответственно, под воздействием теплового стресса количество лежащих коров в группах с высокой, средней и низкой стрессоустойчивостью уменьшилось на 5,48 %, 22,1 % и 18,63 %, а уровень жвачки снизился относительно нормы на 4,9 %, 2,1% и 17,6 %.

В то же время статистически значимое повышение ректальной температуры было характерно только для животных со средней и низкой стрессоустойчивостью, которое составило 0,6 % в обеих группах (табл. 1).

Выявляемое у животных всех групп уменьшение воды в фекалиях свидетельствует о застойных процессах в пищеварительном тракте (табл. 2). На это же указывает увеличение в кале количества непереваренной нейтрально-детергентной клетчатки. Это связано с тем, что тепловой стресс снижает не только интенсивность жевания, но и активность рубца, подвижность ретикуло-рубцовой ткани, в совокупности влияя на скорость фракционного прохождения перевариваемого продукта в желудочно-кишечном тракте [15].

На этом фоне у животных с высокой степенью стрессоустойчивости отмечали снижение уровня крахмала в каловых массах по сравнению с до стрессового состояния. Также неоднородным оказалось содержание отдельных биогенных макроэлементов. С одной стороны, у коров во всех группах было отмечено уменьшение концентрации фосфора в фекалиях, с другой, повысилось количество магния в кале у животных со средней и низкой устойчивостью к тепловому стрессу, а также калия у коров с высокой стрессоустойчивостью (табл. 2). Косвенно эти результаты могут свидетельствовать о увеличении усвоения фосфора и выведении магния и калия.

Наиболее простым и эффективным способом выявления стрессового состояния у крупного рогатого скота до сих пор считается снижение удоев молока, что также подтвердилось и в нашем эксперименте. Наряду с уменьшением продуктивности, во всех группах животных с разной

стрессоустойчивостью отмечали снижение по таким физико-химическим показателям как жир, белок, СОМО и плотность молока. Причем наибольшее уменьшение по жиру отмечали в группе со средней стрессоустойчивостью, по белку и СОМО в группе низко стрессоустойчивых коров и по плотности молока в высоко устойчивой группе.

Таблица 1 – Потребление корма, уровень жвачки, двигательная активность и ректальная температура тела у голштинских коров при тепловом стрессе

Показатели	Ед. изм.	Степень стрессоустойчивости ( $M \pm m$ )					
		высокая		средняя		низкая	
		норма n=36	стресс n=36	норма n=27	стресс n=27	норма n=27	стресс n=27
Потребление корма	кг/сут.	48,7±0,76	46,5±0,93**	45,8±0,91	43,7±0,89**	45,4±0,88	42,0±0,76**
Уровень жвачки	%	63,20	58,30	66,10	58,70	64,30	46,70
Лежащих коров	%	38,15	32,67	48,10	26,00	38,30	19,67
Температура тела	°C	38,9±0,08	39,1±0,11	39,0±0,07	39,6±0,08***	39,1±0,08	39,7±0,11***

Примечание: здесь и далее \*уровень значимости –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ .

Таблица 2 – Химический состав фекалий у голштинских коров при тепловом стрессе, %

Показатели фекалий	Степень стрессоустойчивости ( $M \pm m$ )					
	высокая		средняя		низкая	
	норма n=36	стресс n=36	норма n=27	стресс n=27	норма n=27	стресс n=27
Влага	84,30±0,75	83,63±0,33	84,23±0,87	84,30±1,17	86,53±0,15	83,13±0,89***
Сырой протеин	18,17±0,44	17,43±0,54	18,03±0,50	17,77±0,08	18,60±0,63	17,80±0,10
Крахмал	0,27±0,02	0,19±0,01***	0,29±0,01	0,27±0,04	0,44±0,09	0,34±0,03
ADF	33,50±0,75	34,83±0,55	33,60±0,68	33,93±0,40	32,10±0,19	32,63±1,99
aNDF	50,93±1,57	53,40±1,21	51,37±1,23	52,30±0,24	49,50±0,37	51,43±0,43**
Сырая зола	9,38±0,36	9,74±0,83	9,86±0,76	10,16±0,65	9,74±0,44	9,85±0,72
Ca	1,79±0,14	1,88±0,10	1,74±0,13	1,85±0,13	1,77±0,17	1,81±0,04
P	0,93±0,03	0,81±0,04*	0,90±0,03	0,78±0,02**	0,82±0,02	0,76±0,02*
Mg	0,89±0,03	0,97±0,08	0,88±0,02	1,05±0,08*	0,85±0,03	0,97±0,03**
K	0,65±0,01	0,73±0,03*	0,69±0,02	0,72±0,01	0,69±0,02	0,73±0,01

Таблица 3 – Молочная продуктивность и качество молока у голштинских коров при тепловом стрессе

Показатели	Ед. изм.	Степень стрессоустойчивости коров ( $M \pm m$ )					
		высокая		средняя		низкая	
		норма n=36	стресс n=27	норма n=27	стресс n=36	норма n=27	стресс n=27
Удой	л	29,31±0,519	27,13±0,570***	27,11±0,691	24,87±0,470**	25,39±0,576	23,13±0,595***
Жир	%	3,42±0,080	3,22±0,055*	3,42±0,138	3,18±0,035*	3,33±0,140	3,25±0,062
Белок	%	3,26±0,018	2,85±0,035***	3,27±0,022	2,96±0,111**	3,25±0,017	2,80±0,025***
Лактоза	%	4,79±0,044	4,79±0,033	4,79±0,100	4,78±0,045	4,79±0,030	4,73±0,044
СОМО	%	8,15±0,074	7,13±0,042***	8,18±0,100	7,40±0,045***	8,13±0,071	7,00±0,050***
Плотность	А°	35,66±0,226	30,19±0,197***	35,42±0,233	30,29±0,225***	35,00±0,280	30,15±0,238***
КСК	тыс./см <sup>3</sup>	281,31±8,845	292,72±20,011	264,25±9,690	280,26±11,264	265,30±8,008	263,63±12,623

Примечание: КСК – количество соматических клеток.

Безусловно, снижение белка и жира в молоке отражается на стоимости продукции, но в гораздо большей степени выявляемые при тепловом стрессе экономические потери обусловлены уменьшением молочной продуктивности дойных коров (табл. 3). При сходном снижении средних удоев под воздействием теплового стресса: 2,18 л – высоко устойчивые коровы, 2,24 л – средне устойчивые и 2,26 л – низко устойчивые, наибольшими удоями характеризуются, прежде всего, высоко стрессоустойчивые животные (табл. 3). Отсюда, выявление и отбор устойчивых коров является важной стратегией для минимизации влияния теплового стресса на продуктивность молочного скота [16]. Соответственно численное преобладание высоко стрессоустойчивых животных в структуре поголовья создает предпосылки для снижения экономических потерь молочного стада в летний период.

Важно отметить, что в настоящее время для решения проблемы теплового стресса на молочных фермах обычно проводят мероприятия по стабилизации физиологического состояния животных и снижению стрессового воздействия. Прежде всего, это различные способы уменьшения выработки метаболического тепла коровами, включающие изменения в их рационе и режиме питания и поения, а также разнообразные меры по охлаждению животных (устройство навесов, установки вентиляторов, водяного душа для животных и др.).

Однако в связи с тем, что стадо дойных коров генетически неоднородно по устойчивости к стрессу, помимо вышеперечисленных мероприятий, для улучшения состояния молочно-товарной фермы необходим систематический мониторинг индивидуальной стрессоустойчивости коров с возможным отбором резистентных животных. В этом случае основным биомаркером отбора животных по стрессоустойчивости вполне может стать уровень кортизола. К тому же этот параметр коррелирует с молочной продуктивностью, что существенно повышает важность его определения [16].

По результатам нашей работы можно видеть, что при тепловом стрессе у голштинских коров, в зависимости от степени их стрессоустойчивости, обнаруживаются различные поведенческие реакции, направленные на уменьшение теплоотдачи. Это снижение потребления корма, сокращение времени отдыха в лежачем положении и уменьшение уровня жвачки. Также для животных всех групп отмечали уменьшение содержания фосфора в фекальных массах, молочной продуктивности и отдельных показателей качества молока (белка, жира, СОМО и плотности).

Что касается специфических внутригрупповых изменений, вызванных стрессом, то больше всего их было выявлено у голштинских коров с высокой стрессоустойчивостью: уменьшение крахмала и концентрации калия в фекальных массах. Для коров с низкой стрессоустойчивостью специфичным было увеличение количества нейтрально-детергентной клетчатки в фекальных массах.

### Выводы

Таким образом, согласно полученным результатам можно сделать следующие заключения:

1. Мониторинг индивидуальной стрессоустойчивости коров в стаде и разделение их на типы стрессоустойчивости позволяет в дальнейшем проводить отбор резистентных животных. В этом случае основным биомаркером отбора животных по стрессоустойчивости вполне может стать уровень кортизола. Эффективным биомаркером степени устойчивости (высокая, средняя и низкая) голштинских коров к воздействию теплового стресса является уровень кортизола в крови.

2. Наиболее характерными маркерами теплового стресса независимо от степени стрессоустойчивости коров являются поведенческая реакция, снижение молочной продуктивности и качественных показателей молока.

4. При воздействии теплового стресса наибольшей молочной продуктивностью характеризовались коровы с высокой степенью стрессоустойчивости.

6. Для уменьшения влияния теплового стресса на коров голштинской породы перспективным представляется отбор животных с высокой степенью стрессоустойчивости и увеличение их доли в структуре общего поголовья.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Буряков, Н. П., Бурякова, М. А., Алешин, Д. Е. Тепловой стресс и особенности кормления молочного скота [Текст] // Российский ветеринарный журнал. – 2016. – № 3. – С. 5–13. [Электронный ресурс]. – <https://cyberleninka.ru/article/n/teplovoy-stress-i-osobennosti-kormleniya-molochnogo-skota/viewer>

2 Новгородова, И. П. Методы определения концентрации кортизола у животных [Текст] // Agrarная наука. – 2024. – №4. – С. 35-43. <https://www.vetpress.ru/jour/article/view/3022/2533>

3 Сальников, В. Г., Турулина, Г. К., Полякова, С. Е., Петрова, Е. Е. Изменение климата и его региональные проявления в Казахстане [Текст] // Гидрометеорология и экология. – 2014. – №2. – С. 17-31. [Электронный ресурс]. – <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-klimata-i-ego-regionalnye-proyavleniya-v-kazahstane/viewer>

4 Beketov, S. V., Kaledin, A. P., Senator, S. A., Upelnik, V. P., Kuznetsov, S. B., Stolpovsky, Yu. A. Zeboid cow milk: physicochemical quality indicator [Text] // Foods and raw materials. – 2022. Vol. 10. – № 1. – P. 171–175. [Электронный ресурс]. – <https://cyberleninka.ru/article/n/zeboid-cow-milk-physicochemical-quality-indicator/viewer>

5 De Rensis, F., Lopez-Gatius, F., García-Ispuerto, I., Morini, G., Scaramuzzi, R. J. Causes of declining fertility in dairy cows during the warm season [Text] // Theriogenology. – 2017. Vol. 91. – № 15. – P. 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.12.024>

6 Dobson, H., Tebble, J. E., Smith, R. F., Ward, W. R. Is stress really all that important? [Text] // Theriogenology. – 2001. Vol. 55. – № 1. – P. 65–73. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00446-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00446-5)

7 Grelet, C., Vanden Dries, V., Leblois, J., Wavreille, J., Mirabito, L., Soyeurt, H., Franceschini, S., Gengler, N., Brostaux, Y., HappyMoo Consortium, Dehareng, F. Identification of chronic stress biomarkers in dairy cows [Text] // Animal. – 2022. Vol. 16. – № 5. – P. 100502. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100502>

8 Heikkilä, A. M., Nousiainen, J. I., Pyörälä, S. Costs of clinical mastitis with special reference to premature culling [Text] // Journal of dairy science. – 2012. Vol. 95 – № 1. – P. 139–150. [Электронный ресурс]. – [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(11\)00685-0/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(11)00685-0/fulltext)

9 Hopster, H., van der Werf, J. T., Erkens, J. H., Blokhuis, H. J. Effects of repeated jugular puncture on plasma cortisol concentrations in loose-housed dairy cows [Text] // Journal of Animal Science. – 1999. Vol. 77. – № 3. – P. 708–714. <https://doi.org/10.2527/1999.773708x>

10 Khafipour, E., Krause, D. O., Plaizier, J. C. A grain-based subacute ruminal acidosis challenge causes translocation of lipopolysaccharide and triggers inflammation. [Text] // J. Dairy Sci. – 2009. 92, 1060–1070. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1389>

11 Kadzere, C. T., Murphy M. R., Silanikove N., Maltz E. Heat stress in lactating dairy cows: a review [Text] // Livest. Prod. Sci. – 2002. 77, 59–91. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)

12 Kleen J. K., Uppang, L., Rehage, J. Prevalence and consequences of subacute ruminal acidosis in German dairy herds [Text] // Acta Veterinaria Scandinavica. – 2013. Vol. 55, – № 1. – P. 48. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-48>

13 Rong, Y., Zeng, M., Guan, X., Qu, K., Liu, J., Zhang, J. et al. Association of HSF1 genetic variation with heat tolerance in Chinese cattle // Animals [Text] – 2019. Vol. 9. – № 12. – P. 1027–1029. <https://doi.org/10.3390/ani9121027>

14 Sigdel, A., Abdollahi-Arpanahi, R., Aguilar, I., Peñagaricano, F. Whole genome mapping reveals novel genes and pathways involved in milk production under heat stress in US holstein cows [Text] // Front. Genet. – 2019. Vol. 10. – P. 1–10. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00928>

15 Tallo-Parra, O., Carbajal, A., Monclús, L., Manteca, X., Lopez-Bejar, M. Hair cortisol and progesterone detection in dairy cattle: interrelation with physiological status and milk production // Domestic animal endocrinology [Text] – 2018. Vol. 64. – P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.02.001>

16 Triolo, M. M., Triolo, M. F., Roy, J. Biostatistics for the Biological and Health Sciences [Text] // Harlow: Pearson Education Limited. – 2018. – 720. [Электронный ресурс]. – [https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292452036\\_A47228035/preview-9781292452036\\_A47228035.pdf](https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292452036_A47228035/preview-9781292452036_A47228035.pdf)

#### REFERENCES

1 Buryakov, N. P., Buryakova, M. A., Alyoshin, D. E. Teplovoi stress I osobennosti kormleniya molochnogo skota [Heat stress and feeding characteristics of dairy cattle] // Russian Veterinary Journal. – 2016. No. 3. – p. 5–13. [Electronic resource]. – <https://cyberleninka.ru/article/n/teplovoy-stress-i-osobennosti-kormleniya-molochnogo-skota/viewer>

2 Novgorodova, I. P. Metody opredeleniya koncentracii kortizola u zhivotnyh [Methods for determining cortisol concentration in animals] // Agrarian Science.

– 2024. No. 4. – P. 35–43. [Electronic resource]. – <https://www.vetpress.ru/jour/article/view/3022/2533>

**3 Salnikov, V. G., Turulina, G. K., Polyakova, S. E., Petrova, E. E.** Изменение климата I ego regionalnye proyavleniya v Kazakhstane [Climate change and its regional manifestations in Kazakhstan] // Hydrometeorology and Ecology. – 2014. No. 2. – p. 17–31. [Electronic resource]. – <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-klimata-i-ego-regionalnye-proyavleniya-v-kazakhstane/viewer>

**4 Beketov, S. V., Kaledin, A. P., Senator, S. A., Upelniek, V. P., Kuznetsov, S. B., Stolpovsky, Yu. A.** Zeboid cow milk: physicochemical quality indicator [Text] // Foods and raw materials. – 2022. Vol. 10. – № 1. – P. 171–175. [Electronic resource]. – <https://cyberleninka.ru/article/n/zeboid-cow-milk-physicochemical-quality-indicator/viewer>

**5 De Rensis, F., Lopez-Gatius, F., García-Ispuerto, I., Morini, G., Scaramuzzi, R. J.** Causes of declining fertility in dairy cows during the warm season [Text] // Theriogenology. – 2017. Vol. 91. – № 15. – P. 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.12.024>

**6 Dobson, H., Tebble, J. E., Smith, R. F., Ward, W. R.** Is stress really all that important? [Text] // Theriogenology. – 2001. Vol. 55. – № 1. – P. 65–73. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00446-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00446-5)

**7 Grelet, C., Vanden Dries, V., Leblois, J., Wavreille, J., Mirabito, L., Soyert, H., Franceschini, S., Gengler, N., Brostaux, Y., HappyMoo Consortium, Dehareng, F.** Identification of chronic stress biomarkers in dairy cows [Text] // Animal. – 2022. Vol. 16. – № 5. – P. 100502. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100502>

**8 Heikkilä, A. M., Nousiainen, J. I., Pyörälä, S.** Costs of clinical mastitis with special reference to premature culling [Text] // Journal of dairy science. – 2012. Vol. 95 – № 1. – P. 139–150. [Electronic resource]. – [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(11\)00685-0/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(11)00685-0/fulltext)

**9 Hopster, H., van der Werf, J. T., Erkens, J. H., Blokhuis, H. J.** Effects of repeated jugular puncture on plasma cortisol concentrations in loose-housed dairy cows [Text] // Journal of Animal Science. – 1999. Vol. 77. – № 3. – P. 708–714. <https://doi.org/10.2527/1999.773708x>

**10 Khafipour, E., Krause, D. O., Plaizier, J. C.** A grain-based subacute ruminal acidosis challenge causes translocation of lipopolysaccharide and triggers inflammation [Text] // J. Dairy Sci. – 2009. 92, 1060–1070. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1389>

**11 Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., Maltz, E.** Heat stress in lactating dairy cows: a review [Text] // Livest. Prod. Sci. – 2002. 77, 59–91. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)

**12 Kleen, J.K., Uppang, L., Rehage, J.** Prevalence and consequences of subacute ruminal acidosis in German dairy herds [Text] // Acta Veterinaria Scandinavica. – 2013. Vol. 55. – № 1. – P. 48. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-48>

**13 Rong, Y., Zeng, M., Guan, X., Qu, K., Liu, J., Zhang, J. et al.** Association of HSF1 genetic variation with heat tolerance in Chinese cattle // Animals. – 2019. Vol. 9. – № 12. – P. 1027–1029. <https://doi.org/10.3390/ani9121027>

**14 Sigdel, A., Abdollahi-Arpanahi, R., Aguilar, I., Peñagaricano, F.** Whole genome mapping reveals novel genes and pathways involved in milk production under heat stress in US holstein cows [Text] // Front. Genet. – 2019. Vol. 10. – P. 1–10. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00928>

**15 Tallo-Parra, O., Carbajal, A., Monclús, L., Manteca, X., Lopez-Bejar, M.** Hair cortisol and progesterone detection in dairy cattle: interrelation with physiological status and milk production [Text] // Domestic animal endocrinology. – 2018. Vol. 64. – P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.02.001>

**16 Triolo, M. M., Triolo, M. F., Roy, J.** Biostatistics for the Biological and Health Sciences [Text] // Harlow: Pearson Education Limited. – 2018. – 720 p. [Electronic resource]. – [https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292452036\\_A47228035/preview-9781292452036\\_A47228035.pdf](https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292452036_A47228035/preview-9781292452036_A47228035.pdf)

Поступило в редакцию 13.04.26.

Поступило с исправлениями 16.04.26.

Принято в печать 15.05.26.

\*Е. К. Ахажанов<sup>1</sup>, М. В. Сыроватский<sup>2</sup>, А. М. Садыккалиев<sup>3</sup>,  
Н. К. Сметенова<sup>4</sup>, К. К. Ахажанов<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар;

<sup>2</sup>Мәскеу мемлекеттік ветеринариялық медицина және биотехнология академиясының жоғары білім берудің федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесі – К. И. атындағы МВА дәрежесі Скрязин, Ресей Федерациясы, Мәскеу.

13.04.26 ж. баспаға түсті.

16.04.26 ж. түзетулерімен түсті.

15.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

## «ПОБЕДА» ЖШС СИЫРЛАРЫНЫҢ СТРЕССКЕ ТӨЗІМДІЛІК ТҮРЛЕРІН ЖӘНЕ СҮТ ӨНІМДІЛІГІНЕ

*Бұл жұмыста голитин тұқымды сауынды сиырларда жылу стрессінің мінез-құлықтық реакцияларына, нәжістің химиялық құрамына, сүт өнімділігіне және сүт сапасына әсері зерттелді.*

*Зерттеу Қазақстан Республикасының Павлодар облысында орналасқан «Победа» ЖШС асыл тұқымды шаруашылығы базасында жүргізілді. Зерттеудің өзектілігі қоршаған орта температурасының жоғарылауы жануарлардың физиологиялық жағдайына, олардың өнімділігіне және жалпы әл-ауқатына кері әсер ететін маңызды стресс факторларының бірі болып табылуымен түсіндіріледі.*

*Эксперимент барысында жануарлардың қанындағы кортизол деңгейі анықталды, ол ағзаның стресс реакциясының биохимиялық маркері ретінде пайдаланылды. Алынған көрсеткіштер негізінде барлық тәжірибелік сиырлар стрессқа төзімділік деңгейіне қарай үш топқа бөлінді: жоғары, орташа және төмен стрессқа төзімділік. Бұдан әрі жылу стрессі жағдайындағы олардың мінез-құлықтық реакциялары бағаланып, нәжістің химиялық құрамы талданды, сондай-ақ сүт өнімділігі мен алынған сүттің сапа көрсеткіштері зерттелді.*

*Зерттеу нәтижелері жоғары стрессқа төзімділігі бар сиырлардың жылу стрессінің әсеріне анағұрлым сезімтал екенін көрсетті. Сонымен қатар дәл осы топта ең жоғары сүт өнімділігі тіркелді. Алынған мәліметтер табын құрылымын қалыптастыру және селекциялық жұмыстар жүргізу барысында стрессқа төзімділігі жоғары жануарлардың үлесін арттыру орынды екенін көрсетеді. Мұндай тәсіл жылу стрессінің кері әсерін азайтып, табынның жалпы өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер: Гольштейн сиырлары, жылу стрессі, кортизол, стресске төзімділік, сүт өнімділігі.*

\*E. K. Akhazhanov<sup>1</sup>, M. V. Syrovatsky<sup>2</sup>, A. M. Sadykkaliev<sup>3</sup>,  
N. K. Smekenova<sup>4</sup>, K. K. Akhazhanov<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education ‘Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Skryabin, Russian Federation, Moscow.

Received 13.04.26.

Received in revised form 16.04.26.

Accepted for publication 15.05.26.

## **DETERMINING THE TYPES OF STRESS RESISTANCE IN COWS AT «POBEDA» LLP AND THEIR IMPACT ON MILK PRODUCTIO**

*The study examined the effect of heat stress on behavioural responses, faecal composition, milk productivity and milk quality in Holstein dairy cows. The research was conducted at the Pobed breeding farm, located in the Pavlodar region of the Republic of Kazakhstan. The relevance of the study is due to the fact that an increase in ambient temperature is one of the significant stress factors that negatively affect the physiological condition of animals, their productivity and overall well-being.*

*During the experiment, the animals' blood cortisol levels were measured, which was used as a biochemical marker of the body's stress response. Based on the results, all the cows studied were divided into three groups according to their stress resistance: high, medium and low. Next, their behavioural responses to heat exposure were assessed, the chemical composition of their faeces was analysed, and their milk productivity and milk quality were studied.*

*The results of the study showed that cows with high stress resistance were most sensitive to heat stress. At the same time, it was this group that recorded the highest milk productivity. The data obtained allow us to conclude that when forming a herd and conducting selection work, it is advisable to increase the proportion of animals with high stress resistance. This approach can help reduce the negative effects of heat stress and increase the overall productivity of the herd.*

*Keywords: Holstein cows, heat stress, cortisol, stress resistance, milk productivity.*

**АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ**

**Айткалиева Гульзат Сляшевна**, PhD докторы, қауымд. профессор, Геология және мұнай-газ ісі институты, Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: [g.aitkaliyeva@satbayev.university](mailto:g.aitkaliyeva@satbayev.university), <https://orcid.org/0000-0001-9872-6317>

**Алмас Айгерім Ермекқызы**, 7М01517 – Биология БББ-ның 2-ші курс магистранты, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [aigerim.almas03@gmail.com](mailto:aigerim.almas03@gmail.com)

**Акпаева Карлыгаш Манаповна**, Астана медицина университетінің фармацевтикалық пәндер кафедрасының меңгерушісі, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [karlygash.manapovna@mail.ru](mailto:karlygash.manapovna@mail.ru), <https://orcid.org/00000-0001-9753-1315>

**Ахажанов Ержан Қайруллаевич**, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, Кіші Ғылыми Қызметкер, Ғылыми-зерттеу институты «Агроинновация және Биотехнология», Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [innovationpv@mail.ru](mailto:innovationpv@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0000-5520-9715>

**Ахажанов Қайролла Қасенұлы**, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, «Агроинновация және биотехнология» Ғылыми-зерттеу институтының директоры, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [innovationpv@mail.ru](mailto:innovationpv@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0006-0055-2704>

**Байсалова Галия Жумамуратовна**, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің профессор м.а, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [galya\\_72@mail.ru](mailto:galya_72@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1338-0308>

**Бакибаев Әбдіғали Әбдіманапұлы**, Профессор, х.ғ.д. (химия ғылымдарының докторы), Томск политехникалық университеті, Томск қ., 634050, Ресей Федерациясы, e-mail: [bakibaev@mail.ru](mailto:bakibaev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3335-3166>

**Бондаренко Нина Ивановна**, Зертхана меңгерушісі, аға ғылыми қызметкер, Сыр өндеу Сібір ғылыми-зерттеу институты, Барнаул қ., 656016, Ресей Федерациясы, e-mail: [bni-22@mail.ru](mailto:bni-22@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9045-6834>

**Жарылқасын Айдана Асылбекқызы**, Биология магистранты, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120009, Қазақстан Республикасы, e-mail: [jarilcasynaidana@gmail.com](mailto:jartilcasynaidana@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0001-5569-8114>

**Ибадуллаева Салтанат Жарылқасыновна**, биология ғылымдарының докторы, профессор, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120014, Қазақстан Республикасы, e-mail: [salt\\_i@mail.ru](mailto:salt_i@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3270-8364>

**Ислам Еркебұлан Ержанұлы**, Магистрант, «Органикалық заттардың химиялық технологиясы» мамандығы, Геология және мұнай-газ ісі институты, Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [yerkebulan27@gmail.com](mailto:yerkebulan27@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0006-2648-4041>

**Исмаилова Айғаным Бактиярқызы**, «Халықаралық білім беру корпорациясы» ЖШС, Инженерия мектебінің PhD докторы, қауымдастырылған профессор (доцент), Алматы қ., 050043, Қазақстан Республикасы, e-mail: [i-smile@list.ru](mailto:i-smile@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4234-0615>

**Коппаев Алтынбек Еркебуланович**, «Биология» мамандығы бойынша магистратура студенті, Торайғыров университеті, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, email: [altynbek\\_koppaev@mail.ru](mailto:altynbek_koppaev@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0004-0476-9017>

**Красильникова Александра Сергеевна**, Химиялық талдау зертханасының ассистенті, 4-ші орын, ЖШС ШК «СЖС Казахстан ЛТД», Павлодар қ., S03G4F2, Қазақстан Республикасы, email: [krasilkas12@mail.ru](mailto:krasilkas12@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0007-1345-5521>

**Куанышбаева Меруерт Галымовна**, Биология ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Шәкәрім университеті, Семей қ., 071400, Қазақстан Республикасы, e-mail: [meruyertkg@mail.ru](mailto:meruyertkg@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0005-6401-9207>

**Музапарова Севара Абдусаламовна**, Астана медицина университетінің магистранты, Сарыарқа даңғылы, 33, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [sevvaraa@gmail.com](mailto:sevvaraa@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0001-2373-0175>

**Мусина Ольга Николаевна**, техника ғылымдар докторы, профессор, Сыр өндеу Сібір ғылыми-зерттеу институты, Барнаул қ., 656016, Ресей Федерациясы, e-mail: [musinaolga@gmail.com](mailto:musinaolga@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

**Осипова Анастасия Вячеславовна**, «Экология» мамандығы бойынша магистратура студенті, Торайғыров университеті, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, email: [aanastasiyaaa@internet.ru](mailto:aanastasiyaaa@internet.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3947-5252>

**Рахметова Асель Мурзагельдиновна**, биология ғылымдарының кандидаты, профессор, Жаратылыстану ғылымдарының факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: [asel-rakhmetova@mail.ru](mailto:asel-rakhmetova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3221-958X>

**Савиханова Аида Серикболовна**, магистрант, «Шәкәрім университеті» КеАҚ, Семей қ., 071400, Қазақстан Республикасы, e-mail: [aidasavikhanovaaa@mail.ru](mailto:aidasavikhanovaaa@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0000-2249-4062>

**Садыккалиев Азат Маратұлы**, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, Кіші ғылыми қызметкер, «Агроинновация және Биотехнология» ғылыми-зерттеу институты, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 14000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [sadykkaliev@mail.ru](mailto:sadykkaliev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3404-1084>

**Сансызбай Айым Бақытбекқызы**, «Биология» мамандығы бойынша магистрант, Жаратылыстану ғылымдарының факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: [aimasansyzbaeva@mail.ru](mailto:aimasansyzbaeva@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0004-5282-5802>

**Смекенова Назерке Қайнарқызы**, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, кіші ғылыми қызметкер, «Агроинновация және Биотехнология» ғылыми-зерттеу институты, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 14000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [smekenovank@mail.ru](mailto:smekenovank@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0003-5506-1492>

**Сыроватский Максим Викторович**, доцент, Деканның орынбасары – Зоотехнология және агробизнес факультеті, «Мәскеу мемлекеттік ветеринария және биотехнология академиясы – К. И. Скрябин атындағы МВА» жоғары білім берудің федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесі, Мәскеу қ., 109472, Ресей Федерациясы, e-mail: [msyrovatskiy@mail.ru](mailto:msyrovatskiy@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2668-6579>

**Талтенов Абзал**, профессор, Л. Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [abzal06@mail.ru](mailto:abzal06@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0620-3816>

**Торсыкбаева Бигамила**, доцент, Астана медицина университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [mahal505@mail.ru](mailto:mahal505@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0007-6999-3900>

**Тухметова Жанар**, доцент, х. ғ. к., Қарағанды медицина университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [zhanar.tuhmetova@mail.ru](mailto:zhanar.tuhmetova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3969-8296>

**Тұрысбекова Талшын**, «Химиялық инженерия» мамандығы бойынша докторант, Геология және мұнай-газ ісі институты, Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: [t.turysbekova@satbayev.university](mailto:t.turysbekova@satbayev.university), <https://orcid.org/0000-0003-0753-8746>

**Уалиева Римма Мейрамовна**, PhD, кафедрасы профессор, «Биология және экология», Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, email: [ualiyeva.r@gmail.com](mailto:ualiyeva.r@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-3551-5007>

**Усатюк Дарья Андреевна**, Ғылыми қызметкер, Сыр өңдеу Сібір ғылыми-зерттеу институты, Барнаул қ., 656016, Ресей Федерациясы, email: [d-usatyuk@mail.ru](mailto:d-usatyuk@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7852-1680>

**Үсен Жания**, Астана медицина университеті магистранты, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [ussenzhaniya@mail.ru](mailto:ussenzhaniya@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0009-2026-3055>

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Айткалиева Гульзат Сляшевна**, PhD, ассоц. профессор, Институт геологии и нефтегазового дела, Казахский национальный технический исследовательский университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: [g.aitkaliyeva@satbayev.university](mailto:g.aitkaliyeva@satbayev.university), <https://orcid.org/0000-0001-9872-6317>

**Акпаева Карлыгаш Манаповна**, заведующий кафедрой фармацевтических дисциплин Медицинского университета Астана, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [karlygash.manapovna@mail.ru](mailto:karlygash.manapovna@mail.ru), <https://orcid.org/00000-0001-9753-1315>

**Алмас Айгерим Еремеккызы**, магистрант 2-го курса по образовательной программе 7M01517 – «Биология», Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: [aiгерим.almas03@gmail.com](mailto:aiгерим.almas03@gmail.com)

**Ахажанов Ержан Кайруллаевич**, магистр сельскохозяйственных наук, Младший Научный Сотрудник, Научно-исследовательский институт «Агроинновации и биотехнологии», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: [innovationpv@mail.ru](mailto:innovationpv@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0000-5520-9715>

**Ахажанов Кайролла Касенович**, кандидат сельскохозяйственных наук, директор Научно-исследовательский институт «Агроинновации и биотехнологии», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: [innovationpv@mail.ru](mailto:innovationpv@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0006-0055-2704>

**Байсалова Галия Жумамуратовна**, и.о профессора Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [galya\\_72@mail.ru](mailto:galya_72@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1338-0308>

**Бакибаев Абдигали Абдиманатович**, профессор, д.х.н. (доктор химических наук), Томский Политехнический Университет, г. Томск, 634050, Российская Федерация, e-mail: [bakibaev@mail.ru](mailto:bakibaev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3335-3166>

**Бондаренко Нина Ивановна**, заведующий лабораторией, старший научный сотрудник, Сибирский научно –исследовательский институт сыроделия, г. Барнаул, 656016, Российская Федерация, e-mail: [bni-22@mail.ru](mailto:bni-22@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9045-6834>

**Жарылкасын Айдана Асылбеккызы**, магистрант по биологии, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120009, Республика Казахстан, e-mail: [jarilcasynaidana@gmail.com](mailto:jarilcasynaidana@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0001-5569-8114>

**Ибадуллаева Салтанат Жарылкасыновна**, доктор биологических наук, профессор, Кызылординский Университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120014, Республика Казахстан, e-mail: [salt\\_i@mail.ru](mailto:salt_i@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3270-8364>

**Ислам Еркебулан Ержанұлы**, магистрант по специальности «Химическая технология органических веществ», Институт геологии и нефтегазового дела, Казахский национальный технический исследовательский университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: [yerkebulan27@gmail.com](mailto:yerkebulan27@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0006-2648-4041>

**Исмаилова Айганым Бактияркызы**, PhD, ассоциированный профессор (доцент), Школы инженерии, ТОО «Международная образовательная корпорация», г. Алматы, 050043, Республика Казахстан, e-mail: [i-smile@list.ru](mailto:i-smile@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4234-0615>

**Коппаев Алтынбек Еркебуланович**, магистрант по специальности «Биология», Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, email: [altynbek\\_koppaev@mail.ru](mailto:altynbek_koppaev@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0004-0476-9017>

**Красильникова Александра Сергеевна**, лаборант химического анализа 4 разряда, ТОО ИП «СЖС Казахстан ЛТД», г. Павлодар, S03G4F2, Республика Казахстан, email: [krasilkas12@mail.ru](mailto:krasilkas12@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0007-1345-5521>

**Куанышбаева Меруерт Галымовна**, кандидат биологических наук, ассоц. профессор, Университет Шакарима, г. Семей, 071400, Республика Казахстан, e-mail: [meruyertkg@mail.ru](mailto:meruyertkg@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0005-6401-9207>

**Музапарова Севара Абдусаламовна**, магистрант, Медицинский университет Астана, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [sevvaraa@gmail.com](mailto:sevvaraa@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0001-2373-0175>

**Мусина Ольга Николаевна**, доктор технических наук, профессор, Сибирский научно –исследовательский институт сыроделия, г. Барнаул, 656016, Российская Федерация, e-mail: [musinaolga@gmail.com](mailto:musinaolga@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

**Осипова Анастасия Вячеславовна**, магистрант, по специальности «Экология», Торайғыров университет, Факультет естественных наук, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, email: [aanastasiyaaa@internet.ru](mailto:aanastasiyaaa@internet.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3947-5252>

**Рахметова Асель Мурзагельдиновна**, кандидат биологических наук, профессор, Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: [asel-rakhmetova@mail.ru](mailto:asel-rakhmetova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3221-958X>

**Савиханова Аида Серикболовна**, магистрант, Университет Шакарима, г. Семей, 071400, Республика Казахстан, e-mail: [aidasavikhanova@mail.ru](mailto:aidasavikhanova@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0000-2249-4062>

**Садыккалиев Азат Маратович**, магистр сельскохозяйственных наук, Младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт «Агроинновации и биотехнологии», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: [sadykkaliev@mail.ru](mailto:sadykkaliev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3404-1084>

**Сансызбай Айым Бакытбекқызы**, магистрант по специальности «Биология», Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: [aimasansyzbaeva@mail.ru](mailto:aimasansyzbaeva@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0004-5282-5802>

**Смекенова Назерке Кайнарвна**, магистр сельскохозяйственных наук, Младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт «Агроинновации и биотехнологии», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: [smekenovank@mail.ru](mailto:smekenovank@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0003-5506-1492>

**Сыроватский Максим Викторович**, доцент, Заместитель декана – Факультет зоотехнологий и агробизнеса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», г. Москва, 109472, Российская Федерация, e-mail: [msyrovatskiy@mail.ru](mailto:msyrovatskiy@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2668-6579>

**Талтенов Абзал**, профессор Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилёва, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [abzal06@mail.ru](mailto:abzal06@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0620-3816>

**Торсыкбаева Бигамила**, доцент, Медицинский университет Астана, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [maha1505@mail.ru](mailto:maha1505@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0007-6999-3900>

**Тухметова Жанар**, кандидат химических наук, доцент, Карагандинский медицинский университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: [zhanar.tuhmetova@mail.ru](mailto:zhanar.tuhmetova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3969-8296>

**Турсыбекова Талшын**, докторант по специальности «Химическая инженерия», Институт геологии и нефтегазового дела, Казахский национальный технический исследовательский университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: [t.turysbekova@satbayev.university](mailto:t.turysbekova@satbayev.university), <https://orcid.org/0000-0003-0753-8746>

**Уалиева Римма Мейрамовна**, PhD, профессор кафедры «Биология и экология», Факультет естественных наук, Торайғыров университет,

г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, email: [ualiyeva.r@gmail.com](mailto:ualiyeva.r@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-3551-5007>

**Усатюк Дарья Андреевна**, Научный сотрудник, «Сибирский научно – исследовательский институт сыроделия», г. Барнаул, 656016, Российская Федерация, e-mail: [d-usatyuk@mail.ru](mailto:d-usatyuk@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7852-1680>

**Усен Жания**, магистрант Медицинский университет Астана, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [ussenzhaniya@mail.ru](mailto:ussenzhaniya@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0009-2026-3055>

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Aitkaliyeva Gulzat Slyashevna**, PhD, Associate Professor, Geology and Oil-gas Business Institute, Kazakh National Technical Research University named after K. I. Satpayev, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: [g.aitkaliyeva@satbayev.university](mailto:g.aitkaliyeva@satbayev.university), <https://orcid.org/0000-0001-9872-6317>

**Akhazhanov Erzhan Kairullaevich**, master of Agricultural Sciences, Junior Research Fellow, Research Institute «Agroinnovations and Biotechnology», Toraygyrov University, Pavlodar, 14000, Kazakhstan, e-mail: [innovationpv@mail.ru](mailto:innovationpv@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0000-5520-9715>

**Akhazhanov Kairolla Kasenovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute «Agroinnovations and Bio-technology», Toraigyrov University, Pavlodar, 14000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [innovationpv@mail.ru](mailto:innovationpv@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0006-0055-2704>

**Akpayeva Karlygash**, Head of the Department of Pharmaceutical Disciplines of Astana Medical University, 33 Saryarka Ave., Astana, Kazakhstan, 010000, e-mail: [karlygash.manapovna@mail.ru](mailto:karlygash.manapovna@mail.ru), <https://orcid.org/00000-0001-9753-1315>

**Almas Aigerim Ermekkyzy**, Korkyt Ata Kyzylorda University, 2nd year master's student of EP 7M01517 – «Biology», Kyzylorda, 120000, Kazakhstan, e-mail: [aigerim.almas03@gmail.com](mailto:aigerim.almas03@gmail.com)

**Baisalova Galiya**, Acting Professor of L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan st., 13, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000, e-mail: [galya\\_72@mail.ru](mailto:galya_72@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1338-0308>

**Bakibaev Abdigali Abdimanapovich**, Professor, d.ch.sc. (doctor of chemical sciences), Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russian Federation, e-mail: [bakibaev@mail.ru](mailto:bakibaev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3335-3166>

**Bondarenko Nina**, Senior Researcher, Head of the Laboratory of the Siberian Research Institute of Cheese Production, Barnaul, 656016, Russian Federation, e-mail: [bni-22@mail.ru](mailto:bni-22@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9045-6834>

**Ibadullayeva Saltanat Zharylkasynovna**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda city, 120014, Republic of Kazakhstan, e-mail: [salt\\_i@mail.ru](mailto:salt_i@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3270-8364>

**Islam Yerkebulan Yerzhanuly**, Master's Student in "Chemical Technology of Organic Substances", Institute of Geology and Oil & Gas Business, Kazakh National Technical Research University named after K. I. Satpayev, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [yerkebulan27@gmail.com](mailto:yerkebulan27@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0006-2648-4041>

**Ismailova Aiganym Bakhtyarkuzy**, PhD, School of Engineering, International Educational Corporation LLC, Almaty, 050043, Republic of Kazakhstan, e-mail: [i-smile@list.ru](mailto:i-smile@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4234-0615>

**Koppaev Altynbek Erkebulanovich**, Master's degree student in Biology, Toraigyrov University, Faculty of Nature Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, email: [altynbek\\_koppaev@mail.ru](mailto:altynbek_koppaev@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0004-0476-9017>

**Krasilnikova Aleksandra Sergeevna**, Chemical analysis laboratory assistant, 4th rank, LLP FT 'SGS Kazakhstan LTD', Pavlodar, S03G4F2, Republic of Kazakhstan, e-mail: [krasilkas12@mail.ru](mailto:krasilkas12@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0007-1345-5521>

**Kuanysbbaeva Meruert Galymovna**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Shakarim University, Semey, 071400, Republic of Kazakhstan, e-mail: [meruyertkg@mail.ru](mailto:meruyertkg@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0005-6401-9207>

**Muzaparova Sevara**, Master's student of Astana Medical University, 33 Saryarka Ave., Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [sevvaraa@gmail.com](mailto:sevvaraa@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0001-2373-0175>

**Musina Olga**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Siberian Research Institute of Cheese Production, Barnaul, 656016, Russian Federation, e-mail: [musinaolga@gmail.com](mailto:musinaolga@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

**Osipova Anastasiya Vyacheslavovna**, Master's degree student in Ecology, Toraigyrov University, Faculty of Nature Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, email: [aanastasiyaaa@internet.ru](mailto:aanastasiyaaa@internet.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3947-5252>

**Rakhmetova Assel Murzageldinovna**, Candidate of Biology sciences, professor, Faculty of Natural Sciences, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: [asel-rakhmetova@mail.ru](mailto:asel-rakhmetova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3221-958X>

**Savikhanova Aida Serikbolovna**, Master's student, NJSC «Shakarim University», Semey, Republic of Kazakhstan, e-mail: [aidasavikhanovaaa@mail.ru](mailto:aidasavikhanovaaa@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0000-2249-4062>

**Sadykkaliev Azat Maratovich**, Master of Agricultural Sciences, Junior Research Fellow, Research Institute «Agroinnovations and Biotechnology», Toraygyrov University, Pavlodar, 14000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [sadykkaliev@mail.ru](mailto:sadykkaliev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3404-1084>

**Sansyzbay Aiyim Bakytbekkyzy**, Master's student in «Biology», Faculty of Natural Sciences, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: [aimasansyzbava@mail.ru](mailto:aimasansyzbava@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0004-5282-5802>

**Smekenova Nazerke Kainarovna**, Master of Agricultural Sciences, Junior Research Fellow, Research Institute «Agroinnovations and Biotechnology», Toraygyrov University, Pavlodar, 14000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [smekenovank@mail.ru](mailto:smekenovank@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0003-5506-1492>

**Syrovatsky Maksim Viktorovich**, Associate Professor, Deputy Dean - Faculty of Animal Science and Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Skryabin», Moscow, Russian Federation, 109472, e-mail: [msyrovatskiy@mail.ru](mailto:msyrovatskiy@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2668-6579>

**Taltenov Abzal**, Professor of L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan st., 13, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000, e-mail: [abzal06@mail.ru](mailto:abzal06@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0620-3816>

**Torsykbaeva Bigamila**, Associate Professor Astana Medical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [maha1505@mail.ru](mailto:maha1505@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0007-6999-3900>

**Tukhmetova Zhanar**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Karaganda Medical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [zhanar.tukhmetova@mail.ru](mailto:zhanar.tukhmetova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3969-8296>

**Turysbekova Talshyn**, Doctoral student in «Chemical Engineering», Geology and Oil-gas Business Institute, Kazakh National Technical Research University named after K.I. Satpayev, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: [t.turysbekova@satbayev.university](mailto:t.turysbekova@satbayev.university), <https://orcid.org/0000-0003-0753-8746>

**Ualiev Rimma Meiramovna**, PhD, Professor of Department of Biology and Ecology, Toraighyrov University, Faculty of Nature Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, email: [ualiyeva.r@gmail.com](mailto:ualiyeva.r@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-3551-5007>

**Daria Usatyuk**, Researcher, Siberian Research Institute of Cheese Production, Barnaul, 656016, Russian Federation, email: [d-usatyuk@mail.ru](mailto:d-usatyuk@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7852-1680>

**Ussen Zhaniya**, Master's Student of Astana Medical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [ussenzhaniya@mail.ru](mailto:ussenzhaniya@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0009-2026-3055>

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ научных журналов НАО «Торайғыров университет» «Вестник Торайғыров университета», «Наука и техника Казахстана»

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статьи 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 рецензирования 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. Аффiliation** (организация (место работы (учебы)), страна, город) – на казахском, русском и английском языках. Полные данные об аффiliation 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**

Торайғыров 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. Торайгырова; 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 – Р. 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 : dissertaciya 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. Toraighyrov PSU; St.Petersburg. : GAFKiS im. P. F. Lesgafta, 2005. – 270 p.

*C. K. Antikeeva*

Торайғыров университет,  
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

### **БІЛКІТІЛІКТІ 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. Antikeeva*

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, незачного 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 10.06.2026 ж. жіберілді. Басуға 29.06.2026 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

5,46 МБ RAM

Шартты баспа табағы 11,51.

Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген А. Ш. Шукитова

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4560

Сдано в набор 10.06.2026 г. Подписано в печать 29.06.2026 г.

Электронное издание

5,46 МБ RAM

Усл. п. л. 11,51. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка А. Ш. Шукитова

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4560

«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](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-cb.tou.edu.kz](http://www.vestnik-cb.tou.edu.kz)