

<https://doi.org/10.32523/2616-7034>

ISSN(Print) 2616-7034  
ISSN(Online) 2663-130X



Л.Н.Гумилев атындағы  
Еуразия ұлттық университетінің  
**ХАБАРШЫСЫ**

**BULLETIN**  
of L.N.Gumilyov Eurasian  
National University

№3 (144)/2023

**ВЕСТНИК**  
Евразийского национального  
университета имени Л.Н.Гумилева

БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР сериясы

BIOSCIENCE Series

Серия БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

[bulbio.enu.kz](http://bulbio.enu.kz)



ISSN (Print) 2616-7034

ISSN (Online) 2663-130X

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

# ХАБАРШЫСЫ

---

---

## BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian  
National University

## ВЕСТНИК

Евразийского национального  
университета имени Л.Н. Гумилева

**БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР сериясы**

**BIOSCIENCE Series**

**Серия БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**3(144)/ 2023**

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Астана, 2023

Astana, 2023

Астана, 2023

Бас редакторы **Р.І. Берсімбай**  
ҚР ҰҒА академигі, б.ғ.д, проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

Бас редактордың орынбасары **Ж.К. Масалимов**  
б.ғ.к., доцент, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

#### Редакция алқасы

<b>Акильжанова А.Р.</b>	м.ғ.д., PhD, Назарбаев университеті, Астана (Қазақстан)
<b>Аликулов З.А.</b>	б.ғ.к., проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана (Қазақстан)
<b>Аскарлова Ш.Н.</b>	б.ғ.к., PhD, Назарбаев университеті, Астана (Қазақстан)
<b>Ау У.</b>	PhD, проф., Техас университеті, Техас (АҚШ)
<b>Бисенбаев А.К.</b>	б.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы (Қазақстан)
<b>Здунек-Застока Э.</b>	PhD, проф., Варшава жаратылыстану ғылымдары университеті, Варшава (Польша)
<b>Изотти А.</b>	PhD, проф., Генуя университеті, Генуя (Италия)
<b>Ильдербаев О.З.</b>	м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана (Қазақстан)
<b>Коломиец М.</b>	PhD, проф., Техас университеті, Техас (АҚШ)
<b>Константинов Ю.М.</b>	б.ғ.д., проф., Иркутск мемлекеттік университеті, Иркутск (Ресей)
<b>Курманбаева А.Б.</b>	PhD, оқытушы-зерттеуші, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана (Қазақстан)
<b>Позо М.Х.</b>	PhD, Испания ұлттық зерттеу кеңесінің Zaidin тәжірибелік станциясы, Гранада (Испания)
<b>Рубцов Н.</b>	б.ғ.д., проф., Цитология және генетика институты, Новосібір (Ресей)
<b>Саги М.</b>	PhD, проф., Бен Гурион атындағы Негев университеті, Беэр-Шева (Израиль)
<b>Сарбасов Д.Д.</b>	PhD, проф., Назарбаев университеті, Астана (Қазақстан)
<b>Тарлыков П.В.</b>	PhD, зертхана меңгерушісі, Ұлттық биотехнология орталығы, Астана (Қазақстан)
<b>Халилов Р.И.</b>	ф.-м.ғ.д., Баку мемлекеттік университеті, Баку (Әзірбайжан)

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2,  
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.  
Тел: +7 (7172) 709-500 (ішкі 31-428). E-mail: [eurjourbio@enu.kz](mailto:eurjourbio@enu.kz)  
Жауапты хатшы: А. Бекбаева

**Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.**

**БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР сериясы**

Меншіктенуші: КеАҚ «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті»

Мерзімділігі: жылына 4 рет

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен тіркелген

02.02.2021ж. № KZ11VPY00031938 қайта есепке қою туралы куәлігі

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі 13/1

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-428). Сайт: <http://bulbio.enu.kz>

© Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

*Editor-in-Chief* **R.I. Bersimbaev**  
*Academician of NAS RK, Doctor of Biological Sciences, Prof.,*  
*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

*Deputy Editor-in-Chief:* **Zh.K. Masalimov**, *Candidate of Biological Sciences, Associate professor,*  
*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

***Editorial board***

- Akilzhanova A.R.** Doctor of Medical Sciences, PhD, Nazarbayev University, Astana (Kazakhstan)  
**Alikulov Z.A.** Prof., Can. of Biological Sciences, L.N. Gumilyov ENU, Astana (Kazakhstan)  
**Askarova Sh.N.** PhD, Can. of Biological Sciences, Nazarbayev University, Astana (Kazakhstan)  
**Au W.** PhD, Prof., University of Texas, Texas (USA)  
**Bisenbayev A.K.** Doctor of Biological Sciences, Prof., Academician of NAS RK, Al-Farabi  
Kazakh  
National University, Almaty (Kazakhstan)  
**Zdunek-Zastocka E.** PhD, Prof, Warsaw University of Life Sciences, Warsaw (Poland)  
**Izzotti A.** PhD, Prof., University of Genoa, Genoa (Italy)  
**Ilderbayev O.Z.** Doctor of Medical Sciences, Prof., L.N. Gumilyov ENU, Astana (Kazakhstan)  
**Kolomic M.** PhD, Prof., University of Texas, Texas (USA)  
**Konstantinov Yu.M.** Doctor of Biological Sciences, Prof., Irkutsk State University, Irkutsk (Russia)  
**Kurmanbayeva A.B.** PhD, teacher-researcher, L.N. Gumilyov ENU, Astana (Kazakhstan)  
**Pozo M.J.** PhD, Zaidin Experimental Station of the Spanish National Research Council,  
Granada (Spain)  
**Rubtsov N.** Doctor of Biological Sciences, Prof., Institute of Cytology and Genetics,  
Novosibirsk (Russia)  
**Sagi M.** PhD, Prof., Ben Gurion University of the Negev, Beer Sheva (Israel)  
**Sarbassov D.D.** PhD, Prof., Nazarbayev University, Astana (Kazakhstan)  
**Tarlykov P.V.** PhD, Head of the Laboratory, National Center for Biotechnology, Astana  
(Kazakhstan)  
**Khalilov R.I.** Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Baku State University, Baku  
(Azerbaijan)

Editorial address: 2 Satpayev str., of. 402, L.N. Gumilyov Eurasian National University,  
Astana, Kazakhstan, 010008

Tel.: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-428), E-mail: [eurjourbio@enu.kz](mailto:eurjourbio@enu.kz)

*Responsible secretary:* Aliya Bekbayeva

**Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. BIOSCIENCE Series**

Owner: Non-profit joint-stock company «L.N. Gumilyov Eurasian National University»

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan

Rediscount certificate № KZ11VPY00031938 from 02.02.2021

Address of Printing Office: 13/1 Kazhimukan str., L.N. Gumilyov Eurasian National University,  
Astana, Kazakhstan 010008

Tel: +7 (7172) 709-500 (ext.31-428). Website: <http://bulbio.enu.kz>



Главный редактор **Р.И. Берсимбай**  
профессор, д.б.н., академик НАН РК, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Зам. главного редактора **Ж.К. Масалимов**  
к.б.н., доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

#### Редакционная коллегия

<b>Акильжанова А.Р.</b>	д.м.н., PhD, Назарбаев Университет, Астана (Казахстан)
<b>Аликулов З.А.</b>	к.б.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана (Казахстан)
<b>Аскарова Ш.Н.</b>	к.б.н., PhD, Назарбаев Университет, Астана (Казахстан)
<b>Ау У.</b>	PhD, проф., Техасский университет, Техас (США)
<b>Бисенбаев А.К.</b>	д.б.н., проф., академик НАН РК, КазНУ имени аль-Фараби, Алматы (Казахстан)
<b>Здунек-Застока Э.</b>	PhD, проф., Варшавский университет естественных наук, Варшава (Польша)
<b>Изотти А.</b>	PhD, проф., Университет Генуя, Генуя (Италия)
<b>Ильдербаев О.З.</b>	д.м.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана (Казахстан)
<b>Коломиец М.</b>	PhD, профессор, Техасский университет, Техас (США)
<b>Константинов Ю.М.</b>	д.б.н., проф., Иркутский государственный университет, Иркутск (Россия)
<b>Курманбаева А.Б.</b>	PhD, преподаватель-исследователь, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана (Казахстан)
<b>Позо М.Х.</b>	PhD, Экспериментальная станция Zaidin Испанского национального исследовательского совета, Гранада (Испания)
<b>Рубцов Н.</b>	д.б.н., профессор, Институт цитологии и генетики, Новосибирск (Россия)
<b>Саги М.</b>	PhD, профессор, Университет имени Бен-Гуриона в Негеве, Беэр-Шева (Израиль)
<b>Сарбасов Д.Д.</b>	PhD, профессор, Назарбаев Университет, Астана (Казахстан)
<b>Тарлыков П.В.</b>	PhD, заведующий лабораторией, Национальный центр биотехнологии, Астана (Казахстан)
<b>Халилов Р.И.</b>	д.ф.-м.н., Бакинский государственный университет, Баку (Азербайджан)

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2,  
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402  
Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-428). E-mail: [eurjourbio@enu.kz](mailto:eurjourbio@enu.kz)  
Ответственный секретарь: А.Бекбаева

**Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.**  
**Серия БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Собственник: НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева»  
Периодичность: 4 раза в год  
Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан  
Свидетельство о постановке на переучет № KZ11VPY00031938 от 02.02.2021г.  
Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажымукана, 13/1,  
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева  
Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-428). Сайт: <http://bulbio.enu.kz>

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ. БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР СЕРИЯСЫ

BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY.  
BIOSCIENCE SERIES

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ Л.Н. ГУМИЛЕВА.  
СЕРИЯ БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 3 (144)/2023

### МАЗМҰНЫ/ CONTENT/ СОДЕРЖАНИЕ

- Зайнелова Г.З., Садыканова Г.Е., Куспанова А.А.** Бақылау-өлшеу аспаптары цехының жұмысшыларындағы психофизиологиялық көрсеткіштердің күйі  
**Zainelova G.Z., Sadykanova G.E., Kuspanova A.A.** The state of psychophysiological indicators of the workers of the instrumentation workshop  
**Зайнелова Г.З., Садыканова Г.Е., Куспанова А.А.** Состояние психофизиологических показателей у рабочих цеха контрольно-измерительных приборов 7
- Сағымбек Ф.Ф., Серикбаева А.Д., Абдигалиева Т.Б., Елназарқызы Р.** Пробиотиктер және оларды балықтардың өсуі мен иммунитетін жақсарту үшін аквакультурада қолдану  
**Sagymbek F.G., Serikbaeva A.D., Abdigaliyeva T.B., Yelnazarkyzy R.** Probiotics and their application in aquaculture for improving the growth and immunity of fish  
**Сағымбек Ф.Ф., Серикбаева А.Д., Абдигалиева Т.Б., Елназарқызы Р.** Пробиотики и их применение в аквакультуре для улучшения роста и иммунитета рыб 16
- Симанчук Е.А., Сұлтанғазина Г.Ж., Курприанов А.Н.** Қостанай облысының темір рудасы кәсіпорындарының топтасып өскен өсімдіктер жиынтықтарды талдау  
**Simanchuk Ye.A., Sultangazina G.J., Kuprijanov A.N.** Analysis of Group-Thicket Communities on Iron Ore Industry Dumps in Kostanay Region  
**Симанчук Е.А., Султангазина Г.Ж., Курприанов А.Н.** Анализ группово-зарослевых сообществ на отвалах железорудных предприятий Костанайской области 26
- Абдилданов Д.Ш., Веселова П.В., Кудабаева Г.М., Курманбаева М.С., Абаш А.С., Избастина К.С.** *Allium* L. туыс түрлерінің гербарийдегі (АА) ұсынылуын Арал-Балқаш флоралық аймағы бойынша анализдеу  
**Abdildanov D.Sh., Vesselova P.V., Kudabayeva G.M., Kurmanbayeva M.S., Abash A.S., Izbastina K.S.** Analysis of the representation of species of the genus *Allium* L. flora of Aral-Balkhash region in the Herbarium (AA)  
**Абдилданов Д.Ш., Веселова П.В., Кудабаева Г.М., Курманбаева М.С., Абаш А.С., Избастина К.С.** Анализ представленности видов рода *Allium* L. флоры Арало-Балхашского региона в Гербарии (АА) 40
- Арғынбаева А.М., Дауров Д.Л., Сапахова З.Б., Жамбакин Қ.Ж., Шамекова М.Х.** Қазақстандағы картоп вирустары және вируссыз тұқымдық материал алу әдістері  
**Argynbayeva A.M., Daurov D.L., Sapakhova Z.B., Zhambakin K.Zh., Shamekova M.Kh.** Potato viruses in Kazakhstan and methods for obtaining virus-free seed material  
**Арғынбаева А.М., Дауров Д.Л., Сапахова З.Б., Жамбакин Қ.Ж., Шамекова М.Х.** Вирусы картофеля в Казахстане и методы получения безвирусного семенного материала 54

- Жанатаев Б.Т., Тұңғышбаева З.Б., Сарсенова А.С.** Микробиологиялық тәсілмен топырақ және құмды нығайтуға *Sporosarcina pasteurii* бактериясын қолдану  
**Zhanatayev B.T., Tungyshbayeva Z.B., Sarsenova A.S.** Application of the bacterium *Sporosarcina pasteurii* for strengthening soil and sand by microbiological means  
**Жанатаев Б.Т., Тұңғышбаева З.Б., Сарсенова А.С.** Применение бактерии *Sporosarcina pasteurii* для укрепления почвы и песка микробиологическим способом 69
- Имашева Б.С., Асқаров Қ.А., Тоқбергенов Е.Т.** Жамбылдың «Минералды тыңайтқыштар» зауытының өңірлік экологиялық жағдайы мен халықтың демографиялық ахуалына әсері  
**Imasheva B.S., Askarov K.A., Tokbergenov E.T.** Regional ecological state of the Zhambyl plant “Mineral Fertilizers” and the impact on the demographic situation of the population  
**Имашева Б.С., Асқаров Қ.А., Тоқбергенов Е.Т.** Региональное экологическое состояние Жамбылского завода «Минеральные удобрения» и влияние на демографическую ситуацию населения 82
- Маханова А.М., Понамарева О.А., Татаева Р.К.** Қан холестеринімен суицидтік мінез-құлық арасындағы байланыс  
**Makhanova A.M., Ponomareva O.A., Tatayeva R.K.** Relationship between blood cholesterol and suicidal behaviour  
**Маханова А.М., Понамарева О.А., Татаева Р.К.** Взаимосвязь уровня холестерина крови и суицидального поведения 95
- Халилов Р., Мамедова М., Абдуллаева Ш.** Бета-лактамы антибиотиктерге төзімділік механизмі  
**Khalilov R., Mammadova M., Abdullayeva Sh.** Mechanism of resistance to beta-lactam antibiotics  
**Халилов Р., Мамедова М., Абдуллаева Ш.** Механизм резистентности к бета-лактамым антибиотикам 115



МРНТИ 34.39.17

Г.З. Зайнелова, Г.Е. Садыканова\*, А.А. Куспанова

Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова,  
Усть-Каменогорск, Казахстан

\*Автор для корреспонденции: [gulnaz.sadykanova@mail.ru](mailto:gulnaz.sadykanova@mail.ru)

### Состояние психофизиологических показателей у рабочих цеха контрольно-измерительных приборов

**Аннотация.** В научной статье описывается влияние производственных факторов на психофизиологический статус рабочих цеха контрольно-измерительных приборов в зависимости от возраста, стажа работы и у лиц, имеющих косвенный контакт с урановым производством при ремонте оборудования данного цеха. Полученные результаты показали особенности формирования защитно-приспособительных механизмов от действия факторов производственной среды в группах рабочих разного возраста при доминирующем значении психоэмоциональной напряженности.

Результаты исследования показателей умственной работоспособности у рабочих КИП показало незначительное снижение интенсивности и скорости работы с возрастом, точность работы увеличивается с возрастом, значительно возрастает концентрация внимания в старших возрастных группах, незначительно снижается работоспособность и продуктивность работы, уменьшается объем и скорость переработки зрительной информации, также снижается эффективность выполняемой работы.

Анализ результатов реактивной тревожности в группах обследованных рабочих показал, что уровни умеренной и низкой реактивной тревожности отличаются незначительно. В показателях личностной тревожности наиболее выражены умеренные значения личностной тревожности, и наименьшее число составляет низкая личностная тревожность.

Изучение психофизиологических показателей рабочих цеха контрольно-измерительных приборов позволило выявить лица с высокой неустойчивостью и исключить их из производственного цикла. Включение психофизиологического тестирования при проведении профессионального отбора снизило риск возникновения пограничных состояний в производственных условиях.

**Ключевые слова:** умственная работоспособность, адаптация организма, объем внимания, личностная тревожность, реактивная тревожность.

DOI: 10.32523/2616-7034-2023-144-3-7-15

## Введение

С каждым годом приобретает все большее значение в научном и особенно практическом аспекте проблема устойчивости человека к неблагоприятным воздействиям в условиях влияния специфических факторов производственной среды [1]. При этом особое значение приобретает исследование развития защитно-приспособительных механизмов и повышение профессиональной деятельности при снижении функциональной напряженности [2-3]. До последнего времени слабо изучены вопросы, касающиеся особенностей влияния психоэмоциональной напряженности в процессе трудовой деятельности у лиц, профессионально связанных с условиями действия особо опасной для здоровья производственной среды [4- 5].

Восточно-Казахстанская область является антропогенным геохимическим регионом с характерным аномальным набором биогеохимических процессов, вызывающих патологические изменения в состоянии функционирования физиологических систем организма человека. Промышленные районы Восточного Казахстана содержат концентрации многих токсических веществ, превышающих предельно допустимые [6-9]. Можно предположить, что организм человека находится в состоянии постоянного экологического давления неблагоприятных факторов. Наличие завода ядерного топлива и хвостохранилищ с радиоактивными отходами в районе жилых массивов г.Усть-Каменогорска, которые являются постоянными источниками повышенного радиоактивного загрязнения в городе [10]. Скопление на небольшом пространстве индустриальных комплексов создает высокую экологическую напряженность для населения региона. Большое количество научных исследований, посвященных изучению влияния ионизирующей радиации и токсических веществ на организм человека, не затрагивают роли эмоционального напряжения в процессе развития защитно-приспособительных механизмов [11]. Психофизиологические особенности личностных характеристик человека выступают на первый план даже при отсутствии эффектов радиационного поражения и токсического эффекта. Следовательно, до настоящего времени мало изучены многоуровневые функциональные изменения жизненно важных систем организма, резервные возможности организма индивидуума в условиях влияния неблагоприятной производственной среды.

## Материалы и методы исследования

Исследования проведены в трех возрастных группах рабочих цеха контрольно-измерительных приборов (КИП) и у лиц, имеющих косвенный контакт с урановым производством при ремонте оборудования данного цеха Ульбинского металлургического завода, которые были сформированы согласно рекомендациям ВОЗ. В первую группу вошли рабочие в возрасте от 18-ти до 30-ти лет, стаж до 5-ти лет, во вторую - в возрасте от 31-го до 44-х лет, стаж до 10 лет, в третью - в возрасте от 45-ти до 60-ти лет, стаж свыше 10 лет. Всего обследовано 77 практически здоровых мужчин. Группой сравнения служила первая возрастная группа. Обследование проводилось в первой половине дня в одни и те же часы в осенний период.

Учитывая, что рабочие Ульбинского металлургического завода (УМЗ) подвергаются воздействию ряда неблагоприятных факторов производства, таких, как вредность производства, сменный характер работы, высокие требования к выполнению работ, были исследованы базовые психофизиологические функции.

Для исследования умственной работоспособности использовали метод корректурных проб с использованием таблиц В.Я. Анфимова. Эта таблица позволяет изучить особенности внимания при действии монотонных раздражителей. Были рассчитаны следующие показатели: интенсивность и скорость работы, продуктивность, работоспособность, точность работы, эффективность работы, объем зрительной информации, скорость



переработки зрительной информации. Для всех обследованных групп составлены кривые устойчивости работоспособности. Данные рассчитаны в условных единицах.

Показатели индивидуально-типологических особенностей эмоциональной сферы личности, показатели функционального состояния и субъективные показатели самочувствия определяли с помощью стандартных методик Спилбергера и Люшера. С помощью метода Спилбергера оценивали уровень личностной и реактивной тревожности как показателей базовых характеристик личности.

Цветовой тест Люшера используют для изучения индивидуально типологических особенностей организма человека, выявления функционального состояния, степени адаптивности к различным ситуациям. Были рассмотрены соотношения цветовых диаграмм для изучения настроения в момент обследования и личностных характеристик психоэмоциональной сферы. По соотношению цветов оценивали три параметра - уровень стресса, беспокойства и вегетативного баланса. Этот метод относится к невербальным и позволяет проводить индивидуальное и групповое обследование в течение непродолжительного времени [12-13]. Демонстрирует связь конституционально заложенных свойств с типом реагирования на средовые воздействия.

Сила нервных процессов является показателем работоспособности нервных клеток и нервной системы в целом. Сильная нервная система выдерживает большую по величине и длительности нагрузку, чем слабая [14-15]. Методика теппинг-теста основана на определении динамики максимального темпа движения рук. Опыт проводится последовательно сначала правой, а затем левой рукой.

### Результаты исследований и их обсуждение

Изучение состояния реактивной и личностной тревожности у рабочих показало, что преобладают уровни низкой и умеренной тревожности в обследованных группах (таблица 1).

Таблица 1  
Показатели реактивной и личностной тревожности у рабочих

Показатели	Возрастная группа		
	I	II	III
Реактивная тревожность:			
низкая	23,7±4,7	24,3±4,8	23,1±4,6
умеренная	36,3±5,9	37,3±7,4	34,1±6,8
высокая	46,3±9,1	46,5±9,1	47,9±9,7
Личностная тревожность:			
низкая	27,3±5,4	18,1±3,6	28,1±5,7
умеренная	35,2±7,3	36,4±7,2	38,3±7,6
высокая	46,8±9,3	47,5±9,5	48,1±9,9

Примечание: \* -  $p < 0,05$

Низкие значения реактивной тревожности характеризуются незначительными изменениями во всех возрастных группах. Умеренная тревожность снижается в третьей группе. Высокая тревожность увеличивается в третьей группе.

Личностная тревожность отличается увеличением низких значений в первой и третьей группах. Умеренная тревожность также нарастает в третьей группе. Аналогичная картина наблюдается при изучении изменений высокой тревожности.

Во всех обследованных группах преобладают рабочие с низкой реактивной тревожностью и только в третьей группе число рабочих умеренной тревожности резко возрастает. Во второй группе отсутствуют рабочие с высокой реактивной тревожностью.

В группе рабочих преобладают рабочие с умеренной тревожностью с нарастанием высокой тревожности во второй группе.

Из таблицы видно, что уровень высокой реактивной тревожности увеличивается с возрастом на 3,7% во второй группе и в 5,4% раз в третьей группе по сравнению с первой группой. Уровень высокой личностной тревожности увеличен в третьей группе по сравнению с первой группой на 7,0%. В целом же можно отметить, что преобладают показатели низкой и умеренной тревожности.

Показатели низкой реактивной тревожности составляют 36,16% от числа обследованных рабочих, уровень умеренной реактивной тревожности равен 37,90% и высокий уровень реактивной тревожности равен 25,94%. В первой группе низкая реактивная тревожность равна 42,05%, умеренная реактивная тревожность - 46,8%, высокая составляет 11,15%. Во второй группе низкая реактивная тревожность равна 38,2%, умеренная - 40,5% и высокая - 22,3%. В третьей группе низкая реактивная тревожность равна 28,6%, умеренная - 28,0%, высокая - 48,4%.

Личностная тревожность в первой группе составляет: низкая 22,15%, умеренная - 28,17%, высокая - 21,70%, во второй группе низкая личностная тревожность составляет 5,5%, умеренная равна 76%, высокая - 17,70%. В третьей группе низкая тревожность составляет 15,5%, умеренная - 38,6% и высокая - 45,9%. От общего числа обследованных рабочих низкая личностная тревожность составляет 10,48%, умеренная равна 53,39% и высокая - 23,80%.

Полученные результаты указывают на преобладание низкой и умеренной тревожности в обследованных группах рабочих, за исключением высокой реактивной тревожности в третьей группе. Низкая реактивная тревожность преобладает во второй группе обследованных рабочих, так же, как и показатели умеренной реактивной тревожности. Высокая реактивная тревожность преобладает в третьей группе рабочих.

Личностная тревожность отличается следующим распределением показателей в разновозрастных группах: низкая личностная тревожность характеризуется высокими показателями в первой группе рабочих, умеренная личностная тревожность преобладает в показателях второй группы обследованных рабочих, и высокий уровень личностной тревожности отмечен у рабочих третьей группы.

Анализ полученных результатов показал, что с возрастом отмечено увеличение психоэмоционального напряжения у рабочих цеха контрольно-измерительных приборов. Однотипная картина распределения показателей высокой реактивной и личностной тревожности у рабочих третьей группы указывает на нарастание процессов дезадаптации с возрастом, что и приводит к возрастанию показателей высокого уровня в старшей группе рабочих.

Изучение показателей стресса и баланса на основе теста Люшера показало, что из числа обследованных рабочих стресс обнаружен в третьей группе, то есть у рабочих старшего возраста и составляют 6,25% от общего числа обследованных рабочих. Показатель, обозначающий беспокойство, встречается во всех обследованных группах и распределен следующим образом: первая группа - 22,4%; вторая - 18,7%; третья - 41,4% (таблица 2).

Таблица 2

## Показатели стресса и баланса по тесту Люшера у рабочих

Возрастная группа	Стресс	Беспокойство	Баланс
I	-	4	15
II	-	7	27
III	2	10	12

Полученные результаты свидетельствуют о повышении беспокойства с возрастом. Показатели баланса распределены неоднозначно в разных возрастных группах и с возрастом отмечено снижение. Наибольшая вариабельность признака обнаружена в показателях баланса и составляет  $58,44 \pm 7,64$ . Вариабельность показателей стресса менее выражена и равна  $27,86 \pm 5,27$ . Отсутствие стресса в I и II группах рабочих указывает на увеличение в младших возрастных группах показателей баланса, что может свидетельствовать о резервных возможностях у лиц младшего возраста. Поскольку работа в цехе контрольно-измерительных приборов связана с ремонтом оборудования и приборов, то, по-видимому, с возрастом снижается работоспособность, что, в свою очередь, отражается и на функциональном состоянии человека. Это влечет за собой нестабильность состояния ЦНС и увеличивает психоэмоциональную нагрузку на организм человека. Этим можно объяснить увеличение стресса в старшей возрастной группе, что составляет 6,25%. Преобладают показатели баланса во всех обследованных группах. В первой группе - 61,76%, во второй - 57,35%, в третьей - 62,5%.

Изучение типологических свойств нервной системы, характеризующей ее работоспособность, распределяется следующим образом (таблица 3).

**Таблица 3**

**Распределение показателей теппинг-теста у рабочих КИП (сек)**

Возрастная группа	Низкий	Средний	Высокий
I	8	4	8
II	10	9	15
III	11	4	9

В первой группе преобладают рабочие с низким и высоким темпами - 44,42% и 35,16% соответственно. Аналогично распределены результаты во второй и третьей группах. Наибольшей вариабельностью в обследованных группах обладает показатель высокого темпа -  $45,02 \pm 6,71$ .

Полученные результаты свидетельствуют о том, что во всех обследованных группах в равных количествах представлены показатели высокой и низкой работоспособности. Работа в цехе контрольно-измерительных приборов отличаются повышенным вниманием, сосредоточенностью и точностью по сравнению с работой на другом производстве. Возможно, это и сказывается на уровне работоспособности во всех обследованных возрастных группах. В целом же показатели низкого темпа увеличиваются с возрастом, что указывает на снижение работоспособности. Показатель, отражающий высокий темп, наиболее выражен у рабочих первой и второй групп. По-видимому, в первой группе работоспособность ниже в силу более низкой квалификации рабочих и увеличивается с возрастом, достигая максимума во второй группе. Так как теппинг-тест является величиной, отражающей величину физического усилия, то, следовательно, он отражает и уровень функционирования нервно-мышечного аппарата и процессы, происходящие в этой системе. Снижение с возрастом показателя теппинг-теста указывает на повышенную утомляемость, снижение лабильности ЦНС и неуравновешенность нервных процессов.

При анализе показателей умственной работоспособности отмечаются неоднозначные возрастные изменения, что можно объяснить тем, что при выполнении работы с возрастом повышается точность работы и концентрация внимания, что естественно влечет за собой снижение таких показателей, как продуктивность работы, объем переработки и скорость переработки зрительной информации (таблица 4).

Таблица 4

## Распределение показателей умственной работоспособности у рабочих КИП

Показатели	Возрастная группа		
	I	II	III
Интенсивность и скорость работы	752,1±15,1*	587,2±11,7	637,6±12,7
Точность работы	25,5±3,1	40,4±7,1	49,9±9,1
Количество ошибок на дифференцировку	3,5±0,7	9,4±0,58*	5,5±0,3
Работоспособность	1,9±0,3	1,7±0,3	1,5±0,2
Продуктивность	47,1±0,71	32,3±2,4	42,0±0,24
Объем зрительной информации	446,4±8,9*	348,5±6,9	224,6±7,4
Скорость переработки зрительной информации	2,8±0,56	3,5±0,71	2,76±0,55
Эффективность	4,3±0,8*	2,8±0,56	1,6±0,41

Примечание: \* -  $p < 0,05$

Работа в цехе контрольно-измерительных приборов связана с высокой точностью выполнения производственных операций и концентрацией внимания, поэтому эти показатели возрастают с повышением профессиональной квалификации. Кривая устойчивости работоспособности незначительно уменьшается с возрастом.

### Заключение

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

- 1) У рабочих цеха контрольно-измерительных приборов, длительное время работающих в условиях нервно-эмоционального напряжения, формируется комплекс физиологических перестроек, который может быть охарактеризован как реакция, обеспечивающая поддержание параметров гуморально-клеточного и иммунного гомеостаза на фоне умеренной активации механизмов психофизиологической регуляции.
- 2) Длительное воздействие малых доз ионизирующей радиации способствует развитию у рабочих цеха КИП состояния «критического напряжения», проявляющегося в значительном увеличении реактивной тревожности, снижении показателей умственной работоспособности.

### Список литературы

1. Дакиева К.Ж., Садыканова Г.Е., Құмарбекұлы С., Калелова Г.Ж. Анализ влияния токсических химических веществ на физиологические показатели экспериментальных животных // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2022. – Т. 70. – №1. – С. 82-91. DOI: <https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v70.i1.08>.
2. Dakieva K.Z., Sadykanova G.E., Tsyganov A.P., Chursin A.S. Sharipkhanova A.S., Egorina A.V. Environmental and Industrial Impact on the Biological Systems of Living Organisms // Chiang Mai University Journal of Natural Science. – 2023. – Vol. 22(1). – P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.12982/NLSC.2023.015>.
3. Saikat Mitra, Arka Jyoti Chakraborty, et al. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity // Journal of King Saud University – Science. – 2022. – Vol. 34. – P. 101865. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101865>.
4. Кабдыкадыров А.А., Зубова О.А., Муканова Г.А., Даулетбаева М.М., Воронова Н.В. Оценка динамики качества атмосферного воздуха г. Усть-Каменогорск // Гидрометеорология и экология. – 2021. – №2. – С. 33-39.

5. Тищенко А.П., Семенова Н.М. К вопросу об основных экологических проблемах города Усть-Каменогорска (Республика Казахстан) // Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Томск, 2019. – С. 78-82.
6. Ибраева Л.К., Узбеков В.А., Сембаев Ж.Х., Русяев М.В., Диханова З.А. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха города Усть-Каменогорск // Медицина труда и промышленная экология. – 2011. – №6. – С. 13-16.
7. Производство урана. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.ulba.kz/ru/production1.htm> (дата обращения: 17.11.2022).
8. Dewar D. Uranium Mining: Environmental and Human Health Effects // Nuclear Non-Proliferation in International Law. – 2019. – Vol. 4. – P. 229-235. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-6265-267-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-6265-267-5_11).
9. Petrakis D., Vassilopoulou L., Docea A.O., Gofitã E., Vucinic S., Rakitskii V.N., Tsatsakis A.M. An overview update in chemical, biological and nuclear weapons and their effects in human health // Health care of the Russian Federation, Russian journal. – 2016. – Vol. 61(2). – P. 103-112. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2017-61-2-103-112>.
10. Переработка трудновскрываемых ураносодержащих материалов. [Электронный ресурс] – URL: [http://www.ulba.kz/ru/production1\\_04.htm](http://www.ulba.kz/ru/production1_04.htm) (дата обращения: 17.11.2022).
11. Ernst W.G. Overview of naturally occurring Earth materials and human health concerns // Journal of Asian Earth Sciences. – 2012. – Vol. 59. – P.108-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.05.030>.
12. Mukhachev A.P., Yelatontsev D.O., Kharitonova O.A. Physical and chemical foundations of the technology for obtaining uranium oxides // Problems of Atomic Science and Technology. – 2022. – Vol. 2(138). – P. 62-67. DOI: <https://doi.org/10.46813/2022-138-062>.
13. Manojit Ghosh, Shashank Sharma, Partha S. Banerjee, et al. Nuclear Electricity – Renewability, Losses and Recycling // Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials. – 2020. – Vol. 1. – P. 575-585. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11234-2>.
14. Michael I. Ojovan, William E. Lee, Stepan N. Kalmykov. Power Utilisation of Nuclear Energy // An Introduction to Nuclear Waste Immobilisation. – 2019. – P. 57-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102702-8.00006-6>.
15. Aidan Rigby, Ben Lindley, Jonathan Cullen. An exergy-based assessment of the efficiency of nuclear fuel cycles // Energy. – 2023. – Vol. 264. – P. 126160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126160>.

### Г.З. Зайнелова, Г.Е. Садыканова, А.А. Куспанова

С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан

#### Бақылау-өлшеу аспаптары цехының жұмысшыларындағы психофизиологиялық көрсеткіштердің күйі

**Аңдатпа.** Ғылыми мақалада бақылау-өлшеу аспаптарын жөндеу цехы жұмысшыларының жасына, еңбек өтіліне және осы цехтағы құрал-жабдықтарды жөндеу кезінде уран өндірісімен жанама байланыста болған тұлғалардың психофизиологиялық жағдайына өндірістік факторлардың әсері толық сипатталған. Алынған нәтижелер психоэмоционалды шиеленістің басым мәні бар әртүрлі жастағы жұмысшылар топтарында өндірістік орта факторларының әсерінен қорғаныш және бейімделу механизмдерінің қалыптасу ерекшеліктерін көрсетті.

КЖК жұмысшыларының ақыл-ой қабілеттілігінің көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері жасына қарай жұмыс қарқындылығы мен жылдамдығының төмендегенін көрсетті, жұмыс дәлдігі жасына қарай артады, егде жастағы топтарда зейіннің шоғырлануы едәуір жоғарылайды, жұмыс өнімділігі және визуалды ақпаратты өңдеу көлемі мен жылдамдығы, орындалатын жұмыстың тиімділігі де төмендейді.

Сауалнама жүргізілген жұмысшылар топтарындағы реактивті мазасыздықтың нәтижелерін талдау орташа және төмен реактивті мазасыздық деңгейлерінің аздап ерекшеленетінін көрсетті. Жеке мазасыздану тұрғысынан мазасыздықтың орташа мәндері ең жоғары, ал ең аз мөлшері – төмен жеке алаңдаушылыққа тән болды.

Адамның психофизиологиялық қасиеттерін зерттеу тұрақсыздығы жоғары адамдарды анықтауға және оларды өндірістік циклден шығаруға мүмкіндік берді. Кәсіби іріктеу кезінде психофизиологиялық тестілеуді енгізу жұмыс орнындағы шектік жағдайлардың қаупін төмендетті.

**Түйін сөздер:** бақылау-өлшеу аспаптарын жөндеу цехы жұмысшылары, ақыл-ой жұмыс қабілеттілігі, азаның бейімделуі, зейін көлемі, жеке мазасыздық, реактивті мазасыздық.



**G.Z. Zainelova, G.E. Sadykanova, A.A. Kuspanova**

*Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

### **The state of psychophysiological indicators of the workers of the instrumentation workshop**

**Abstract.** The scientific article describes the influence of production factors on the psychophysiological status of the workers of the instrumentation workshop, depending on the age, length of service, and in persons who have indirect contact with uranium production during the repair of equipment in this workshop. The results obtained showed the features of the formation of protective and adaptive mechanisms from the action of factors of the production environment in groups of workers of different ages with the dominant value of psycho-emotional tension.

The results of the study of mental performance indicators in instrumentation workers showed a slight decrease in the intensity and speed of work with age, the accuracy of work increases with age, the concentration of attention in older age groups increases significantly, the working capacity and productivity of work slightly decrease, the volume and speed of processing visual information also decreases. the efficiency of the work performed.

An analysis of the results of reactive anxiety in the groups of surveyed workers showed that the levels of moderate and low reactive anxiety differ slightly. In terms of personal anxiety, moderate values of personal anxiety are most pronounced, and the smallest number is low personal anxiety.

The study of the psycho-physiological indicators of the workers of the workshop of control and measuring instruments made it possible to identify persons with high instability and exclude them from the production cycle. The inclusion of psychophysiological testing during professional selection reduced the risk of borderline conditions in the workplace.

**Keywords:** mental performance, adaptation of the organism, amount of attention, personal anxiety, reactive anxiety.

### **References**

1. Dakiyeva K.ZH., Sadykanova G.E., QuҚұмарбекұлы S., Kalelova G.ZH. Analiz vliyaniya toksicheskikh himicheskikh veshchestv na fiziologicheskie pokazateli eksperimental'nyh zhivotnyh, Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya [Analysis of the influence of toxic chemicals on the physiological parameters of experimental animals, Vestnik KazNU. Ecological series], 70(1), 82-91 (2022). DOI: <https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v70.i1.08>. [in Russian].
2. Dakiyeva Dakieva K.Z., Sadykanova G.E., Tsyganov A.P., Chursin A.S. Sharipkhanova A.S., Egorina A.V. Environmental and Industrial Impact on the Biological Systems of Living Organism, Chiang Mai University Journal of Natural Science, 22(1), 1-18 (2023). DOI: <https://doi.org/10.12982/NLSC.2023.015>.
3. Saikat Mitra, Arka Jyoti Chakraborty, et al. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity, Journal of King Saud University – Science, 34, 101865 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101865>.
4. Kabdykadyrov A.A., Zubova O.A., Mukanova G.A., Dauletbaeva M.M., Voronova N.V. Ocenka dinamiki kachestva atmosfernogo vozduha g. Ust'-Kamenogorsk, Gidrometeorologiya i ekologiya [Assessment of the dynamics of atmospheric air quality in Ust-Kamenogorsk, Hydrometeorology and Ecology], 2, 33-39 (2021). [in Russian].
5. Tishchenko A.P., Semenova N.M. K voprosu ob osnovnyh ekologicheskikh problemah goroda Ust'-Kamenogorska (Respublika Kazahstan). Materialy VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Tomsk [On the issue of the main environmental problems of in the city of Ust-Kamenogorsk (Republic of Kazakhstan). Materials of the VIII All-Russian scientific-practical conference with international participation, Tomsk], 78-82 (2019). [in Russian].
6. Ibrayeva L.K., Uzbekov V.A., Sembayev ZH.H., Rusyaev M.V., Dikhanova Z.A. Gigienicheskaya ocenka zagryazneniya atmosfernogo vozduha goroda Ust'-Kamenogorsk, Medicina truda i promyshlennaya ekologiya [Hygienic assessment of atmospheric air pollution in the city of Ust-Kamenogorsk, Occupational Health and Industrial Ecology], 6, 13-16 (2011). [in Russian].
7. Proizvodstvo urana [Uranium production]. [Electronic resource] – Available at: <http://www.ulba.kz/ru/production1.htm> (Accessed: 17.11.2022). [in Russian].

8. Dewar D. Uranium Mining: Environmental and Human Health Effects, Nuclear Non-Proliferation in International Law, 4, 229-235 (2019). DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-6265-267-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-6265-267-5_11).
9. Petrakis D., Vassilopoulou L., Docea A.O., Gofitã E., Vucinic S., Rakitskii V.N., Tsatsakis A.M. An overview update in chemical, biological and nuclear weapons and their effects in human health, Health care of the Russian Federation, Russian journal, 61(2), 103-112 (2016). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2017-61-2-103-112>.
10. Pererabotka trudnovskryvaemyh uranosoderzhashchih materialov [Processing of hard-to-open uranium-containing materials]. [Electronic resource] – Available at: [http://www.ulba.kz/ru/production1\\_04.htm](http://www.ulba.kz/ru/production1_04.htm) (Accessed: 17.11.2022). [in Russian]
11. Ernst W.G. Overview of naturally occurring Earth materials and human health concerns, Journal of Asian Earth Sciences, 59, 108-126 (2012). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.05.030>.
12. Mukhachev A.P., Yelatontsev D.O., Kharitonova O.A. Physical and chemical foundations of the technology for obtaining uranium oxides, Problems of Atomic Science and Technology, 2(138), 62-67 (2022). DOI: <https://doi.org/10.46813/2022-138-062>.
13. Manojit Ghosh, Shashank Sharma, Partha S. Banerjee, et al. Nuclear Electricity – Renewability, Losses and Recycling, Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials, 1, 575-585 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11234-2>.
14. Michael I. Ojovan, William E. Lee, Stepan N. Kalmykov. Power Utilisation of Nuclear Energy // An Introduction to Nuclear Waste Immobilisation, 57-70 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102702-8.00006-6>.
15. Aidan Rigby, Ben Lindley, Jonathan Cullen. An exergy-based assessment of the efficiency of nuclear fuel cycles, Energy, 264, 126160 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126160>.

#### Сведения об авторах:

*Зайнелова Г.З.* – доктор медицинских наук, профессор, Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

*Садыканова Г.Е.* – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор кафедры биологии, Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

*Куспанова А.А.* – магистрант, Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

*Zainelova G.Z.* – Doctor of Medical Sciences, Professor, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

*Sadykanova G.E.* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

*Kuspanova A.A.* – master student, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

F.G. Sagymbek<sup>1\*</sup>, A.D. Serikbaeva<sup>2</sup>, T.B. Abdigaliyeva<sup>1</sup>,  
R. Yelnazarkyzy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan

\*Corresponding author: sagymbek.fatima@gmail.com

---

## Probiotics and their application in aquaculture for improving the growth and immunity of fish

---

**Abstract.** To increase the digestibility and digestibility of feed, stimulate the growth and development of animals, and increase nonspecific immunity, enzyme, probiotic, prebiotic and combined enzyme-probiotic preparations, as well as complex probiotic preparations enriched with phytocomponents are used.

Probiotics for artificially grown fish are beneficial bacteria and live microbiological additives that are traditionally added to agricultural aquaculture systems to maintain health, productivity and growth. Therefore, a promising direction in aquaculture is the use of feed with probiotic cultures. The use of probiotics is associated with solving various health problems, in particular, with increasing the efficiency of digestion and stimulating growth and development. Probiotics, having a positive effect on the host's body, contribute to the restoration of digestion, biological status, and immune response and increase the effectiveness of vaccination. The use of probiotics significantly reduces the cost of treating diseases in animals, increases productivity and improves product quality. In recent years, many studies have been conducted on the use of various probiotics in fishing. This review is aimed at generalizing the topic of the possible use of gram-positive bacteria as probiotics in a comprehensive study of the existing literature. With the expansion of ideas about the biological effectiveness of probiotics and the proof that the structural elements of cells and their metabolites are at least effective in some cases. As a result, various types of bacteria, including bacilli, lactic acid bacteria, and microbes, were used to improve the growth and immunity of various fish. However, this study conducted a review of the scientific literature showing that probiotics in aquaculture have a positive effect on the overall productivity of fish.

**Keywords:** probiotics, aquaculture, fish, bacterial strain, review, lactic acid bacteria, feed.

DOI: 10.32523/2616-7034-2023-144-3-16-25

---

### Introduction

Fishing is one of the main sources of food for humanity. Aquaculture has undergone significant changes in the last decades under the influence of scientific and technological advances. This sector is growing at an unprecedented rate and supplies more than half of the world's fish for human consumption [1].

Recently, the role of probiotics in fish farming is growing. This is primarily due to diseases, which represent a major challenge for fish farming and a huge problem for further growth and expansion. Probiotics for artificially farmed fish are beneficial bacteria that are traditionally added to aquaculture farming systems to support their health, productivity and growth [2]. The widespread use of antibiotics for the prevention and control of bacterial diseases in fish farms has led to problems such as drug resistance, accumulation of antibiotics

in tissue and immunosuppression. Thus, probiotics as a prophylactic agent are progressively used in aquaculture [3]. In this regard, currently, various probiotics are widely used as means of maintaining and restoring the normal physiological state of animals, and the interest of scientists and practitioners in the use of microorganisms in agricultural production is increasing significantly. [4].

It is crucial to raise fish using environmentally friendly feed and competitive in price and taste. Fish require natural living conditions more than any other agricultural animals because they are sensitive even to significant fluctuations in the parameters of the aquatic environment (availability of oxygen, pH, nutrient and microflora). Therefore, the biological role of nutrient-balanced diets is now being supplemented by the functional importance of friendly microflora, whose deficiency must be compensated artificially [5].

In recent years, scholars have conducted a series of studies on the use of probiotics in fish farming. Thus, it is important to analyze these papers to provide useful information on scientific progress. This review will thus focus on summarizing published articles until 2020 that report gram-positive microorganisms applied as probiotics and their effect on productive performance in different fish.

### **The role of probiotics in aquaculture**

Recently, more importance is given to industrial methods of fish breeding with the use of various types of feed. However, natural food contains a wider range of biologically active components that are regulators of many metabolic processes. Consequently, in addition to the balance of essential nutrients in the food for the rearing of physiologically full-fledged young fish, biologically active substances are important, which include feed probiotics [6].

The term “probiotics” is used to describe a broad class of microorganisms with antagonistic activity against pathogenic microflora. Probiotics are usually referred to as preparations based on live microbial cultures used for the correction of microbial cenosis during the treatment and prevention of a wide range of diseases associated with dysbiotic conditions [7]. Probiotics also help in the post-stress adaptation by increasing the resistance of the microorganism to pathogens; they improve the digestive system through the additional production of enzymes in the digestive tract. Also, probiotics reduce the accumulation of organic contaminants and effectively maintain water quality [8]. Modern probiotics can easily satisfy the desire for sustainable aquaculture as they can enhance two key factors: growth efficiency and disease resistance. Benefits of such supplements include improved feed value, enzymatic contribution to digestion, inhibition of pathogens, antimutagenic and anticarcinogenic activity, and enhanced immune response [9].

The efficiency of aquaculture is largely determined by the quality and quantity of used feed. Reducing feed costs is one of the main economic factors that increase the profitability of fish farming [10]. Probiotics that are added to the feed have a significant impact on feed consumption per unit of fish growth because they contribute to their fuller assimilation, neutralization of mycotoxins coming with feed, displace pathogenic microflora, strengthen the general resistance of the fish organism [4].

In previous studies, the beneficial effects of the use of probiotics in fish feed have been reported. According to published papers, the majority of commercial probiotics contain mostly *Lactobacillus* and *Bacillus* sp. [11,12].

### **General mechanism of probiotic action**

An effective probiotic for fish farming, able to populate the intestines, and has a dual beneficial effect. Probiotics realize their positive effect on the macroorganism through a whole arsenal of mechanisms, not all of which have yet been fully deciphered. Among the well-studied ones are antagonistic activity against pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms [13]. Secondly, probiotics have an adhesive activity to intestinal epithelial cells and can successfully compete with pathogenic and conditionally pathogenic microbes for adhesion sites on the intestinal wall and, as a consequence, for limiting nutrients, which eventually also leads to



inhibition of undesirable microflora growth [14]. The effects of probiotics on nutrient utilization, digestion and growth have been studied extensively [2].

### **The gram-positive microorganisms applied as probiotics affect the growth performance and immunity of fish.**

*Bacillus species.* The search for microorganisms that can be used as probiotics represents the basis for the development of probiotic preparations. The microbial organisms used as probiotics or tested as potential probiotics are given in Table 1. As a result of years of targeted screening, strains like *Bacillus subtilis* and *B. licheniformis*, *B. coagulans*, *B. firmicutes* (*Paenibacillus polymyxa*), *B. pumilus* have been selected for the development of corrective probiotics [12,15]. Some experimental strains of these bacteria can possess distinctly expressed antagonistic activity to a wide range of pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms [16]. Bacilli are saprophytes and are major participants in the decomposition of protein substrates. Owing to their high activity, they are often antagonistic to other microorganisms. One of the important advantages of these bacteria is their spore-forming ability, which allows them to remain viable under unfavourable environmental conditions (including the moisture-heat treatment of raw materials and feed in the process of pelleting and extrusion) [17]. Spore resistance can be explained by various factors, such as the presence of thick protein layers of spores, reduced permeability of the spore core, or reduced water content in the spore core (Mingmongkolchai and Panbangred 2018).

*Bacillus* spp. are well known for their ability to produce extracellular enzymes. When used in aquaculture feed, these enzymes can improve digestibility and reduce the feed conversion ratio. Ultimately, improving the feed conversion ratio in aquaculture feeds is economically beneficial because the feed can be a major cost to the producer and, also helps improve water quality by reducing waste [19]. Studies show that they secrete biologically active substances in the intestine and produce various digestive enzymes. As a result, digestion improves, feed assimilation increases, average daily weight gain increases, and the growth of fish are stimulated. For instance, *Bacillus* spp. isolated from the pond of common carp stimulated productive performance [20].

*Bacillus subtilis* bacteria, which are present and proliferate in the intestinal lumen, produce metabolites that inhibit the growth of pathogenic and opportunistic microflora, such as *staphylococci*, *protozoa*, *shigella*, *escherichia*, *pseudomonads*, *Candida* fungi and other organisms [21]. *Bacillus subtilis* bacteria are not capable of forming colonies in the intestines of fish - once the preparation is discontinued, they are gradually eliminated from the organism, but maintenance of their high concentration in the digestive tract increases the survival rate and productivity of fish [22].

Numerous publications have shown that probiotics with *Bacillus subtilis* improve growth and stimulate the immune system [12,15,23]. For instance, Opiyo et al. (2009) revealed that *B. subtilis* led to significantly higher protein at 5 g kg<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ).

In addition, it has been reported that *B. coagulans*, *B. licheniformis* and *B. firmicutes* (*Paenibacillus polymyxa*) ( $P < 0.05$ ) enhanced the resistance of fish fry against bacterial challenge [24].

*Lactic acid bacteria (LAB).* LAB in probiotic supplements normalize the intestinal microflora not only by suppressing pathogens, but also by increasing immunity; their activity products - immunoglobulins and lactoglobulins have antimicrobial, antiviral, and anticancer effects [25].

Lactobacilli produce large amounts of acetic, formic, lactic acids and hydrogen peroxide, which have high antiseptic, bactericidal and antioxidant properties (Teame et al. 2020). One mechanism for preventing colonization by pathogens in the intestine is competition for adhesion sites on the surface of the intestinal epithelium. Bacteria that grow slowly but attach to the intestinal wall can colonize the intestine, while non-adherent species are compensated by increasing their growth rate. Attachment provides the microorganism with resistance to the leaching of intestinal contents. It follows that if a probiotic strain can occupy adhesion sites on the intestinal wall, it takes root in the digestive tract, and vice versa [27].

The beneficial effects of Lactobacilli of normal gut microflora have led to their widespread



use in probiotics. The following *Lactobacillus* species are most commonly used as probiotics in aquaculture: *L. acidophilus* [28], *L. helveticus* [11], *L. rhamnosus* [29,30], *L. plantarum* [31 - 33], *L. delbrueckii subsp. Lactis* [34, 35], *L. delbrueckii subsp. Bulgaricus* [36].

Ahire et al. (2019) reported that *Lactobacillus helveticus* showed antimicrobial activity against fish *Aeromonas* spp. In addition, it increased antioxidant levels and enhanced the selective absorption of essential trace elements in goldfish [11].

Furthermore, Soltani et al. (2019) evaluated the effects of probiotic supplementation on immune and growth performance in fish. The authors demonstrated that supplementation with *Lactobacillus plantarum* 426951 could improve the growth and some immune status of Rainbow trout vaccinated against yersiniosis [33]. Similar results have been investigated in other studies [31,32].

*Enterococci faecium* are part of the normal microflora of the gastrointestinal tract of humans and many vertebrates and play a crucial role in providing mucosal colonization resistance. Wang et al. (2008) isolated an *E. faecium* ZJ4 from the intestinal tract of a healthy piglet and investigated its significant effect on the body weight of tilapias [37].

*Micrococcus*. *Micrococcus* is a genus of gram-positive bacteria. The role of *Micrococcus luteus* in human and animal disease is minimal, subsequently, it can be used as a probiotic. In a study with tilapia, *M. luteus* enhanced fish growth and health in vivo [38].

*Further perspectives*. Modern fish farming is based on intensive technologies, including closed water supply plants, which feature high planting density in limited areas, which greatly increases the risk of infection of fish with pathogens of dangerous infections. Feeding probiotic preparations are widely used in animal breeding practice, which allows for improving the existing systems of breeding and feeding of farm animals, and becomes an important component of the modern rational feeding of animals.

The review of available literature revealed the promising effects of probiotics on the growth performance of various fish. This helps to reduce feed costs and improve the economic efficiency of horseshoe fish farming. The analysis of potential probiotics has shown that their further study and implantation into aquaculture can contribute to the increase of fish yield. However, research on the potential effect of probiotics lacks in fish; therefore, it still needs further exploration in various fish species.

**Table 1**

**Different species of microorganisms and their beneficial effects on growth performance and immunity of fish**

№	Probiotic candidates Gram-Positive Bacteria	Aquatic species	Effects	References
1	<i>Lactobacillus helveticus</i>	<i>Carassius auratus</i>	antimicrobial activity, improved health, reduced mortalities	[11]
2	<i>Lactobacillus plantarum</i> 426951	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	improved growth performance and immune status	[33]
3	<i>Lactobacillus plantarum</i> CCFM639	<i>Tilapia</i>	Enhances growth performance, feed utilization, and antioxidant ability	[31]
4	<i>Lactobacillus plantarum</i> (PTCC no. 1058)	Siberian sturgeon <i>Acipenser baerii</i>	improve growth performance and feed utilization, immunological parameters	[32]

5	<i>Bacillus coagulans</i> (MTCC 9872)	<i>Cyprinus carpio</i> fry	improve growth, feed utilization, non-specific immune responses and disease resistance	[24]
	<i>Bacillus licheniformis</i> (MTCC 6824)			
	<i>Paenibacillus polymyxa</i> (MTCC 122)			
6	<i>Enterococcus faecium</i> ZJ4	Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i>	Improved growth performances and the immune responses	[37]
7	<b>Micrococcus luteus</b>	<b>Nile tilapia</b>	enhanced the fish growth and health	[38]
8	<i>Bacillus</i> sp.	<i>Cyprinus carpio</i>	increased the growth performances and digestive enzyme activities	[20]
9	<i>B. coagulans</i> B16	Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i>	enhance immune and health status, growth performance	[39]
10	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>O. niloticus</i>	significant improvement in growth parameters	[12]
11	<i>B. pumilus</i>	Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i>	enhanced growth	[40]
12	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> IMC 501	clownfish larvae	the higher body weight, earlier metamorphosis, and lower deformity incidence	[29]
13	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Improved growth performance and total heterotrophic microbial load	[41]
14	<i>Lactobacillus</i> spp.	<b>gilthead sea bream</b> <i>Sparus aurata</i> , L.	increase growth parameters and digestive enzyme activities	[42]
15	<i>B. subtilis</i>	<b>Nile tilapia</b> ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	<b>Improved growth, survival and body composition</b>	[23]
16	<i>L. rhamnosus</i>	red sea bream	improvements in growth performance, feed utilization, immune response and oxidative status	[30]
17	<i>L. lactis</i> ssp. <i>lactic</i> ST G45	Siberian sturgeon ( <i>Acipenser baerii</i> )	promote growth performance and boost some immune response	[43]

18	Lactobacillus plantarum	olive flounder <i>Paralichthys olivaceus</i>	enhanced the growth, blood biochemical constituents, and nonspecific immunity	[44]
	Lactobacillus brevis			
	Lactobacillus acidophilus			
	Bacillus subtilis			
19	<i>Lactobacillus delbruekii</i> subsp. <i>Bulgaricus</i>	<b>rainbow trout</b> <i>Oncorhynchus mykiss</i>	growth performance by improving digestive enzyme activity, gut microflora and growth gene expression	[36]
	<i>L. acidophilus</i>			
20	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<b>Snakehead</b> ( <i>Channa striata</i> )	Improved growth and the expression of immune regulatory genes	[28]
21	<i>L. lactis</i>	<b>Rohu</b> <i>L. rohita</i>	Better growth, protein efficiency ratio, nutrient retention and digestibility	[45]
	<i>B. subtilis</i>			
22	<i>L. lactis</i> L19	<b>snakehead fish</b> ( <i>Channa argus</i> )	promoted growth performance, humoral immunity, regulated immune-related genes expression and disease resistance	[34]
	<i>E. faecalis</i> W24			
23	<i>Bacillus subtilis</i>	<b>starry flounder,</b> <i>Platichthys stellatus</i>	growth performance, non-specific immune responses and disease resistance	[15]
	<i>Bacillus licheniformis</i>			
24	<i>Lc. lactis</i> WFLU12	<b>olive flounder,</b> <i>Paralichthys olivaceus</i>		[35]

## Conclusion

Antimicrobial activities of probiotic applications reduce the mortality rate by improving their health by supporting the immune responses and oxidative status of fish. However, it increases the growth of fish by improving the feed conversion ratio. In conclusion, it is thought that probiotics and their derivatives in aquaculture can be used reliably instead of antibiotics in healthy fish rearing and organic fishers, and this situation can be supported by future studies.

## References

1. Longo S.B., Clark B., York R., Jorgenson A.K. Aquaculture and the displacement of fisheries captures. Conservation Biology – 2019. – Vol. 33 (4). – P. 832-841. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.13295>.
2. Ringo E., Van Doan H., Lee S.H., Soltani M., Hoseinifar S.H., Harikrishnan R., et al. Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. Journal of Applied Microbiology. – 2020. – Vol. 129(1). – P. 116-136. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.14628>.
3. Ang C.Y., Sano M., Dan S., Leelakriangsak M., Lal T.M. Postbiotics Applications as Infectious Disease Control Agent in Aquaculture. – 2020. – Vol. 25(1). – P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.4265/BIO.25.1>.

4. Wanka K.M., Damerou T., Costas B., Krueger A., Schulz C., Wuertz S. Isolation and characterization of native probiotics for fish farming // *BMC Microbiology*. – 2018. – Vol. 18(1). – P. 19. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-018-1260-2>.
5. López Nadal A., Ikeda-Ohtsubo W., Sipkema D., Peggs D., McGurk C., Forlenza M., et al. Feed, Microbiota, and Gut Immunity: Using the Zebrafish Model to Understand Fish Health. *Frontiers in Immunology*. – 2020. – Vol. 11. – P. 114. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00114>.
6. Chuphal N., Singha K.P., Sardar P., Sahu N.P., Shamna N., Kumar V. Scope of Archaea in Fish Feed: a New Chapter in Aquafeed Probiotics? *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. – 2021. – Vol. 13. – P. 1668-1695. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09778-4>.
7. Hai N.V. The use of probiotics in aquaculture // *Journal of Applied Microbiology*. – 2015. – Vol. 119(4). – P. 917-935. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.12886>.
8. Banerjee G., Ray A.K. The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries // *Research in Veterinary Science*. – 2017. – Vol. 115. – P. 66-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.01.016>.
9. Oliva-Teles A. Nutrition and health of aquaculture fish // *Journal of Fish Diseases*. – 2012. – Vol. 35(2). – P. 83-108. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01333.x>.
10. Shokryazdan P., Faseleh Jahromi M., Liang J.B., Ho Y.W. Probiotics: From Isolation to Application // *Journal of the American College of Nutrition*. – 2017. – Vol. 36(8). – P. 666-676. DOI: <https://doi.org/10.1080/07315724.2017.1337529>.
11. Ahire J.J., Mokashe N.U., Chaudhari B.L. Effect of Dietary Probiotic *Lactobacillus helveticus* on Growth Performance, Antioxidant Levels, and Absorption of Essential Trace Elements in Goldfish (*Carassius auratus*). *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. – 2019. – Vol. 11(2). – P. 559-568. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12602-018-9428-5>.
12. Moustafa M.M., Mohamed M. The influence of some probiotics on the growth performance and intestinal microbial flora of *O. niloticus*. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. – 2008.
13. Williams N.T. Probiotics // *American Journal of Health-System Pharmacy*. – 2010. – Vol. 67(6). – P. 449-458. DOI: <https://doi.org/10.2146/ajhp090168>.
14. Sarao L.K., Arora M. Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2017. – Vol. 57(2). – P. 44-371. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.887055>.
15. Park Y., Moniruzzaman M., Lee S., Hong J., Won S., Lee J.M., et al. Comparison of the effects of dietary single and multi-probiotics on growth, non-specific immune responses and disease resistance in starry flounder, *Platichthys stellatus*. *Fish and Shellfish Immunology*. – 2016. – Vol. 59. – P. 351-357. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.11.006>.
16. Elshaghabee F.M., Rokana N., Gulhane R.D., Sharma C., Panwar H. *Bacillus* as potential probiotics: Status, concerns, and future perspectives // *Frontiers in Microbiology*. – 2017. – Vol. 10. – P. 1490. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01490>.
17. Elisashvili V., Kachlishvili E., Chikindas M.L. Recent Advances in the Physiology of Spore Formation for *Bacillus* Probiotic Production // *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. – 2019. – Vol. 11(3). – P. 731-747. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12602-018-9492-x>.
18. Mingmongkolchai S., Panbangred W. *Bacillus* probiotics: an alternative to antibiotics for livestock production // *Journal of Applied Microbiology*. – 2018. – Vol. 124(6). – P. 1334-1346. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.13690>.
19. Kuebutornye F.A., Abarike E.D., Lu Y., Hlordzi V., Sakyi M.E., Afriyie G., et al. Mechanisms and the role of probiotic *Bacillus* in mitigating fish pathogens in aquaculture // *Fish Physiology and Biochemistry*. – 2020. – Vol. 46(3). – P. 819-841. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10695-019-00754-y>.
20. Yanbo W., Zirong X. Effect of probiotics for common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities // *Animal Feed Science and Technology*. – 2006. – Vol. 127(3-4). – P. 283-292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.09.003>.
21. Liu C.H., Chiu C.H., Wang S.W., Cheng W. Dietary administration of the probiotic, *Bacillus subtilis* E20, enhances the growth, innate immune responses, and disease resistance of the grouper, *Epinephelus coioides* // *Fish and Shellfish Immunology*. – 2012. – Vol. 33(4). – P. 699-706. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.06.012>.
22. Zhou C., Wang H., Li X., Luo Y., Xie M., Wu Z., et al. Regulatory effect of *Bacillus subtilis* on cytokines of dendritic cells in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – Vol. 20(2). – P. 389. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20020389>.
23. Opiyo M.A., Jumbe J., Ngugi C.C., Charo-Karisa H. Different levels of probiotics affect growth, survival and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in low input ponds // *Scientific African*. – 2019. – Vol. 4. – P. e00103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00103>.

24. Gupta A., Gupta P., Dhawan A. Dietary supplementation of probiotics affects growth, immune response and disease resistance of *Cyprinus carpio* fry // *Fish and Shellfish Immunology*. – 2014. – Vol. 41(2). – P. 13-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.08.023>.
25. Hatti-Kaul R., Chen L., Dishisha T., Enshasy H.I. Lactic acid bacteria: From starter cultures to producers of chemicals // *FEMS Microbiology Letters*. – 2018. – Vol. 365(20). – P. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsle/fny213>.
26. Teame T., Wang A., Xie M., Zhang Z., Yang Y., Ding Q. et al. Paraprobiotics and Postbiotics of Probiotic Lactobacilli, Their Positive Effects on the Host and Action Mechanisms // A Review. *Frontiers in Nutrition*. – 2020. – Vol. 7. – P. 570344. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.570344>.
27. Giraffa G., Chanishvili N., Widyastuti Y. Importance of lactobacilli in food and feed biotechnology // *Research in Microbiology*. – 2010. – Vol. 161(6). – P. 480. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2010.03.001>.
28. Munir M.B., Hashim R., Chai Y.H., Marsh T.L., Nor S.M. Dietary prebiotics and probiotics influence growth performance, nutrient digestibility and the expression of immune regulatory genes in snakehead (*Channa striata*) fingerlings // *Aquaculture*. – 2016. – Vol. 460. – P. 59-68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.041>.
29. Avella M.A., Olivotto I., Silvi S., Place A.R., Carnevali O. Effect of dietary probiotics on clownfish: A molecular approach to define how lactic acid bacteria modulate development in a marine fish // *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. – 2010. – Vol. 298(2). – P. 359-371. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00300.2009>.
30. Dawood M.O., Koshio S., Ishikawa M., El-Sabagh M., Esteban M.A., Zaineldin A.I. Probiotics as an environment-friendly approach to enhance red sea bream, *Pagrus major* growth, immune response and oxidative status // *Fish and Shellfish Immunology*. – 2016. – Vol. 57. – P. 170-178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.08.038>.
31. Yu L., Zhai Q., Zhu J., Zhang C., Li T., Liu X. et al. Dietary *Lactobacillus plantarum* supplementation enhances growth performance and alleviates aluminum toxicity in tilapia // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2017. – Vol. 143. – P. 307-314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.05.023>.
32. Pourgholam M.A., Khara H., Safari R., Sadati M.Y., Aramli M.S. Dietary Administration of *Lactobacillus plantarum* Enhanced Growth Performance and Innate Immune Response of Siberian Sturgeon, *Acipenser baerii* // *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. – 2016. – Vol. 8(1). – P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12602-015-9205-7>.
33. Soltani M., Pakzad K., Taheri-Mirghaed A., Mirzargar S., Shekarabi P.H., Yosefi P., et al. Dietary Application of the Probiotic *Lactobacillus plantarum* 426951 Enhances Immune Status and Growth of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Vaccinated Against *Yersinia ruckeri* // *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. – 2019. – Vol. 11(1). – P. 207-219. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12602-017-9376-5>.
34. Kong Y., Gao C., Du X., Zhao J., Li M., Shan X., et al. Effects of single or conjoint administration of lactic acid bacteria as potential probiotics on growth, immune response and disease resistance of snakehead fish (*Channa argus*) // *Fish and Shellfish Immunology*. – 2020. – Vol. 102. – P. 412-421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.05.003>.
35. Nguyen T.L., Park C.I., Kim D.H. Improved growth rate and disease resistance in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, by probiotic *Lactococcus lactis* WFLU12 isolated from wild marine fish // *Aquaculture*. – 2017. – Vol. 471. – P. 113-120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.008>.
36. Mohammadian T., Nasirpour M., Tabandeh M.R., Heidary A.A., Ghanei-Motlagh R., Hosseini S.S. Administrations of autochthonous probiotics altered juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* health status, growth performance and resistance to *Lactococcus garvieae*, an experimental infection // *Fish and Shellfish Immunology*. – 2019. – Vol. 86. – P. 269-279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.11.052>.
37. Wang Y.B., Tian Z.Q., Yao J.T., Li W. Effect of probiotics, *Enterococcus faecium*, on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response // *Aquaculture*. – 2008. – Vol. 277(3-4). – P. 203-207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.007>.
38. Abd El-Rhman A.M., Khattab Y.E., Shalaby A.E. *Micrococcus luteus* and *Pseudomonas* species as probiotics for promoting the growth performance and health of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* // *Fish and Shellfish Immunology*. – 2009. – Vol. 27. – P. 175-180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2009.03.020>.
39. Zhou X., Tian Z., Wang Y., Li W. Effect of treatment with probiotics as water additives on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response // *Fish Physiology and Biochemistry*. – 2010. – Vol. 36(3). – P. 501-509. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10695-009-9320-z>.
40. Aly S.M., Mohamed M.F., John G. Effect of probiotics on the survival, growth and challenge infection in *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) // *Aquaculture Research*. – 2008. – Vol. 9(6). – P. 647-656. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01932.x>.



41. Ramakrishnan C.M., Haniffa M.A., Manohar M., Dhanaraj M., Arockiaraj A.J., Seetharaman S. et al. Effects of probiotics and spirulina on survival and growth of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) // *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgheh*. – 2008. – Vol. 60(2). – P. 128-133.

42. Suzer C., Çoban D., Kamaci H.O., Saka Ş., Firat K., Otgucuoğlu Ö., et al. Lactobacillus spp. bacteria as probiotics in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) larvae: Effects on growth performance and digestive enzyme activities // *Aquaculture*. – 2008. – Vol. 280(1-4). – P. 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.04.020>.

43. Geraylou Z., Souffreau C., Rurangwa E., De Meester L., Courtin C.M., Delcour J.A., et al. Effects of dietary arabinoxylan-oligosaccharides (AXOS) and endogenous probiotics on the growth performance, non-specific immunity and gut microbiota of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) // *Fish and Shellfish Immunology*. – 2013. – Vol. 35(3). – P. 766-775. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.06.014>.

44. Harikrishnan R., Kim M.C., Kim J.S., Balasundaram C., Heo M.S. Probiotics and herbal mixtures enhance the growth, blood constituents, and nonspecific immune response in *Paralichthys olivaceus* against *Streptococcus parauberis* // *Fish and Shellfish Immunology*. – 2011. – Vol. 31(2). – P. 310. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.05.020>.

45. Mohapatra S., Chakraborty T., Prusty A.K., Das P., Paniprasad K., Mohanta K.N. Use of different microbial probiotics in the diet of rohu, *Labeo rohita* fingerlings: Effects on growth, nutrient digestibility and retention, digestive enzyme activities and intestinal microflora // *Aquaculture Nutrition*. – 2012. – Vol. 18(1). – P. 1-11. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00866.x>.

**Ф.Ф. Сағымбек<sup>1</sup>, А.Д. Серикбаева<sup>2</sup>, Т.Б. Абдигалиева<sup>1</sup>, Р. Елназарқызы<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан

### **Пробиотиктер және оларды балықтардың өсуі мен иммунитетін жақсарту үшін аквакультурада қолдану**

**Аңдатпа.** Азықтың қорытылуы мен сіңімділігін арттыру, жануарлардың өсуі мен дамуын ынталандыру, спецификалық емес иммунитетті арттыру үшін ферменттік, пробиотикалық, пребиотикалық және аралас ферменттік-пробиотикалық препараттар, сондай-ақ фитокомпоненттермен байытылған кешенді пробиотикалық препараттар қолданылады.

Жасанды өсірілген балыққа арналған пробиотиктер-бұл денсаулықты, өнімділікті және өсуді сақтау үшін дәстүрлі түрде аквакультура ауылшаруашылық жүйелеріне қосылатын пайдалы бактериялар және тірі микробиалды қоспалар. Сондықтан аквакультурадағы перспективалы бағыт пробиотикалық дақылдармен жемді пайдалану болып табылады. Пробиотиктерді қолдану денсаулықтың әртүрлі мәселелерін шешумен, нақтырақ айтатын болсақ ас қорыту тиімділігін арттырумен, өсу мен дамуды ынталандырумен байланысты. Пробиотиктер иесінің ағзасына оң әсер ете отырып, ас қорытуды, биологиялық мәртебені, иммундық реакцияны қалпына келтіруге ықпал етеді және вакцинацияның тиімділігін арттырады. Пробиотиктерді қолдану жануарлардағы ауруларды емдеуге кететін шығындарды едәуір азайтады, өнімділікті арттырады және өнім сапасын жақсартады. Соңғы жылдары балық шаруашылығында әртүрлі пробиотиктерді қолдану бойынша бірқатар зерттеулер жүргізілді. Бұл шолу қолданыстағы әдебиеттерді жан-жақты зерттей отырып, пробиотиктер ретінде грам-позитивті бактерияларды ықтимал қолдану тақырыбын жалпылауға бағытталған. Пробиотиктердің биологиялық тиімділігі туралы түсініктердің кеңеюімен және жасушалардың құрылымдық элементтері мен олардың метаболиттері кейбір жағдайларда кем дегенде тиімді екенін дәлелдеу болып табылады. Нәтижесінде әр түрлі балықтардың өсуі мен иммунитетін жақсарту үшін бактериялардың әртүрлі түрлері, соның ішінде бациллалар, сүт қышқылы бактериялары, микрококстар қолданылды. Алайда, бұл зерттеу аквакультурадағы пробиотиктердің жалпы балық өнімділігіне оң әсер ететінін көрсететін ғылыми әдебиеттерге шолу жасалды.

**Түйін сөздер:** пробиотиктер, аквакультура, балық, бактериялардың штамы, шолу, сүт қышқылды бактериялар, азық.

**Ф.Ф. Сағымбек<sup>1</sup>, А.Д. Серикбаева<sup>2</sup>, Т.Б. Абдигалиева<sup>1</sup>, Р. Елназарқызы<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Алматынський технологический университет, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Қазақський національний аграрний дослідницький университет, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>Қазақський агротехнічний университет і.м. С. Сейфулліна, Астана, Қазақстан

## **Пробиотики и их применение в аквакультуре для улучшения роста и иммунитета рыб**

**Аннотация.** Для повышения усвояемости кормов, стимулирования роста и развития животных, повышения неспецифического иммунитета используются ферментные, пробиотические, пребиотические и комбинированные ферментно-пробиотические препараты, а также комплексные пробиотические препараты, обогащенные фитоконпонентами.

Пробиотики для искусственно выращенной рыбы - это полезные бактерии и живые микробиологические добавки, которые традиционно добавляются в сельскохозяйственные системы аквакультуры для поддержания здоровья, продуктивности и роста. Поэтому перспективным направлением в аквакультуре является использование кормов с пробиотическими культурами. Использование пробиотиков связано с решением различных проблем со здоровьем, в частности, с повышением эффективности пищеварения, стимуляцией роста и развития. Пробиотики, положительно воздействуя на организм хозяина, способствуют восстановлению пищеварения, биологического статуса, иммунного ответа и повышают эффективность вакцинации. Использование пробиотиков значительно снижает затраты на лечение заболеваний у животных, повышает продуктивность и улучшает качество продукции. В последние годы был проведен ряд исследований по использованию различных пробиотиков в рыболовстве. Этот обзор направлен на обобщение темы возможного использования грамположительных бактерий в качестве пробиотиков при всестороннем изучении существующей литературы. С расширением представлений о биологической эффективности пробиотиков и доказательством того, что структурные элементы клеток и их метаболиты в некоторых случаях по крайней мере эффективны. В результате различные виды бактерий, в том числе бациллы, молочнокислые бактерии, микрочки, использовались для улучшения роста и иммунитета различных рыб. Однако в этом исследовании был проведен обзор научной литературы, показывающий, что пробиотики в аквакультуре положительно влияют на общую продуктивность рыб.

**Ключевые слова:** пробиотики, аквакультура, рыба, штамм бактерий, обзор, молочнокислые бактерии, корм.

### **Information about authors:**

**Sagymbek F.G.** – Master of Engineering and Technology, Almaty Technological University, doctoral student of Department of Food Biotechnology, 100 Tole bi street, Almaty, Kazakhstan.

**Serikbayeva A.D.** – Doctor of Biological Sciences, Kazakh National Agrarian Research University, Professor of the Department of Food Technologies and Safety, 28 Abay avenue, Almaty, Kazakhstan.

**Abdigaliyeva T.B.** – PhD, Acc. Professor, Almaty Technological University, 100 Tole bi street, Almaty, Kazakhstan.

**Yelnazarkyzy R.** – PhD, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan.

**Сағымбек Ф.Ф.** – техника және технология магистрі, «Тағам биотехнологиясы» кафедрасының докторанты, Алматы Технологиялық Университеті, Төле би көшесі 100, Алматы, Қазақстан.

**Серикбаева А.Д.** – биология ғылымдарының докторы, тамақ технологиялары және қауіпсіздік кафедрасының профессоры, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Абай даңғылы 28, Алматы, Қазақстан.

**Абдигалиева Т.Б.** – PhD, қаум. профессор, Алматы технологиялық университеті, Төле би көшесі 100, Алматы, Қазақстан.

**Елназарқызы Р.** – PhD, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан.

Ye.A. Simanchuk<sup>1\*</sup>, G.J. Sultangazina<sup>1</sup>, A.N. Kuprijanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kuzbass Botanical Garden, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, SB RAS, Kemerovo, Russia

\*Corresponding author: simyeandr.ksu@mail.ru

---

## Analysis of Group-Thicket Communities on Iron Ore Industry Dumps in Kostanay Region

---

**Abstract.** *Environmental anthropogenic transformation leads to technogenic landscapes emergence, characterized by complete or partial destruction of ecosystem components. Partial restoration of biodiversity is possible through reclamation and self-overgrowing. Formation of vegetation cover on technogenic landscapes – a process that takes place in three syngeneses stages. This article presents the results of studying the degree of self-overgrowing on iron ore industry dumps in the Kostanay region (SSGPO JSC and Kachary Ruda JSC) at the stage of a group-thicket community – the second stage of syngeneses. Sixty-three geobotanical descriptions were compiled, and group-thicket communities were found in twenty-six.*

*A group-thicket community is usually formed by patients; certain relationships and mutual influence appear between plants, but they remain fragmentary, individuals are slightly interconnected trophically. The predominance of species with a wide ecological amplitude characterizes this stage.*

*It was found that the rate and patterns of vegetation cover formation at the second stage of syngeneses differ on saline and non-saline soils: the former are dominated by halophytes and long-rhizomatous plants, the latter are characterized by long-rhizomatous plants; moreover, the activity of species on the first soils is much higher than on the second ones, the number of species is approximately the same on both soil types.*

**Keywords:** *group-thicket community, iron ore industry dumps, biodiversity, technogenic landscape, succession, syngeneses, dump flora, dump overgrowth.*

**Abbreviations:** *CC – classes of constancy, CP – cenopopulation, GTC – a group-thicket community, LF – life form, PP – projective cover, TPC – total projective cover.*

DOI: 10.32523/2616-7034-2023-144-3-26-39

---

### Introduction

Active development of human society is accompanied by the transformation of the natural environment. For the sake of own comfort, mankind extracts and processes colossal volumes of natural resources. And, naturally, in the course of these processes, partial or, more often, complete destruction of ecosystems occurs with the formation of technogenic landscapes. Complete restoration of disturbed soil and vegetation cover; lithological basis, hydrological regime to the original natural state is impossible [1-4].

Industrialization on a global scale has led to the replacement of some key landscape types by others: forests have been replaced by forest field and forest meadows; steppe and forest-steppe landscapes were replaced by field and agricultural landscapes [1, 2].

For (partial) restoration of the biodiversity of technogenic landscapes, reclamation is used, but when this is impossible for economic or other reasons, a wait-and-see policy is used, that is, conditions are created for self-restoration of vegetation and soil cover [4-7].

This article is a continuation of the description of the results of the study of the degree of natural overgrowing of dumps of the iron ore industry in the Kostanay region, the pioneer stage was previously described, in which the difference in the speed of syngensis processes on saline and non-saline soils was noted.

The process of self-overgrowing of technogenic landscapes, which undoubtedly include dumps, takes place in three stages: pioneer grouping (low projective cover (PP) 10–15%, 13–25 species), group-thicket community (PP – more than 15%, 20-50 species) and complex phytocenosis (PP more than 30%, 20-50 species) [8].

The rate of syngensis stages change depends on various factors. The ecological conditions of the dumps and the biological characteristics of the species determine the selectivity, which directly depends on the probability of introducing ovules from neighboring phytocenoses [9-11].

In this article, we analyze the GTC as a stage of syngensis on the dumps of iron ore enterprises in the Kostanay region.

### **Materials and Methods**

There are two large enterprises engaged in the extraction and processing of iron ore in the Kostanay region: SSGPO JSC (Sokolovsky, Sarbaisky deposits) and Kachary Ruda JSC (Kacharsky deposit). These deposits of magnetite ores are located in the northwestern part of Kazakhstan in the Turgai belt, which also extends into Russia. The Turgai deposits are associated with volcanic-sedimentary rocks of the Trans-Ural zone. These deposits, together with other satellite deposits and manifestations, form an extended magnetite-bearing belt extending in the NNE-SSW directions – the Turgai belt, which extends from the Sarbaisky deposit in the south to the Glubochensky deposit in the north [12, 13].

In the course of this study, the waste dumps of SSGPO JSC were studied: the South-East one of the Sokolovsky open pit, South-West - of the Sarbaisky and South-West - of the South-Sarbi area; as well as № 7 railway dump of Kachary Ruda JSC. These dumps are a place of accumulation of technogenic mineral formations, which are loose sandy-argillaceous overburden rocks of the platform cover; their initial raw materials are flasks, sands and clays [14-17].

The objects of study are located in the northwestern part of Kazakhstan – Kostanay region. Study period: spring-summer of 2022.

The territory of the facilities is under the influence of a sharply continental climate, which is characterized by a significant difference between day and night, as well as seasonal temperatures. The highest average temperature in the vicinity of the objects of study is +21°C in July, the lowest average annual temperature is -15.4°C in January [18].

The following types of soils are typical for the studied territories: ordinary and southern chernozems; dark and medium chestnut soils, complexes with solonetztes. According to the mechanical composition, these soils are classified as heavy loamy, clayey, or sandy loamy [18].

The route-expeditionary reconnaissance research method was used to study the flora of technogenic ecotopes. A total of 63 geobotanical descriptions were compiled. Floristic data were processed using the IBIS 7.2 program developed by A.A. Zverev [19]. Qualitative and quantitative accounting of plants was carried out in accordance with accepted methods: occurrence (%), total and partial projective cover (TPC, %) were noted [2, 11, 20].

Calculation of numerical data: herbage density (pcs/m<sup>2</sup>), number of species (pcs), occurrence (%), total and partial projective cover (%) – was carried out according to the previously indicated indicators. The occurrence rate made it possible to determine the classes of constancy (CC): a total of five CCs were determined, with a step of 20%: I – 20%; II – 40%; III – 60%; IV – 80%; V – 100% [11].

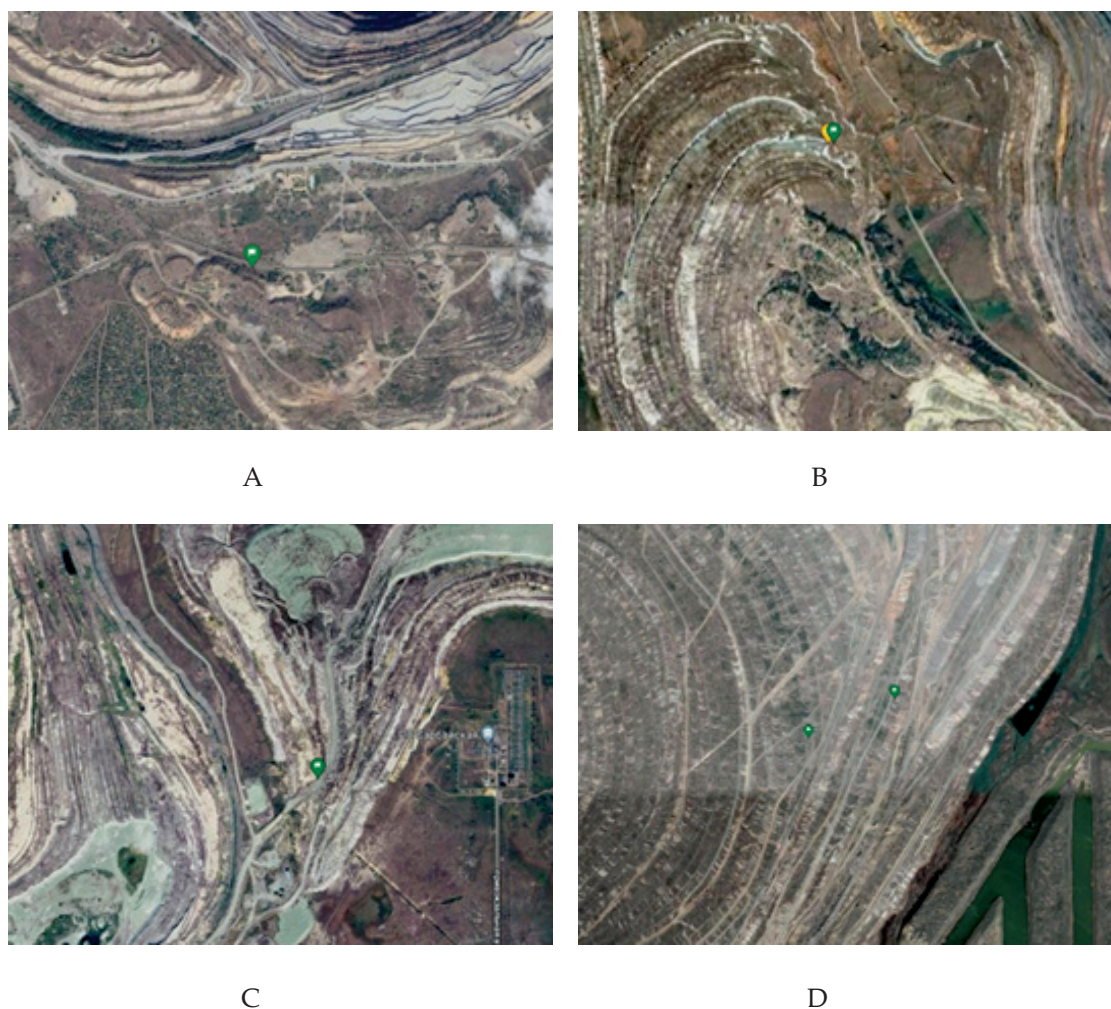


## Results

Settlement of species from the composition of higher vascular plants on the surface of dumps begins in the first year after backfilling. The drift of ovules to dumps occurs mainly by wind from the surrounding territories, a much smaller role in this process belongs to animals and humans.

The distribution of ovules on the surface of dumps occurs randomly, while the germination and development of plants in certain ecotopes is a natural process that depends solely on their ecological stability of the plants themselves. In the course of succession, the development of plant communities is additionally influenced by interspecific competition, the role of which increases as the evolving cenosis develops its internal phytocenotic environment.

In this work, we studied cenopopulations at the stage of a group-thicket community (GTC) on dumps aged from 6 to 10 years (See Figure 1.). 26 geobotanical descriptions were made: 16 on saline soils (CP-27-42) and 10 on non-saline soils (CP 6-15) (see Table 1).



**Figure 1. Location of the studied ecotopes of plants of the group-overgrown stage:**

*A - Soklovsky quarry; B, C – Sarbaisky quarry; D - Kacharsky quarry*

In total, 65 species of plants were identified on the waste dumps of SSGPO JSC and Kachary Ruda JSC at the GTC stage: 41 species settled on saline soils, and 43 species settled on non-saline soils (See Tables 2, 3). Table 1 lists the dominants for each cenopopulation, the total projective cover, and the number of species.



It is also worth noting that, on average, the activity of species and the class of constancy are higher on soils with a lower salt content ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ).

Table 1

## Characteristics of cenopopulations of the GTC, May 18-19, 2022

CP No.	Dominants	TPC %	Species quantity
CP-6	<i>Artemisia austriaca</i> , <i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Tanacetum vulgare</i>	20	21
CP-7	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Medicago sativa</i>	70	21
CP-8	<i>Artemisia austriaca</i> , <i>Medicago sativa</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i>	30	11
CP-9	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Medicago sativa</i> , <i>Festuca valesiaca</i>	40	10
CP-10	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Festuca valesiaca</i>	30	20
CP-11	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Artemisia marschalliana</i>	40	11
CP-12	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Medicago sativa</i>	30	11
CP-13	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Achillea nobilis</i>	25	10
CP-14	<i>Achillea nobilis</i> , <i>Polygonum salsugineum</i>	20	5
CP-15	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Tanacetum vulgare</i>	20	5
CP-27	<i>Polygonum salsugineum</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i>	20	5
CP-28	<i>Phragmites australis</i> , <i>Polygonum salsugineum</i>	70	3
CP-29	<i>Polygonum salsugineum</i>	3	1
CP-30	<i>Phleum phleoides</i> , <i>Agrostis gigantea</i>	40	5
CP-31	<i>Elaeagnus oxycarpa</i> , <i>Polygonum salsugineum</i>	30	7
CP-32	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Cirsium setosum</i>	50	12
CP-33	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Cirsium setosum</i> , <i>Polygonum salsugineum</i>	40	6
CP-34	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Polygonum salsugineum</i> , <i>Taraxacum officinale</i>	70	11
CP-35	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Polygonum salsugineum</i> , <i>Phragmites australis</i>	40	8
CP-36	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Isatis costata</i> , <i>Polygonum salsugineum</i>	60	6
CP-37	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Chenopodium album</i> , <i>Cirsium setosum</i>	70	10
CP-38	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Polygonum salsugineum</i>	50	6
CP-39	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Artemisia nitrosa</i>	70	13
CP-40	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Gypsophila perfoliata</i>	70	12
CP-41	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Chamaenerion angustifolium</i>	80	5
CP-42	<i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Gypsophila perfoliata</i>	70	7

As can be seen from Table 2, on saline soils, *Polygonum salsugineum* and *Artemisia dracunculus* are common and have a high persistence class (IV) – the highest for GTC on the saline soils. *Gypsophila perfoliata* and *Calamagrostis epigeios* are found in constancy class III. The vast majority of species are rare and have class I constancy (See Figure 2 A).

*Polygonum salsugineum* ("salsus" lat. – salty) was found in 75% of the studied CPs on saline soils, *Artemisia dracunculus* in 68.8%, other species did not even reach 50% occurrence (Table 2).

Table 2

## Characteristics of communities of the group-thicket stage on saline soils

Plant species	V*	P	A	CC
<i>Polygonum salsugineum</i> (Ledeb.) Klok.	75	5.7	20.7	IV
<i>Artemisia dracunculus</i> L.	68.8	9.25	25.22	IV
<i>Gypsophila perfoliata</i> L.	43.8	0.5	4.68	III

<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	43.8	15.34	25.91	III
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	37.5	0.19	2.67	II
<i>Artemisia nitrosa</i> Weber	31.3	0.31	3.13	II
<i>Artemisia sieversiana</i> Willd.	31.3	0.16	2.24	II
<i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A.Mey.	25	0.69	4.15	II
<i>Carduus nutans</i> L.	25	0.125	1.77	II
<i>Isatis costata</i> C.A.Mey.	25	0.125	1.77	II
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	25	4.44	10.54	II
<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Besser	18.8	0.84	3.97	I
<i>Tragopogon orientalis</i> L.	18.8	0.09	1.3	I
<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg.	18.8	0.09	1.3	I
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	18.8	0.09	1.3	I
<i>Gypsophila paniculata</i> L.	18.8	0.09	1.3	I
<i>Achillea millefolium</i> L.	12.5	0.06	0.87	I
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	12.5	0.22	1.66	I
<i>Elaeagnus oxycarpa</i> Schtdl.	12.5	0.06	0.87	I
<i>Melilotus albus</i> Medikus	12.5	0.06	0.87	I
<i>Dracocephalum thymiflorum</i> L.	12.5	0.06	0.87	I
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub.	12.5	0.06	0.87	I
<i>Acer negundo</i> L.	6.3	0.03	0.43	I
<i>Eryngium planum</i> L.	6.3	0.03	0.43	I
<i>Artemisia commutata</i> Besser	6.3	0.03	0.43	I
<i>Artemisia schrenkiana</i> Ledeb.	6.3	0.03	0.43	I
<i>Artemisia proceriformis</i> Krasch.	6.3	0.03	0.43	I
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronqist	6.3	0.03	0.43	I
<i>Achillea nobilis</i> L.	6.3	0.03	0.43	I
<i>Artemisia marschalliana</i> Spreng.	6.3	0.03	0.43	I
<i>Senecio jacobaea</i> L.	6.3	0.03	0.43	I
<i>Chenopodium album</i> L.	6.3	0.19	1.09	I
<i>Limonium gmelinii</i> (Willd.) Kuntze	6.3	0.03	0.43	I
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	6.3	0.31	1.39	I
<i>Phleum phleoides</i> (L.) H.Karst.	6.3	0.19	1.09	I
<i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr.	6.3	0.03	0.43	I
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	6.3	0.03	0.43	I
<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin	6.3	0.03	0.43	I
<i>Populus × sibirica</i> G. Kryl. et Grig. ex A. Skvortsov	6.3	0.03	0.43	I
<i>Populus tremula</i> L.	6.3	0.03	0.43	I
<i>Solanum kitagawae</i> Schonb.-Tem.	6.3	0.03	0.43	I

Note: V – occurrence, %; P – partial projective cover, %; A – activity, score; CC - class of constancy

Table 3 illustrates interesting patterns of plant growth on non-saline soils: *Calamagrostis epigeios* and *Artemisia austriaca* have the highest V constancy class. Constancy class IV was noted in *Artemisia dracunculus*, *Achillea nobilis*, and *Medicago sativa* (see Figure 2 B).

*Calamagrostis epigeios* was found in 90% of the CP on non-saline soils. Interestingly, *Polygonum salsugineum*, which is common on highly saline soils, was not found in any of the CPs. While *Artemisia dracunculus* was also found in 70% of these CPs.



Figure 2. GTC stage on iron ore industry dumps:

A – on saline soils  
B – on non-saline soils

Table 3  
Characteristics of communities of the group-thicket stage on non-saline soils

Plant species	V*	P	A	CC
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	90	11.55	32.24	V
<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	80	2.95	15.36	V
<i>Artemisia dracunculus</i> L.	70	3.6	15.87	IV
<i>Achillea nobilis</i> L.	70	1.75	11.07	IV
<i>Medicago sativa</i> L.	70	2.25	12.55	IV
<i>Artemisia marschalliana</i> Spreng.	60	1.25	8.66	III
<i>Hieracium virosus</i> Pall.	50	0.25	3.54	III
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	50	1.2	7.75	III
<i>Achillea millefolium</i> L.	50	0.25	3.54	III
<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin	50	6.5	18.03	III
<i>Poa angustifolia</i> L.	50	1.9	9.75	III
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub.	50	0.95	6.89	III
<i>Centaurea scabiosa</i> L.	40	0.2	2.83	II
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	30	0.15	2.12	II
<i>Artemisia commutata</i> Besser	30	0.15	2.12	II
<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg.	30	0.15	2.12	II
<i>Elaeagnus oxycarpa</i> Schldl.	30	0.15	2.12	II
<i>Dracocephalum thymiflorum</i> L.	30	0.15	2.12	II
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	30	0.65	4.42	II
<i>Stipa pennata</i> L.	30	1.55	6.82	II
<i>Malus domestica</i> Borkh.	30	0.15	2.12	II
<i>Linaria genistifolia</i> (L.) Mill.	30	0.15	2.12	II
<i>Artemisia proceriformis</i> Krasch.	20	0.1	1.41	I
<i>Lonicera tatarica</i> L.	20	0.1	1.41	I

<i>Gypsophila paniculata</i> L.	20	0.35	2.65	I
<i>Acer negundo</i> L.	10	0.05	0.71	I
<i>Lactuca serriola</i> L.	10	0.05	0.71	I
<i>Trommsdorffia maculata</i> (L.) Bernh.	10	0.05	0.71	I
<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Besser	10	0.05	0.71	I
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	10	0.1	1	I
<i>Betula pendula</i> Roth	10	0.05	0.71	I
<i>Lappula stricta</i> (Ledeb.) Guerke	10	0.05	0.71	I
<i>Nonea pulla</i> DC.	10	0.05	0.71	I
<i>Medicago falcata</i> L.	10	0.05	0.71	I
<i>Trigonella arcuate</i> C.A.Mey.	10	0.05	0.71	I
<i>Trifolium pratense</i> L.	10	0.05	0.71	I
<i>Poa palustris</i> L.	10	0.1	1	I
<i>Poa urssulensis</i> Trin.	10	0.05	0.71	I
<i>Polygonum bordzilowskii</i> Klovov	10	0.05	0.71	I
<i>Potentilla argentea</i> L.	10	0.05	0.71	I
<i>Populus × sibirica</i> G. Kryl. et Grig. ex A. Skvortsov	10	0.05	0.71	I
<i>Populus tremula</i> L.	10	0.05	0.71	I
<i>Ulmus pumila</i> L.	10	0.05	0.71	I

Note: V – occurrence, %; P – partial projective cover, %; A – activity, score; CC – class of constancy

## Discussion

Table 4 shows the taxonomic structure of the general floristic list of communities of the GTC stage on the dumps of SSGPO JSC and Kachary Ruda JSC. The total number of families represented in these communities on saline and non-saline dumps is 22. The most numerous in terms of the number of species and genera are *Asteraceae* (13 genera, 25 species), then *Poaceae* (9 genera, 12 species), *Fabaceae* (4 genera, 5 species). The top ten most representative families of the dump flora include 54 species, or 82%.

The most multi-species genus is *Artemisia*: 19% of all species on saline soils, 14% – on non-saline soils. In total, there were 20 species found both on saline and non-saline soils.

Table 4

### Taxonomic structure of communities of the group-thicket stage of dumps

Taxonomic indicators	Values
Total number of species	65
Total number of genera	48
Total number of families	22
Number of single-species genera	39
Number of single-species families	14
Number of homogeneous families	16
Share of species in 5 leading families, %	69
Share of species in 10 leading families, %	82

The dominance of the families *Asteraceae*, *Poaceae*, and *Fabaceae*, noted by us in the communities of the group-thicket stage of dumps, is characteristic of the taxonomic structure of the region as a whole [21–24].

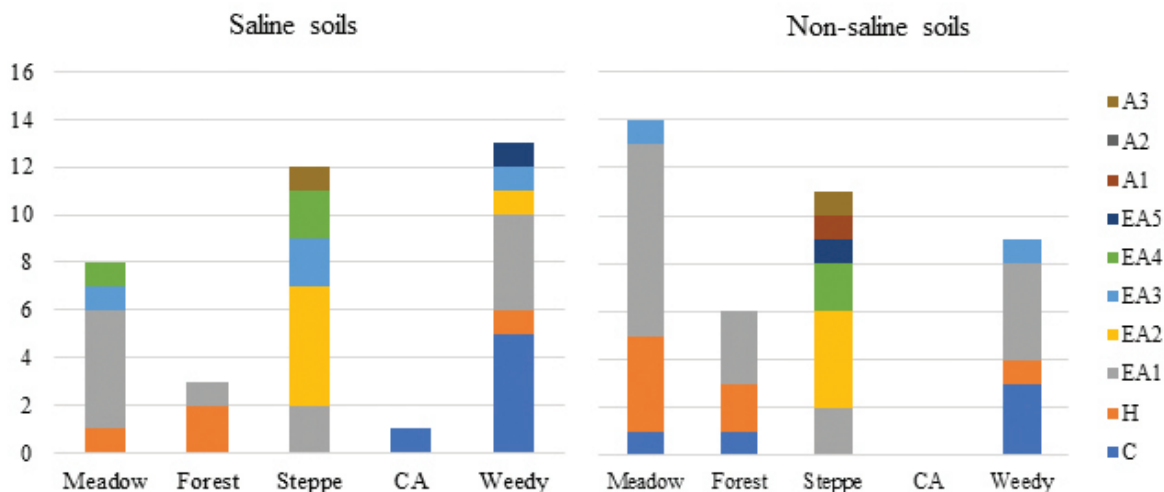
The degree and rate of overgrowth of the dumps of the iron ore industry in the Kostanay region has been of interest since the 1970s. So, Terekhova E.B. et al. in 1974 note that in the seventh year after dumping, the syngeneses stage changes from the pioneer stage to the GTC, with a significant increase in the number of species up to 31. *Polygonum aviculare* L., *Artemisia marschalliana* Spreng., *Berteroa incana* (L.) DC., *Axyris amaranthoides* L. were dominant. The authors noted the increased importance of the *Fabaceae* family compared to the pioneer stage (*Genista tinctoria* L., *Medicago cancellata* M. Bieb., *M. Falcata* L., *Vicia cracca* L., *Melilotus albius* Medik., *M. officinalis* (L.) Lam.). *Artemisia* and legumes acted as dominants and co-dominants in those communities. There were also cereals *Agropyron sibiricum* (*Agropyron fragile* (Roth) P. Candargy), *A. pruiniferum* (*Elytrigia pruinifera* Nevski), *Poa angustifolia* L., *Festuca sulcate* (*Festuca valesiaca* Gaudin) [25].

In a later study by Konysbayeva D.T. 2003, 65 species are described at the GTC stage. The projective cover was 30-50%. Dominant families: *Asteraceae* (13 species), *Poaceae* (10), *Fabaceae* (8 species). There was also a large distribution of *Polygonum aviculare*, *Artemisia marschalliana*, *A. dracunculus*, *Berteroa incana*, *Melilotus albius*, *M. officinalis* [9].

We also conducted an analysis on the representation of geographical groups in the ecological and coenotic spectrum of the flora of dumps at the GTC stage. In the flora of the dumps, we identified 5 ecological-coenotic groups: meadow, forest, steppe, coastal-aquatic, and weedy [11].

Differences in the distribution of plant groups on saline and non-saline soils were found, which is not surprising and has already been repeatedly confirmed for other indicators in our study. The first soils at the GTC stage are mostly populated by weedy and steppe species, while the second soils are inhabited by meadow and steppe species. Coastal-aquatic and forest plants are the least numerous (see Figure 3).

The pan-Eurasian fraction of geographic elements plays a leading role in the composition of all ecological-coenotic groups on dumps (13, 18). Further on saline soils, in order, are Mediterranean-Asian (6), Cosmopolitan (6), East European-Asian (5); on non-saline soils, Holarctic (7) and Cosmopolitan (5).



**Figure 3. Characteristics of the flora on different soils**

Note: geographical groups: C – Cosmopolitan, H – Holarctic, EA1 – Pan-Eurasian, EA2 – Mediterranean-Asian, EA3 – East European-Asian, EA4 – European-North Asian, EA5 – Eurosiberian, A1 – Asiatic, A2 – Central Asian, A3 – Siberian. CA – coastal aquatic plants

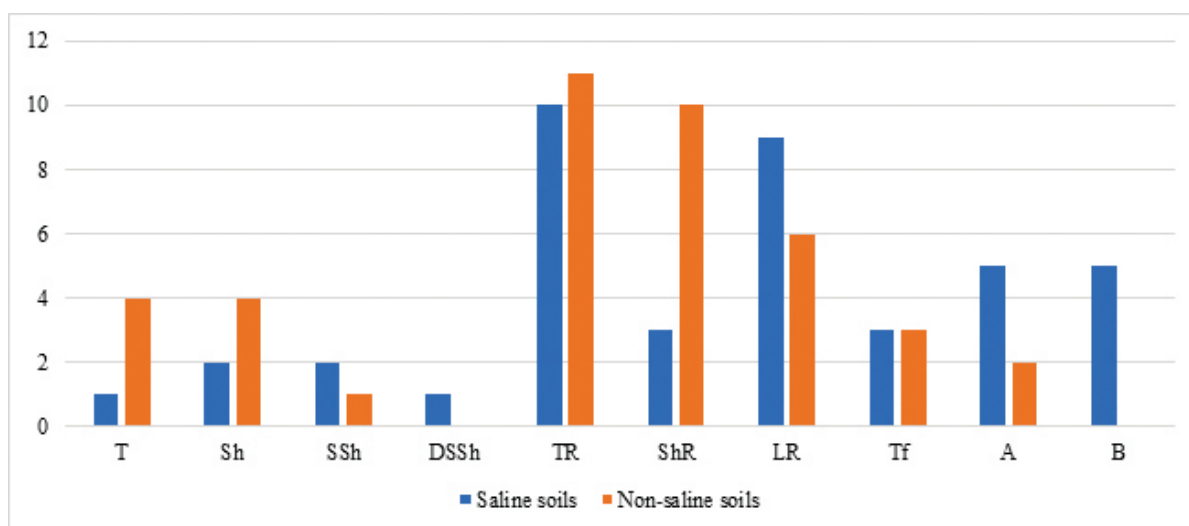


An analysis of life forms makes it possible to assess the characteristics of the flora from an ecological standpoint, to find correlative relationships between LF and confinement to a certain type of communities (habitats). At the second stage of syngeneses on the dumps we studied, the predominant life forms are: for saline soils – taproot (10), long-rhizomatous (9), annuals (5), and biennials (5); non-saline – taproot (11), short-rhizomatous (10), and long-rhizomatous (6).

As can be seen from Figure 4, plants with a tap root system or long rhizomes are the most common for this stage of GTC in terms of the number of species. However, it was previously noted that the highest class of constancy is characteristic of long-rhizomatous plants under these conditions.

On saline soils, steppe floras are dominated by taproot (50%) and turf (25%) species; in weedy – herbaceous annuals (31%) and long-rhizomatous plants (23%); in meadows – long-rhizomatous (38%); in the forest – trees (67%); coastal water – long-rhizomatous (100%).

On non-saline soils, steppe floras are more populated by taproot (40%) and turf (30%) species; in weedy – taproot (50%); in meadow – short-rhizomatous (57%) and long-rhizomatous (29%); in the forest – trees (50%).



**Figure 4. Characteristics of life forms of plants growing at the stage of GTC**

Note: life form according to the classification of I.G. Serebryakov (1962): T - trees, Sh - shrubs, SSh - semishrubs, DSSh – dwarfs semishrubs, TR - taproot, ShR – short-rhizomatous, LR – long-rhizomatous, Tf – turf, A - annuals, B - biennials

The study of syngeneses on anthropogenically disturbed lands will make it possible to determine the directions of effective and economically beneficial reclamation for enterprises and society. In the studied territories, species with the most successful survival strategies in the conditions of technogenic landscapes of the former steppe and forest-steppe were identified, which can be used in the future to recreate ecosystems close to natural ones.

We strongly believe that restoration of biodiversity, even partial, will not only preserve the remaining bits of the former diversity of ecosystems, but will also allow the use of these lands for socially significant purposes in the future. We also consider it important to note that a Red Book species, *Stipa pennata*, was found on the dumps, which only confirms our point of view [26].

## Conclusion

As a result of studying the patterns of natural overgrowing of dumps of mining enterprises in Kostanay region – SSGPO JSC and Kachary Ruda JSC, on the second stage of syngeneses established:

1) Halophytes (e.g. *Polygonum salsugineum*, *Gypsophila perfoliata*) and long-rhizomatous plants (e.g. *Calamagrostis epigeios*, *Artemisia dracunculus*) dominate on saline soils at the stage of group-thicket communities. Long-rhizomatous plants (e.g. *Calamagrostis epigeios*, *Artemisia austriaca*, *Artemisia dracunculus*) have the highest class of constancy on non-saline soils.

2) Total projective cover on saline and non-saline soils of dumps is approximately the same and amounts to 33-37%.

3) Number of species is approximately the same on both types of soil – 12.5-14.0 pcs/100m<sup>2</sup>. Compared to the pioneer group studied earlier, the number of species on saline soils significantly has increased both on saline – 41 and on non-saline soils – 43. Most species have CC I.

4) The activity of species in GTC on non-saline soils is much higher than those on saline soils.

5) The representation of geographical groups in the ecological-coenotic spectrum of the flora and life forms distribution of dumps differs depending on the degree of soil salinity.

In the future, it is planned to describe the results of studying the stage of a complex phytocenosis at the previously mentioned objects, as well as to continue work on the territory of the dumps in 2023 and beyond: compiling geobotanical descriptions in the same coordinates to compare the results, herbarization of previously unidentified species.

**Acknowledgments.** The authors express their gratitude to the management and staff of the Department for Ecology and Subsoil Use of SSGPO JSC and Kachary Ruda JSC for their assistance in conducting this study.

Special thanks are expressed to the staff of the Kuzbass Botanical Garden and the Institute of Human Ecology of the Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

## References

1. Brand U., Wissen M., Danso-Dahmen L., King Z. M., Jungwirth B. The Imperial Mode of Living: Everyday Life and the Ecological Crisis of Capitalism. – New York: Verso Books, 2021. – 256 p.
2. Куприянов А.Н., Морсакова Ю.В. Естественное зарастание отвалов Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного университета. – 2006. – Т. 3. – С. 48-52.
3. Feng Y., Wang J., Bai Zh., Reading L. Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review // Earth-Science Reviews. – 2019. – Vol. 191. – P. 12-25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.02.015>.
4. Koščová M., Hellmer M., Anyona S., Gvozdkova T. Geo-Environmental Problems of Open Pit Mining: Classification and Solutions. [Electronic resource] – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101034> (Accessed: 01.02.2023).
5. Yu Feng, Jinman Wang, Zhongke Bai, Lucy Reading, Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review, Earth-Science Reviews. – 2019. – Vol. 191. – P. 12-25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.02.015>.
6. Peco J.D., Higuera P., Campos J.A., Esbrí J.M., Moreno M.M., Battaglia-Brunet F., Sandalio L.M. Abandoned Mine Lands Reclamation by Plant Remediation Technologies. Sustainability. – 2021. – Vol. 13. – P. 6555. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13126555>.
7. Pratiwi Narendra B.H., Siregar C.A., Turjaman M., Hidayat A., Rachmat H.H., Mulyanto B., Suwardi, Iskandar, Maharani R., Rayadin Y., Prayudyaningsih R., Yuwati T.W., Prematuri R., Susilowati A. Managing and Reforesting Degraded Post-Mining Landscape in Indonesia: A Review. Land. – 2021. – Vol. 10. – P. 658. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10060658>.

8. Федотов В.И. Методические основы и методика изучения техногенных ландшафтов. – Москва, 1978. – 53-64 с.
9. Конысбаева Д.Т. Формирование растительного покрова на отвалах предприятий железорудной промышленности в Северном Казахстане: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. – Екатеринбург, 2003. – 145 с.
10. Куприянов А.Н. Биологическая рекультивация отвалов в субаридной зоне. – Алма-Ата, 1989. – 104 с.
11. Манаков Ю.А., Стрельникова Т.О., Куприянов А.Н. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. – Новосибирск: СО РАН, 2011. – 180 с.
12. Hawkins T., Smith M.P., Herrington R.J., Maslennikov V., Boyce A.J., Jeffries T., Creaser R.A. The Geology and Genesis of The Iron Skarns of The Turgai Belt, Northwestern Kazakhstan // Ore Geology Reviews. – 2017. – Vol. 85. – P. 216-246. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.10.016>.
13. Herrington R., Smith M., Maslennikov V., Belogub E., Armstrong R. A Short Review of Palaeozoic Hydrothermal Magnetite Iron-Oxide Deposits of The South and Central Urals and Their Geological Settings // Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related deposits A global perspective. – 2002. – Vol. 2. – P. 343-353.
14. Паспорт «О» Техногенные минеральные образования №3/1057. Объект учета Юго-Западный отвал Сарбайского участка. – Рудный: АО «ССГПО», 2022. – 9 с.
15. Паспорт «О» Техногенные минеральные образования №3/1058. Объект учета Юго-Западный отвал Южно-Сарбайского участка. – Рудный: АО «ССГПО», 2022. – 10 с.
16. Паспорт «О» Техногенные минеральные образования №3/1068. Объект учета Юго-Восточный отвал Соколовского месторождения. – Рудный: АО «ССГПО», 2022. – 10 с.
17. Геологические и горнотехнические условия, обрабатываемых на автомобильный транспорт карьера Качарского РУ. – Качары: АО «Качары руда», 2022. – 10 с.
18. Байшоланов С.С. Агроклиматические ресурсы Костанайской области: научно-прикладной справочник. – Астана, 2017. – 139 с.
19. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного: учеб. пособие. – Томск: TML-Press, 2007. – 304 с.
20. Работонов Т.А. Фитоценология: учебник. – Москва: МГУ, 1992. – 356 с.
21. Пережогин Ю.В. Ботанико-географическое районирование и состав флоры Костанайской области (Северный Казахстан) // Вестник ОГУ. – 2008. – Т. 80. – С. 121-125.
22. Брагина Т.М., Борисова Е.С. Анализ лекарственной флоры памятника природы «Насадения березовых и сосновых лесов у озера Боровское» // Вестник КГПИ. – 2021. – Т. 3(63). – С. 62-67.
23. Нурмухамбетова Р.Т. Флора и растительность долины реки Тобол: В пределах Костанайской области: автореф. дис ... канд. биол. наук. – Екатеринбург: РАН, 1999. – 21 с.
24. Кобланова С.А., Рогожкина Ю.О. Эколого-таксономический анализ прибрежной флоры Аулиекольского района (Костанайская область) // Вестник КарГУ Серия Биология. Медицина. География. – 2020. – Т. 3(99). – С. 83-90. DOI: <https://doi.org/10.31489/2020BMG3/83-90>.
25. Терехова Э.Б., Ланина Р.И., Фоменко Л.В. Естественное зарастание отвалов Соколовского железорудного карьера. МВ и ССО РСФСР, Уральский государственный университет имени А.М. Горького. – Свердловск: УрГУ, 1974. – 162-174 с.
26. Красная книга Республики Казахстан. Подлежащие охране сосудистые растения, мхи, печёночники, антоцеротовые и лишайники (374). [Electronic resource] – URL: <https://www.plantarium.ru/page/redbook/id/42.html> (Accessed: 01.02.2023).

**Е.А. Симанчук<sup>1</sup>, Г.Ж. Сұлтанғазина<sup>1</sup>, А.Н. Куприянов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан  
<sup>2</sup>Кузбас ботаникалық бағы, РҒА СБ көмір және көмір химиясы Федеральді зерттеу орталығы,  
Кемерово, Ресей

## **Қостанай облысының темір рудасы кәсіпорындарының топтасып өскен өсімдіктер жиынтықтарды талдау**

**Аңдатпа.** Қоршаған ортаның антропогендік трансформациясы экожүйелердің барлық компоненттерінің толық немесе ішінара жойылуымен сипатталатын техногендік ландшафттардың пайда болуына әкеледі. Бұл аумақтардың биоәртүрлілігін ішінара қайта құру қалпына келтіру

және өздігінен өсу арқылы мүмкін болады. Техногендік ландшафттарда өсімдік жамылғысының өздігінен пайда болуы – сингенездің үш сатысында жүретін процесс. Бұл мақалада Қостанай облысының темір рудасы кәсіпорындарының («ССКӨБ» АҚ және «Қашары руда» АҚ) топтасып өскен өсімдіктер жиынтығы сатысында – сингенездің екінші сатысында өздігінен өсу дәрежесін зерттеу нәтижелері келтірілген. Біздің зерттеуімізде барлығы алпыс үш геоботаникалық сипаттама жасалды, бізді қызықтыратын топтасып өскен өсімдіктер жиынтықтар жиырма алтыда көрсетілген.

Топтасып өскен өсімшілер жиынтығы, әдетте, пациенттермен қалыптасады, өсімдіктер арасында белгілі бір қатынастар, өзара әсер пайда болады, бірақ сипаты фрагментті болып қалады, даралар бір-бірімен трофикалық байланыстармен шамалы байланысты. Бұл кезең кең экологиялық амплитудасы бар түрлердің басым болуымен сипатталады.

Сипатталған зерттеу барысында өсімдік жамылғысының пайда болу жылдамдығы мен заңдылықтары, соның ішінде сингенездің екінші сатысында, тұзданған және тұзданбаған топырақтарда ерекшеленетіні анықталды: біріншісінде галофиттер мен ұзын тамырлы өсімдіктер басым, екіншісіне ұзын тамырлы өсімдіктер тән; және алғашқы топырақтардағы өсімдіктер қауымдастығындағы түрлердің белсенділігі едәуір жоғары, екіншісіне қарағанда, ал түрлердің саны топырақтың екі түрінде де шамамен бірдей.

**Түйін сөздер:** топтасып өскен өсімдіктер жиынтығы, темір рудасының үйінділері, биоәртүрлілік, техногендік ландшафт, сукцессия, сингенез, үйінділердің флорасы, үйінділердің өздігінен өсуі.

**Е.А. Симанчук<sup>1</sup>, Г.Ж. Султангазина<sup>1</sup>, А.Н. Куприянов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, Костанай, Казахстан

<sup>2</sup> Кузбасский ботанический сад, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Кемерово, Россия

### **Анализ группово-зарослевых сообществ на отвалах железорудных предприятий Костанайской области**

**Аннотация.** Антропогенная трансформация окружающей среды приводит к появлению техногенных ландшафтов, характеризующихся полным или частичным уничтожением всех компонентов экосистем. Частичное восстановление биоразнообразия данных территорий возможно путем рекультивации и самозарастания. Самопроизвольное формирование растительного покрова на техногенных ландшафтах – это процесс, проходящий в три стадии сингенеза. В данной статье представлены результаты изучения степени самозарастания отвалов железорудной промышленности Костанайской области (АО «ССПО» и АО «Качары руда») на стадии группово-зарослевого сообщества – второй стадии сингенеза. Всего в ходе нашего исследования было составлено шестьдесят три геоботанических описания, причем интересующие нас группово-зарослевые сообщества отражены в двадцати шести из них.

Группово-зарослевое сообщество обычно формируется пациентами, между растениями появляются определенные взаимоотношения и взаимовлияние, но они остаются фрагментарными, разные особи в малой степени связаны между собой трофическими связями. Для данного этапа характерно преобладание видов с широкой экологической амплитудой.

В ходе описываемого исследования было установлено, что скорость и паттерны формирования растительного покрова, в том числе и на второй стадии сингенеза, отличаются на засоленных и незасоленных грунтах: на первых доминируют галофиты и длинно-корневищные растения, для вторых характерны длинно-корневищные растения; причем активность видов в растительных сообществах на первых грунтах значительно выше, чем на вторых, а количество видов примерно одинаково на обоих типах грунтов.

**Ключевые слова:** группово-зарослевое сообщество, отвалы железорудной промышленности, биоразнообразие, техногенный ландшафт, сукцессия, сингенез, отвальная флора, самозарастание отвалов.



## References

1. Brand U., Wissen M., Danso-Dahmen L., King Z. M., Jungwirth B. The Imperial Mode of Living: Everyday Life and the Ecological Crisis of Capitalism (New York: Verso Books, 2021, 256 p.).
2. Kuprijanov A.N., Morsakova YU.V. Estestvennoe zarastanie otvalov Kuzbassa, Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo universiteta [Natural overgrowing of dumps of Kuzbass, Bulletin of the Kuzbass State University], 3, 48-52 (2006). [in Russian]
3. Feng Y., Wang J., Bai Zh., Reading L. Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review, Earth-Science Reviews, 191, 2-25 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.02.015>.
4. Koščová M., Hellmer M., Anyona S., Gvozdkova T. Geo-Environmental Problems of Open Pit Mining: Classification and Solutions. [Electronic resource] – Accessed: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101034> (Accessed: 01.02.2023).
5. Yu Feng, Jinman Wang, Zhongke Bai, Lucy Reading, Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review, Earth-Science Reviews, 191, 12-25 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.02.015>.
6. Peco J.D., Higuera P., Campos J.A., Esbrí J.M., Moreno M.M., Battaglia-Brunet F., Sandalio L.M. Abandoned Mine Lands Reclamation by Plant Remediation Technologies. Sustainability, 13, 6555 (2021). DOI: <https://doi.org/10.3390/su13126555>.
7. Pratiwi Narendra B.H., Siregar C.A., Turjaman M., Hidayat A., Rachmat H.H., Mulyanto B., Suwardi, Iskandar, Maharani R., Rayadin Y., Prayudyarningsih R., Yuwati T.W., Prematuri R., Susilowati A. Managing and Reforesting Degraded Post-Mining Landscape in Indonesia: A Review. Land., 10, 658 (2021). DOI: <https://doi.org/10.3390/land10060658>.
8. Fedotov V.I. Metodicheskie osnovy i metodika izucheniya tekhnogennyh landshaftov [Methodological bases and methodology for studying technogenic landscapes] (Moskva, 1978, 53-64 s.) [Moscow, 1978, 53-64 p.]. [in Russian]
9. Konyshaeva D.T. Formirovanie rastitel'nogo pokrova na otvalah predpriyatij zhelezorudnoj promyshlennosti v Severnom Kazahstane: dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.05. [Formation of vegetation cover on the dumps of iron ore enterprises in Northern Kazakhstan: dis. ... cand. biol. Sciences: 03.00.05.] (Ekaterinburg, 2003, 145 s.) [Yekaterinburg, 2003, 145 p.]. [in Russian]
10. Kuprijanov A.N. Biologicheskaya rekul'tivaciya otvalov v subaridnoj zone [Biological reclamation of dumps in the subarid zone] (Alma-Ata, 1989, 104 s.). [in Russian]
11. Manakov YU.A., Strel'nikova T.O., Kuprijanov A.N. Formirovanie rastitel'nogo pokrova v tekhnogennyh landshaftah Kuzbassa [Formation of vegetation cover in technogenic landscapes of Kuzbass] (Novosibirsk: SO RAN, 2011, 180 s.). [in Russian]
12. Hawkins T., Smith M.P., Herrington R.J., Maslennikov V., Boyce A.J., Jeffries T., Creaser R.A. The Geology and Genesis of The Iron Skarns of The Turgai Belt, Northwestern Kazakhstan, Ore Geology Reviews, 85, 216-246 (2017). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.10.016>.
13. Herrington R., Smith M., Maslennikov V., Belogub E., Armstrong R. A Short Review of Palaeozoic Hydrothermal Magnetite Iron-Oxide Deposits of The South and Central Urals and Their Geological Settings, Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related deposits A global perspective, 2, 343-353 (2002).
14. Passport «O» Tekhnogennye mineral'nye obrazovaniya №3/1057. Ob'ekt ucheta YUgo-Zapadnyj otval Sarbajskogo uchastka [Passport "O" Technogenic mineral formations No. 3/1057. The object of accounting is the South-Western dump of the Sarbaisky site], (Rudnyj: AO «SSGPO», 2022, 9 s.) [Rudny: JSC "SSGPO", 2022, 9 p.]. [in Russian]
15. Passport «O» Tekhnogennye mineral'nye obrazovaniya №3/1058. Ob'ekt ucheta YUgo-Zapadnyj otval YUzhno-Sarbajskogo uchastka [Passport "O" Technogenic mineral formations No. 3/1058. Accounting object Yugo-Zapadny dump of the Yuzhno-Sarbaisky area] (Rudnyj: AO «SSGPO», 2022, 10 s.) [Rudny: JSC "SSGPO", 2022, 10 p.]. [in Russian]
16. Passport «O» Tekhnogennye mineral'nye obrazovaniya №3/1068. Ob'ekt ucheta YUgo-Vostochnyj otval Sokolovskogo mestorozhdeniya [Passport "O" Technogenic mineral formations No. 3/1068. Accounting object South-Eastern dump of the Sokolovskoye field], (Rudnyj: AO «SSGPO», 2022, 10 s.) [Rudny: JSC "SSGPO", 2022, 10 p.]. [in Russian]
17. Geologicheskie i gornotekhnicheskie usloviya, otrabatyvaemyh na avtomobil'nyj transport kar'era Kacharskogo RU [Geological and mining conditions, worked out for road transport in the quarry of Kacharsky RU] (Kachary: AO «Kachary ruda», 2022, 10 s.) [Kachary: JSC "Kachary Ruda", 2022, 10 p.]. [in Russian]



18. Bajsholanov S.S. Agroklimaticheskie resursy Kostanajskoj oblasti: nauchno-prikladnoj spravochnik [Agro-climatic resources of Kostanay region: scientific and applied reference book] (Astana, 2017, 139 s.). [in Russian]
19. Zverev A.A. Informacionnye tekhnologii v issledovaniyah rastitel'nogo: ucheb. Posobie [Information technology in vegetable research: textbook. allowance] (Tomsk: TML-Press, 2007, 304 s.). [in Russian]
20. Rabotonov T.A. Fitocenologiya: uchebnik [Phytocenology: textbook] (Moskva: MGU, 1992, 356 s.) [Moscow: MGU, 1992, 356 p.]. [in Russian]
21. Perezhogin YU.V. Botaniko-geograficheskoe rajonirovanie i sostav flory Kostanajskoj oblasti (Svernyj Kazahstan), Vestnik OGU [Botanical-geographical zoning and composition of the flora of the Kostanay region (Northern Kazakhstan), Bulletin of the OSU], 80, 121-125 (2008). [in Russian]
22. Bragina T.M., Borisova E.S. Analiz lekarstvennoj flory pamyatnika prirody «Nasazhdeniya berezovyh i osnovnyh lesov u ozera Borovskoe», Vestnik KGPI [Analysis of the medicinal flora of the natural monument "Plantations of birch and pine forests near Lake Borovskoye", Bulletin of KSPI], 3(63), 62-67 (2021). [in Russian]
23. Nurmuhambetova R.T. Flora i rastitel'nost' doliny reki Tobol: V predelakh Kostanajskoj oblasti: avtoref. dis ... kand. biol. nauk [Flora and vegetation of the Tobol river valley: Within the Kostanay region: author. dis ... cand. biol. sciences] (Ekaterinburg: RAN, 1999, 21 s.) [Yekaterinburg: RAN, 1999. - 21 p.]. [in Russian]
24. Koblanova S.A., Rogozhkina YU.O. Ekologo-taksonomicheskij analiz pribrezhnoj flory Auliekol'skogo rajona (Kostanajskaya oblast'), Vestnik KarGU Seriya Biologiya. Medicina. Geografiya [Ecological and taxonomic analysis of the coastal flora of the Auliekolsky district (Kostanay region), Bulletin of the KarSU Series Biology. Medicine. Geography], 3(99), 83-90 (2020). DOI: <https://doi.org/10.31489/2020BMG3/83-90>. [in Russian]
25. Terekhova E.B., Lanina R.I., Fomenko L.V. Estestvennoe zarastanie otvalov Sokolovskogo zhelezorudnogo kar'era. MV i SSO RSFSR, Ural'skij gosudarstvennyj universitet imeni A.M. Gor'kogo [Natural overgrowing of dumps of the Sokolovsky iron ore quarry. MV and SSO RSFSR, Ural State University named after A.M. Gorky] (Sverdlovsk: UrGU, 1974, 162-174 s.). [in Russian]
26. Krasnaya kniga Respubliki Kazahstan. Podlezhashchie ohrane sosudistye rasteniya, mhi, pechyonochniki, antocerotovye i lishajniki (374) [Red Book of the Republic of Kazakhstan. Protected vascular plants, mosses, liverworts, anthocerotous and lichens (374)]. [Electronic resource] – Available at: <https://www.plantarium.ru/page/redbook/id/42.html> (Accessed: 01.02.2023). [in Russian]

### Information about authors:

*Simanchuk Ye.A.* – Master of Natural Sciences, A. Baitursynov Kostanay Regional University, Abai ave. 10, Kostanay, Kazakhstan.

*Sultangazina G.J.* – Candidate of Biological Sciences A. Baitursynov Kostanay Regional University, Abai ave. 10, Kostanay, Kazakhstan.

*Kuprijanov A.N.* – Doctor of Biological Sciences, professor of Kuzbass Botanical Garden Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS, 10 Leningradsky Av., Kemerovo, 650065, Russia.

*Симанчук Е.А.* – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Абай даңғылы, 28, Қостанай, Қазақстан.

*Сұлтангазина Г.Ж.* – биология ғылымдарының кандидаты, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Абай даңғылы, 28, Қостанай, Қазақстан.

*Куприянов А.Н.* – биология ғылымдарының докторы, Кузбас ботаникалық бағы, РФА СБ көмір және көмір химиясы Федеральді зерттеу орталығы, Ленинград даңғылы, 10, Кемерово, Ресей.

Д.Ш. Абдилданов<sup>1,2\*</sup>, П.В. Веселова<sup>1</sup>, Г.М. Кудабаетова<sup>1</sup>,  
М.С. Курманбаева<sup>2</sup>, А.С. Абаши<sup>3</sup>, К.С. Избастина<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<sup>4</sup>Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

<sup>5</sup>Астанинский ботанический сад-филиал РГП на ПХВ Институт ботаники и фитоинтродукции

\*Автор для корреспонденции: [abdildanov00@mail.ru](mailto:abdildanov00@mail.ru)

## Анализ представленности видов рода *Allium* L. флоры Арало-Балхашского региона в Гербарии (АА)

**Аннотация.** Род *Allium* L. имеет большое количество представителей во флоре Казахстана. Экологический диапазон произрастания видов рода простирается от альпийского и субальпийского поясов до пустынь. Виды этого рода характеризуются разнообразием морфологических характеристик, что создает трудности для их определения. В Арало-Балхашском регионе встречается, согласно современным данным, 25 (18%) из 140 луков, произрастающих в Казахстане. Целью исследований являлось критическое изучение коллекционных материалов 15 видов рода *Allium* из 3 секций (*Harlostemon* Boiss. – 7; *Porrum* Don – 3, *Molium* Don – 5), наиболее широко представленных во флоре Арало-Балхашского региона, хранящихся в гербарном фонде Института ботаники и фитоинтродукции (АА). В результате анализа гербарных образцов было выявлено местонахождение только 12 видов рода *Allium*, приводимых для исследуемой территории, один из которых (*Allium suworowii* Regel) включен в Красную книгу Казахстана. В результате исследований сформирован аннотированный список представленных в Гербарии (АА) (г. Алматы, Казахстан) видов *Allium* Арало-Балхашского региона. Показано, что наибольшее количество сохраняемых в коллекции образцов приходится на Бетпакдалинский, Мойынқумский, Балхаш-Алакольский флористические районы Казахстана.

**Ключевые слова:** род *Allium* L., Арало-Балхашский регион, Гербарий (АА), представленность, распространение видов, флористический район.

DOI: 10.32523/2616-7034-2023-144-3-40-53

### Введение

Род *Allium* L. (Alliaceae Borkh.), являющийся сложной систематической группой, насчитывает в своем составе более 920 видов [1]. В родовом спектре флоры Казахстана он входит в число пяти ведущих родов. Экологический диапазон произрастания видов рода простирается от альпийского и субальпийского поясов до пустынь. Виды этого рода являются лекарственными, декоративными, кормовыми, ядовитыми видами. Целью исследований явился скрининг гербарных материалов видов рода *Allium* Арало-Балхашского региона, представленных в гербарном фонде Института ботаники и фитоинтродукции (АА) как один из этапов ревизии рода.

Наиболее обширной обработкой рода *Allium* для территории бывшего СССР является анализ луков, проведенный А.И. Введенским, результаты которого представлены во «Флоре СССР» [2]. В этой фундаментальной флористической сводке А.И. Введенский разделил род на 10 секций. Во «Флоре Центрального Казахстана» Павловым Н.В. для этого региона указывается 21 вид рода [3], а во «Флоре Казахстана» [4] Павловым Н.В. и Поляковым П.П. для территории республики в целом приводится 108 видов луков, 29 из которых являются эндемичными. В Арало-Балхашском регионе насчитывается 25 видов из 5 секций. В понимании Байтенова М.С. [5] род *Allium* во флоре Казахстана насчитывает 140 видов.

В настоящей статье обсуждаются результаты изучения 15 наиболее широко представленных в Арало-Балхашском регионе видов [6], распределенных по 3 секциям (*Harlostemon* Boiss., *Pogonum* Don, *Molium* Don). Он расположен в пустынной части Казахстана [6,7] и принимается нами в объеме, понимаемом Лавренко Е.М. [7] как Арало-Балхашская подпровинция. Территория включает в себя 5 флористических районов (Приаральский, Кызылординский, Бетпақдалинский, Мойынқумский, Балхаш-Алақульський) [4]. Видовой состав луков в этой части республики до настоящего времени изучен недостаточно.

### Методология исследования

Для изучения распространения и составления конспекта видов рода *Allium*, наиболее характерных для флоры Арало-Балхашского региона, были проанализированы гербарные коллекции Института ботаники и фитоинтродукции (АА) (г. Алматы, Казахстан).

В процессе изучения были использованы данные следующих литературных источников: «Флора Казахстана» [4], «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» [8], «Определитель растений Средней Азии» [9], Государственный кадастр растений Жамбылской [10] и Кызылординской областей [11], Красная книга Казахстана [12]. Кроме того, были использованы данные некоторых статей, монографий и диссертаций по флоре рассматриваемого региона. В частности для пустынь Сары-Ишик-Отрау (Южное Прибалхашье) Л.П. Гвоздева [13] приводит 4 вида: *A. sabulosum*, *A. decipiens*, *A. schubertii*, *A. iliense*. Для песчаных пустынь всего Казахстана Л.Я. Курочкиной [14] приводится 9 видов, 5 из которых: *A. sabulosum*, *A. tukestanicum*, *A. schubertii*, *A. caspium*, *A. iliense* принадлежат изучаемым секциям рода. Байбулов А.Б. [15] в списке флоры долины и дельты реки Сырдарья приводит 2 вида рода *Allium*: *A. tukestanicum*, *A. schubertii*. Р.В. Камелин [16] приводит распределение специфичных луков пестроцветных обнажений Средней Азии для территорий: Бетпақдала-Приқаратау – *A. inops*; Прибалхашье-Приқаратау – *A. margaritae*; Приаралье-Приқаратау-Кызылқум – *A. turkestanicum*, *A. lehmannianum*. В конспекте флоры Казахского мелкосопочника А.Н. Куприянов [17] для Бетпақдалы указывается 15 видов, 8 из которых: *A. pallasii*, *A. inops*, *A. sabulosum*, *A. tukestanicum*, *A. schubertii*, *A. caspium*, *A. delicatulum*, *A. lehmannianum* относятся к числу изучаемых видов рода.

Названия видов растений приводились в соответствии сайта Plants of the World online (URL: <https://powo.science.kew.org/>) [18], а также использовались данные сайта «Плантариум» (URL: <https://www.plantarium.ru/>) [19] и работы авторов, изучающих рода *Allium* L. [20, 21, 22].

### Обсуждение

В результате критического анализа гербарных материалов установлены новые (ранее не приводившиеся) местонахождения 12 видов луков флоры Арало-Балхашского региона, относящихся к 3 секциям. Ниже приводится перечень 95 просмотренных гербарных образцов 12 из 15 исследуемых видов, хранящихся в гербарном фонде (АА) (таблица 1). Из них образцы 2 видов (*A. sabulosum* и *A. borszczowii*) обнаружены авторами статьи в изучаемом регионе в рамках выполнения предыдущих проектов, тесно связанных с настоящим грантом. Информация по местонахождению обсуждаемых видов в Арало-

Балхашском регионе опубликована ранее [23, 24, 25]. Виды: *Allium margaritae* V. Fedtsch., *A. scrobiculatum* Vved., *A. filidens* Regel), к сожалению, в Гербарии (АА) не найдены. Отсутствуют образцы этих видов и в таких гербарных фондах, как: Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан, депозитарий «Ноев Ковчег» (MW) (<https://plant.depo.msu.ru>), ГосНЦПзем (Государственный научно-производственный центр земельных ресурсов и землеустройства), КазНУ имени аль-Фараби кафедра биоразнообразия и биоресурсов.

Таблица 1

Перечень просмотренных гербарных образцов

Флористический район	Данные этикеток	Коллекторы	Дата сбора
<b>1. Секция <i>Narlostemon</i> Boiss.</b>			
<b>1. <i>Allium inops</i> Vved.</b>			
Балхаш–Алакульский	Илийская котловина, Тау–Чилик, Заилийский Алатау. Подгорная равнина около пос. Чилик. Галечная пустыня с Nanophyton.	Попов М.Г.	02.VI.1937
Бетпақдалинский	Центральная Бетпақ–Дала, уроч. Кок–Ашик. Сухое русло весеннего потока и среди полынно–биюргунового комплекса.	Рубцов Н.И.	20.V.1940
<b>2. <i>A. delicatulum</i> Siev. ex Schult. &amp; Schult. f.</b>			
Бетпақдалинский	Карагандинск. обл., Карсақпайск. р–н, сев.–зап. Прибалхашье (в 39 км к югу от ст. Моинты), среди полынно–бояльчевой формации.	Поляков П.П.	13.VI.1949
Мойынқумский	На луговом участке в долине реки Чу, около поселка Новотроицкого.	Павлов Н.В.	05.VI.1951
<b>3. <i>A. pallasii</i> Murray</b>			
Бетпақдалинский	Северный берег Балхаша у залива Бертыс, каменные склоны сопки.	Попов М.Г.	10.VI.1934
	Северное Прибалхашье. Побережье залива Бертыс. Полынно–бояльчевая пустыня.	Рубцов Н.И.	20.V.1935
	Караганд. обл., в пустынной степи 50 км южнее ст. Моинты.	Павлов Н.В.	28.V.1951
	Балхаш, г. Моинты у речки.	Байтенов М.С.	28.V.1951
Балхаш–Алакульский	Плато Карой. Ущелье р. Или, Капчагай, каменные склоны.	Попов М.Г.	07.V.1935
	Левый берег р. Или вниз по течению, в 30 км от ст. Или.	Кубанская З.В.	22.V.1938
Мойынқумский	Река Чу, у станции Чу. На дугу.	Байтенов М.С.	06.VI.1951
<b>4. <i>A. sabulosum</i> Steven ex Bunge</b>			
Приаральский	Актюбинская губ. Челкарский у. Пески Большие Барсуки, в 10–12 км к С от уроч. Такыр–Кудук; плоская долина, чиевые заросли.	Спиридонов М.Д.	14.VI.1927
	Северное Приаралье. Пески Малые Барсуки, в 45 км южнее Аральского моря. Барханы.	Филатова Н.С.	27.VII.1967

Балхаш–Алакульский	Район между р. Каратал и озерами Уч–Куль. Ущелье Туранглык. Песчаный юж. склон.	Шипчинский Н.В.	15.VI.1928
	Дельта р. Или. Район Баканас. Встречается единично.	Авиалес	1937
	Юго–западные отроги Джунгарского Алатау. Горы Кысты–Калкан. По пескам вблизи «Поющих песков».	Голоскоков В.П.	13.VI.1956
	А.–Атинская обл., Курейнский р–н, пески Таукумы.	Байгозова Г.А.	12.VI.1966
	Алма–Атинская обл., Чиликский р–н, южнее Аяк–Калкана, чуротные пески.	Лушпа О.У	29.VII.1969
	Правобережье среднего течения р. Или. Пески Муюн–Кумы между Панфиловым и Хоргосом. По пескам.	Голоскоков В.П.	04.VII.1971
Мойынкумский	Сыр–Дарьинский округ. Муюн–Кумский район. Кос–Кудукская саксауловая дача, 50–150 км от ст. Чу. Турксиб. ж.д. Солончакового саксаула в районе урочищ Орта–Кудук–Карман–Кудук.	Никитин С.А.	27.VI.1929
Бетпақдалинский	Северо–восточное Прибалхашье. Бухта Бурлю–Тюбе, песчаная коса на западе от бухты.	Седов С.	13.07.1937
Кызылординский	Казалинский овцесовхоз, Кара–Кумы, близ колодца Куль–Кудук на бугристых песках.	Кириченко Н.Г.	26.VI.1954
	Казалинский район. Пески закрепленные.	Казгипрозем	31.V.1986
	Кызылординская область, на песках вдоль дороги, по трассе от Казалинска к Кызылорде.	Кудабаева Г.М., Веселова П.В., Шорманова А.А., Билибаева Б.К., Осмонали Б.Б.	01.VI.2019
<b>2. <i>Porrum Don</i></b>			
<b>1. <i>A. tukestanicum Regel</i></b>			
Мойынкумский	Нижне–Таласский район Майликульский совхоз Овцевод № 15/2. К ЮЗ от пос. Уюк. Грядовая плосковершинная степь на сероземах.	Корнилова В.С. Павлов Н. В.	105.VII.1933
	Джамб. обл., в пустынной степи за пос. Сузак.	Павлов Н. В.	09.VI.1940



Бетпақдалинский	Центральная Бетпақ–Дала, уроч. Кок–Ашик. Сухое русло весеннего потока.	Рубцов Н.И.	01.VII.1940
	Северо–восточная Бетпақ–Дала. Сары–Арка. В окрестностях реки Асабайнын–Каратал, в полынной ассоциации.	Кубанская З.В.	14.VII.1940
	КССР. Карагандинская область, Жана–Аркинский р–н, северная Б. Дала.	Мамонова	06.VII.1949
<b>2. <i>A. borszczowii</i> Regel</b>			
Бетпақдалинский	Прибалхашье, в песчаной степи 30 км южнее Буро –Байтала.	Павлов Н.В.	02.VI.1951
Приаральский	Сев. Приаралье. Третичный останец Алтын Чокусу.	Быков Б.А.	12.V.1967
Балхаш–Алакульский	Левобережье р. Или. Пески Тау–Кумы. Межгрядовые понижения.	Цаголова В. Г.	11.VI.1968
	Прибалхашье. Пески Тау–Кумы на берегу р. Или ст. Бурлы–Байтал.	Лушпа О. У.	09.VI.1969
Кызылординский	Кызылординский ф.р. Кызылординская область, возле трассы с левой стороны, Туранговник	Веселова П.В., Кудабаява Г.М., Шорманова А.А., Осмонали Б.Б., Үсен С. Абдилданов Д.Ш.,	10.05.2021 г.
<b>3. <i>A. lehmannianum</i> Merckl.</b>			
Бетпақдалинский	Северный берег Балхаша у залива Бертыс, каменистая пустыня.	Попов М.Г.	11.VI.1934
	Северное Прибалхашье. Бертыс. Щебнистая степь близ Новой площадки.	Зейферт О.А.	30.V.1935
	Северное Прибалхашье. Побережье залива Бертыс. Полынная щебнистая пустыня.	Рубцов Н.И.	30.V.1935
	Северное Прибалхашье. Окр. поселка Буру–Байтал. Щебнистые сопки.	Д м и т р и е в а А.А.	26.V.1937
	Восточная Бетпақдала. Окрестности пос. Мын–Арал. Каменисто–глинистая солончаковая межсопочная равнина.	Г о л о с к о к о в В.П.	07.VI.1949
	Прибалхашье, каменистые склоны сопок по берегу залива Балхаша на 225 выемке.	Павлов Н.В.	18.V.1951
<b>3. Секция <i>Molium</i> Don</b>			
<b>1. <i>A. decipiens</i> Fisch. ex Schult. &amp; Schult. f.</b>			

Приаральский	Актюбинская обл., пески Большие Барсуки, вблизи Челкар, по пескам.	Андросов Н.В.	14.V.1908
	В 75 км на СВ от станции Челкар. Пески Киякты. Закрепленные пески.	Кнорринг О.Э., Белов Н.П.	01.VI.1927
	Северное Приаралье, Актюбинская область. Северная оконечность песков Большие Барсуки.	Лушпа О.У.	10.V.1957
	Северное Приаралье, Актюбинская область. На солонцеватых красноземах.	Лушпа О.У.	V. 57
	Северное Приаралье. В 60 км западнее ст. Саксаульской. На склонах чинков.	Филатова Н.С.	25.V.1966
	Северное Приаралье. М. Барсуки.	Быков Б.А.	11.V.1967
Балхаш–Алакульский	Б а л х а ш – А л а к у л ь с к а я низменность. Район среднего течения р. Лепсы и оз. Басканкуль. Закрепленные пески в 1 км к СЗ от сел. Баскан.	Линчевский И.А., Линчевский О.А.	21.VI.1934
	Восточное Прибалхашье, окр. ст. Бурлю–Тюбе Турксиба. На песках.	Зейферт О.А.	24.V.1935
	Окрестности Илийска в 35 км; около Джунгарских ворот.	Кубанская З.В.	22.V.1936
	Правый берег р. Или в 1 км выше по течению от пос. Илийского. Среди бугристых песков.	Голоскоков В.П.	19.V.1944
	Правобережье р. Или, в 170 км северо–западнее пос. Баканас, пески.	Гвоздева Л.П.	31.V.1946
	Правый берег р. Или, у станции Или, выше моста. На песчаных буграх.	Фисюн В.В.	26.V.1947
Бетпақдалинский	Юго–западное Прибалхашье. Окр. поселка Буру–Байтал. На сопках.	Дмитриева А.А.	26.V.1937
	Центральная Бетпак–Дала, уроч. Кок–Ашик. В понижениях между холмами.	Рубцов Н.И.	19.V.1940
	Восточная Бетпақдала. Между Эспе и Моинты. 5–й пикет (Мын–Казан).	Голоскоков В.П.	06.VI.1949
<b>2. <i>A. suworowii</i> Regel</b>			

Мойынкумский	Пырейная степь. Южно-Казахстанск. область Аулие-Атинский р., Аулие-Атинский свеклосовхоз.	Дмитриева А.А.	04.VIII.1933
	Аулие-Атинский р-н. На полынно-злаковых лугах к северу от ст. Ак-Чулак 9 – 8 км.	Корнилова В.С.	14.VIII.1933
	Южный Казахстан. Долина реки Чу. По обочинам дорог, в лесополосе.	Каменецкая И.И.	27.V.1986
Балхаш-Алакульский	Прибалхашье, полужакрепленные пески, на правом берегу р. Или.	Лушпа О.У.	04.VIII.1969
<b>3. <i>A. schubertii</i> Zucc.</b>			
Балхаш-Алакульский	Плато Карой, около ущелья реки Или. Капчагай, поверхность плато.	Попов М.Г.	27.V.1935
	Правый берег р. Или, ур. Ит-Джон, среди эфемерово-полынной пустыни.	Гвоздева Л.П.	23.V.1944
	Полынно-песчаная пустыня между Чу-Илийскими горами и Таукумами.	Казгипрозем	15.V.1947
	Пески Южного Прибалхашья. Или-Каратальский водораздел.	Гвоздева Л.П.	24.V.1948
	Левобережье низовьев р. Или, пески Таукумы, шлейфы грядовых бугристых песков.	Цаголова В.Г.	12.VI.1968
	Южное Прибалхашье. Пески Сары-Ишик-Отрау.	Лушпа О.У.	18.V.1969
	Прибалхашье. Полужакрепленные пески на правом берегу р. Или.	Лушпа О.У.	04.VI.1969
	Область: Алматинская. Район: Каратальский. В 2 км от пос. Наймансуй. 29 квартал Каратальского лесничества. Выс. 379 м. N 45 ° 40' 04.9 E 077° 18' 36.4	Рамазанова М.С.	05.V.2017
Бетпақдалинский	Северное Прибалхашье. Побережье залива Турангалык. Песчаный береговой вал.	Рубцов Н.И.	03.VI.1935
	Пустыня Бетпақ-Дала, пески близ колодца Уванас.	Рубцов Н.И.	15.V.1940
Мойынкумский	Луговая-Тараз. Южная окраина песков Муюн-Кумов между Луговой и Джамбулом. По закрепленным пескам.	Голоскоков В.П.	16.V.1963
	Джамбульская обл., Чуйский р-н. Мелкобугристые пески, понижение.	Казенас О.Д.	30.VI.1984
Приаральский	Приаральский стационар. Полынное сообщество, станция Чокусу.	Винтерголер Б.А.	27.V.1965
<b>4. <i>A. caspium</i> (Pall.) M. Bieb.</b>			

Приаральский	Остров Барса-Кельмес на Аральском море.	Назаров М.В.	1935
	Северное Приаралье, Кзыл-Ординская область, урочище Маймак, на песке.	Лушпа О.У.	24.V.1957
	Ю. часть М. Барсуков. Окраина.	Быков Б.А.	16.V.1967
Мойынкумский	Пески в низовьях р. Чу.	Рубцов Н.И.	14.V.1940
	Джамб. обл., пески по оз. Камкалы-куль по р. Чу.	Павлов Н.В.	13.VI.1940
Кызылординский	Кзыл-Ординск. обл., лев. берег р. Сыр-Дарьи, тер. колх. им. Кирова, на юго-западн. песчаных барханах.	Павлов Н.В.	13.V.1945
Балхаш-Алакульский	Алма-Атинская обл. Балхашский р-н. Нижняя дельта р. Или, 12 км к югу от поселка Карой. Бугристые пески, проток Арысталы.	Плисак Р.П.	1990
<b>5. <i>A. iliense</i> Regel</b>			
Балхаш-Алакульский	Левый берег р. Или вниз по течению в 30 км от ст. Или.	Кубанская З.В.	22.V.1936
	Правый берег Или вблизи железнодорожного моста по глинисто-песчаной равнине.	Голоскоков В.П.	21.V.1944
	Правобережье р. Или выше пос. Баканас, пески.	Гвоздева Л.	24.V.1944
	Шлейф гор в ур. Капчагай по левому берегу р. Или. Эфемеровая пустыня.	Фисюн В.В.	29.V.1947
	Прикаскеленские выровненные пески на с-з от 5-го Лаг. отд., на супесчаной глинистой почве.	Бирюкова О.П.	15.V.1948
	Прибалхашье. Полынно-глинистая равнина южнее песков Тау-Кумы.	Лушпа О.У.	04.VI.1949
	Юго-западная часть Джунгарского Алатау, Чингильды, подгорная равнина.	Голоскоков В.П.	27.V.1955
	Юго-западные отроги Джунгарского Алатау. Уроч. Кулан-тюбе в 12 км западнее Чингильды. На супесях.	Голоскоков В.П.	03.VI.1956
	Южное Прибалхашье. Глинисто-супесчаные участки между буграми Сары-Ишик-Отрау.	Лушпа О.У.	23.V.1969
	Алма-Атинская обл. Куртинский район; равнина. Почвы сероземы супесчаные.	Казенас О.Д.	25.V.1987
Мойынкумский	Закаратавская пустыня, полынно-бояльчевая равнина между р. Узень и Ак-сумбе.	Павлов Н.В.	12.V.1939

Примечание: приведенный в таблице текст является аутентичным указанному в этикетках.

## Результаты

Анализ данных этикеток просмотренных образцов свидетельствует о том, что распределение видов рода *Allium* в Арало–Балхашском регионе неравномерное.

Больше всего видов луков представлено в Балхаш–Алакульском, Мойынкумском, Бетпақдалинском районах – по 9 из 12 видов (75%), в Приаральском районе – 5 (42%), в Кызылординском – 2 (17%).

В результате сравнения данных о распространении представителей рода *Allium*, приводимых в литературных источниках с гербарными образцами Института ботаники и фитоинтродукции, для некоторых видов выявлены новые местонахождения в Арало–Балхашском регионе (таблица 2, выделено красным цветом). В то же время обнаружено, что по ряду изучаемых видов гербарные материалы из некоторых флористических районов (указываемых по «Флоре Казахстана») отсутствуют (таблица 2, выделено синим цветом).

Следует отметить, что самые значительные коллекционные сборы приходятся на советское время, а именно на до- и послевоенные годы исследований флоры Казахстана.

Таблица 2

Соответствие наличия гербарных материалов изучаемых видов данным литературных источников

№	Секция	Виды рода <i>Allium</i>	14. Приарал.	15. Кызыл-Орда	16. Бетпак.	17. Мойынкум.	18. Балхаш–Алак.
1	Haplostemon Boiss.	<i>A. margaritae</i>			+		
2		<i>A. inops</i>			+		–*
3		<i>A. delicatulum</i>			+	–*	
4		<i>A. pallasii</i>			+	–*	+
5		<i>A. scrobiculatum</i>			+		
6		<i>A. sabulosum</i>	+	+	+	+	+
7		<i>A. turkestanicum</i>			+	+	+
8	Porrum Don	<i>A. lehmannianum</i>		+	+		
9		<i>A. borszczowii</i>	+	–*	+	+	–*
10		<i>A. filidens</i>		+			
11	Molium Don	<i>A. decipiens</i>	+		+		+
12		<i>A. suworowii</i>				–*	+
13		<i>A. schubertii</i>	+	+	+	+	+
14		<i>A. caspium</i>	+	+		+	–*
15		<i>A. iliense</i>				+	+

+ – указание на наличие вида в данном флористическом районе, согласно сводке «Флора Казахстана» (1958), «Определитель Средней Азии» (1971).

\* – наличие гербарных образцов из данного флористического района в гербарных коллекциях (АА).



## Выводы

В результате скрининга гербарных образцов видов рода *Allium* L., наиболее широко представленных во флоре Арало-Балхашского региона, в Гербарии (АА) выявлено 95 листов хранения (период сборов 1908-2019), относящихся к 12 видам из 3 секций. Из общего количества просмотренных листов 3 гербарных образца принадлежат редкому, внесенному в Красную книгу Казахстана, виду – *Allium suworowii* Regel. Критический анализ данных, приводимых в гербарных этикетках, позволил выявить в Арало-Балхашском регионе новые местонахождения 6 видов рода для следующих флористических районов: 15. Кызылординский – *A. borszczowii*, 17. Мойынкумский – *A. suworowii*, *A. delicatulum*, *A. pallasi*, 18. Балхаш-Алакульский – *A. borszczowii*, *A. inops*, *A. caspium*.

Кроме того, не были найдены гербарные образцы 6 видов рода в гербарном фонде (АА), которые указывались по литературным данным для 15. Кызылординского – *A. turkestanicum*, *A. schubertii*, *A. lehmannianum*, *A. filidens*, 16. Бетпақдалинского – *A. margaritae*, *A. scrobiculatum*, 17. Мойынкумского – *A. turkestanicum*, 18. Балхаш-Алакульского – *A. turkestanicum* флористических районов.

Также обнаружено, что наибольшая представленность гербарных образцов изучаемых видов приходится на флористические районы: Бетпақдалинский – 23 и Балхаш-Алакульский – 40 листов, а наименьшая – Кызылординский (всего 3 образца). При этом оказалось, что самые значительные коллекционные сборы приходятся на советский период исследований флоры Казахстана.

**Финансирование.** Данная работа была выполнена в рамках грантового проекта АР09258929 «Перспективы использования корреляции между составом антропофильного элемента флоры пустынной части долины р. Сырдарья и типом нарушенности земель в прогнозных целях» (2021–2023) (руководитель: к.б.н., Веселова П.В.).

## Список литературы

1. Herden T., Hanelt P., Friesen N. Phylogeny of *Allium* L. subgenus *Anguinum* (G. Don. ex WDJ Koch) N. Friesen (Amaryllidaceae) // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2016. – Vol. 95. – P. 79-93. DOI: 10.1016/j.ympev.2015.11.004.
2. Введенский А.И. Лук – *Allium* L. / Флора СССР. – Ленинград: Изд-во АН СССР, 1935. – 112-236 с.
3. Павлов П.В. Лук – *Allium* L. // Флора Центрального Казахстана. – Кызылорда: Изд-во АН КазССР, 1928. – 149-159 с.
4. Павлов Н.В., Поляков П.П. Род *Allium* L. // Флора Казахстана / под ред. Н.В. Павлова. – Алма-Ата: АН КазССР, 1958. – 134-193 с.
5. Байтенов М.С. Флора Казахстана – Т. 2. Родовой комплекс флоры. – Алматы: Ғылым, 2001. – 52 с.
6. Рачковская Е.И., Храмцов В.Н. Пустынная растительность // Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). – Санкт-Петербург, 2003. – 20-28 с.
7. Лавренко Е.М. Провинциальное разделение Центральноазиатской и Ирано-Туранской подобластей Афро-Азиатской пустынной области // Бот. Журнал. – 1965. – Т. 50. – №1. – С. 3-15.
8. Цаголова В.Г. Лук – *Allium* L. // Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1969. – 149-159 с.
9. Введенский А.И. *Allium* L. – Лук // Определитель растений Средней Азии. – Т. II. – Ташкент: изд-во «ФАН» УзССР, 1972. – 76-87 с.
10. Государственный кадастр растений Жамбылской области. – Алматы, 2007. – 517 с.
11. Государственный кадастр растений Кызылординской области. – Алматы, 2013. – 386 с.
12. Красная книга Казахстана: растения. – Астана: Art Print XXI LLP, 2014. – 452 с.
13. Гвоздева Л.П. Растительность и кормовые ресурсы пустыни Сары-Ишик-Отрау. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960. – 200 с.

14. Курочкина Л.Я. Псаммофильная растительность пустынь Казахстана. – Алма-Ата: Наука, КазССР, 1978. – 253 с.
15. Байбулов А.Б. Оценка современного состояния растительности долины и дельты реки Сырдарья и использованием ГИС технологий. Диссертация на соиск. ... канд. биол. наук. – Алматы, 2009. – 131 с.
16. Камелин Р.В. Флора пестроцветных обнажений Средней Азии (краткий анализ и вопросы генезиса) // *Turczaniowia*. – 2017. – Т. 20. – №. 4. – С. 125-151.
17. Куприянов А.Н. Конспект флоры Казахского мелкосопочника. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2020. – 386 с.
18. Plants of the World online [Электронный ресурс] – URL: <https://powo.science.kew.org/> (дата обращения: 20.01.2023).
19. «Плантариум». [Электронный ресурс] – URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 20.01.2023).
20. Friesen N., Grützmaier L., Skaptsov M., Vesselova P., Dorofeyev V., Lufarov A.N., Turdumatova N., Lazkov G., Smirnov S.V., Shmakov A.I. et al. *Allium pallasii* and *A. caricifolium*—Surprisingly Diverse Old Steppe Species, Showing a Clear Geographical Barrier in the Area of Lake Zaysan. *Plants*. – 2022. – Vol. 11. – P. 1465. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11111465>.
21. Choi H.J., Oh B.U. A partial revision of *Allium* (Amaryllidaceae) in Korea and northeastern China. *Botanical Journal of the Linnean Society*. – 2011. – Vol. 167. – P. 153-211. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2011.01166.x>.
22. Friesen N., Smirnov S.V., Leweke M., Seregin A.P., Fritsch R.M. Taxonomy and Phylogeny of *Allium* section *Decipientia* (Amaryllidaceae): Morphological characters do not reflect the evolutionary history verified by molecular markers // *Bot. J. Linn. Soc.* – 2021. – Vol. 197(2). – P. 190-228. DOI: 10.1093/botlinnean/boab023.
23. Абдилданов Д.Ш., Кудабаева Г.М., Курманбаева М.С., Курбатова Н.В. Анатомическое строение псаммофитных видов рода *Allium* L. долины реки Сырдарья // Инновационные научные исследования. – 2022. – № 3-1(17). – С. 23-33.
24. Веселова П.В., Кудабаева Г.М., Осмонали Б.Б., Абдилданов Д.Ш., Усен С. К видовому составу псаммофитных сообществ флоры долины р. Сырдарья // Интродукция, сохранение биоразнообразия и зеленое строительство в условиях изменяющегося климата и антропогенного воздействия (Сборник научных статей). – Актау, 2022. – 112-117 с.
25. Абдилданов Д.Ш. Сравнительный анализ анатомического строения *Allium caspium* (Pall.) M. Bieb. и *A. sabulosum* Steven ex Bunge (долина реки Сырдарья) // Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2022. – С. 4.

Д.Ш. Абдилданов<sup>1,2</sup>, П.В. Веселова<sup>1</sup>, Г.М. Кудабаева<sup>1</sup>, М.С. Курманбаева<sup>2</sup>, А.С. Абаи<sup>3</sup>,  
К.С. Избастина<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>Д.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<sup>4</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан

<sup>5</sup>Ботаника және фитоинтродукция институты ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы»,  
Астана, Қазақстан

### ***Allium* L. туыс түрлерінің гербарийдегі (АА) ұсынылуын Арал-Балқаш флоралық аймағы бойынша анализдеу**

**Аңдатпа.** *Allium* L. туысы Қазақстан флорасында түрлері кеңінен таралған. Экологиялық ауқымы бойынша туыс түрлері альпілік, субальпілік белдеуден басталып шөлге дейін қамтиды. Бұл туыс түрлері морфологиялық алуантүрлілігімен ерекшеленеді, соның негізінде оларды анықтау қиынға соғады. Қазіргі мәліметтер бойынша, Арал-Балқаш аумағында, Қазақстан бойынша 140 түрден 25 (18%) түрі кездеседі. Зерттеудің мақсаты *Allium* L. туысының 3 секцияға (*Harlostemon* Boiss. – 7; *Pogon* Don – 3, *Molium* Don – 5) жататын 15 түрдің коллекциялық қорын, Арал-Балқаш флоралық аумағында кеңінен көрсетілген түрлерін, Ботаника және фитоинтродукция институтында (АА) зерттеу. Анализ нәтижесінде гербарий қорында сақталған *Allium* L. туысының зерттеліп жатқан территориядан 12 түрдің таралу жері анықталды, оның бір түрі Қазақстанның Қызыл

кітабына енген. Сонымен қатар, гербариде (АА) (Алматы қ. Қазақстан) ұсынылған Арал-Балхаш аумағында таралған түрлердің тізімі жасалды. Арал-Балқаш аумағы бойынша Гербарий қорында, коллекциялардың көп түрлері Бетпақдала, Мойынқұм, Балхаш-Алакол Қазақстан флористикалық аудандарында көрсетіледі.

**Түйін сөздер:** *Allium* L. туысы, Арал-Балқаш ауданы, Гербарий (АА), ұсынылуы, түрлер таралуы, флористикалық аудандар.

**D.Sh. Abdildanov<sup>1,2</sup>, P.V. Vesselova<sup>1</sup>, G.M. Kudabayeva<sup>1</sup>, M.S. Kurmanbayeva<sup>2</sup>, A.S. Abash<sup>3</sup>, K.S. Izbastina<sup>4,5</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

<sup>3</sup>*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

<sup>4</sup>*S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan*

<sup>5</sup>*Astana Botanical Garden – Branch of Institute of Botany and Phytointroduction, Astana, Kazakhstan*

### **Analysis of the representation of species of the genus *Allium* L. flora of Aral-Balkhash region in the Herbarium (AA)**

**Abstract.** The genus *Allium* L. has a large number of representatives in the flora of Kazakhstan. The ecological range of species of the genus extends from the alpine and subalpine belts to deserts. Species of this genus are characterized by a variety of morphological characteristics, which creates difficulties in their identification. according to modern data, 25% (18%) of the 140 onions growing in Kazakhstan have been found in Aral-Balkhash region. The purpose of the research was to critically study the collection materials of 15 species of the genus *Allium* from 3 sections (*Haplostemon* Boiss. – 7; *Porrurum* Don – 3, *Molium* Don – 5), that were the most widely represented in the flora of the Aral-Balkhash region, stored in the Herbarium Fund of the Institute of Botany and Phytointroduction (AA). As a result of the herbarium specimens analysis, the locations of only 12 species of the genus *Allium*, given for the territory of the country, were revealed, one of which is included in the Red Book of Kazakhstan. As a result of the research, an annotated list of *Allium* species of Aral-Balkhash region presented in the Herbarium (AA) (Almaty, Kazakhstan) has been formed. It has been shown that the largest number of samples preserved in the collection falls on Betpakdaly, Moyinkum, Balkhash-Alakol floristic regions of Kazakhstan.

**Keywords:** genus *Allium* L., Aral-Balkhash region, Herbarium (AA), representation, distribution of species, floristic region.

### **References**

1. Herden T., Hanelt P., Friesen N. Phylogeny of *Allium* L. subgenus *Anguinum* (G. Don. ex WDJ Koch) N. Friesen (Amaryllidaceae), *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 95, 79-93 (2016). DOI: 10.1016/j.ympev.2015.11.004.
2. Vvedenskij A.I. Luk – *Allium* L. Flora SSSR [Onion - *Allium* L. Flora of the USSR] (Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1935, 112-236 s.) [Leningrad: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1935, 112-236 p.]. [in Russian]
3. Pavlov P.V. Luk – *Allium* L. Flora Central'nogo Kazahstana [Onion - *Allium* L. Flora of Central Kazakhstan] (Kyzylorda: Izd-vo AN KazSSR, 1928, 149-159 s.) [Kyzylorda: Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1928, 149-159 p.]. [in Russian]
4. Pavlov N.V., Polyakov P.P. Rod *Allium* L. Flora Kazahstana [The genus *Allium* L. Flora of Kazakhstan] (Alma-Ata: AN KazSSR, 1958, 134-193 s.). [in Russian]
5. Bajtenov M.S. Flora Kazahstana – T. 2. Rodovoj kompleks flory [Flora of Kazakhstan - T. 2. Generic complex of flora] (Almaty: Gylym, 2001, 52 s.). [in Russian]
6. Rachkovskaya E.I., Hramcov V.N. Pustynnaya rastitel'nost'. Botanicheskaya geografiya Kazahstana i Srednej Azii (v predelah pustynnoj oblasti) [Desert vegetation. Botanical geography of Kazakhstan and Central Asia (within the desert region)] (Sankt-Peterburg, 2003, 20-28 s.) [St. Petersburg, 2003, 20-28 p.]. [in Russian]
7. Лавренко Е.М. Провинциальное разделение Центральноазиатской и Ирано-Туранской подобластей Афро-Азиатской пустынной области // Бот. Журнал. 50(1), 3-15 (1965). [in Russian]

8. Cagolova V.G. Luk – Allium L. Ilyustrirovannyj opredelitel' rastenij Kazahstana [Onion - Allium L. Illustrated guide to plants of Kazakhstan] (Alma-Ata: Izd-vo AN KazSSR, 1969, 149-159 s.) [Alma-Ata: Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1969, 149-159 p.]. [in Russian]
9. Vvedenskij A.I. Allium L. – Luk. Opredelitel' rastenij Srednej Azii. – T. II [Allium L. - Onion. Key to plants of Central Asia. - T. II.] (Tashkent: izd-vo «FAN» UzSSR, 1972, 76-87 s.) [Tashkent: publishing house "FAN" UzSSR, 1972, 76-87 p.]. [in Russian]
10. Gosudarstvennyj kadastr rastenij ZHambyl'skoj oblasti [State cadastre of plants of the Zhambyl region] (Almaty, 2007, 517 s.). [in Russian]
11. Gosudarstvennyj kadastr rastenij Kyzylordinskoj oblasti [State cadastre of plants of the Kyzylorda region] (Almaty, 2013, 386 s.). [in Russian]
12. Krasnaya kniga Kazahstana: rasteniya [Red Book of Kazakhstan: plants] (Astana: Art Print XXI LLP, 2014, 452 s. [in Russian]
13. Gvozdeva L.P. Rastitel'nost' i kormovye resursy pustyni Sary-Ishik-Otrau [Vegetation and food resources of the Sary-Ishik-Otrau desert] (Alma-Ata: Izd-vo AN KazSSR, 1960, 200 s.) [Alma-Ata: Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1960, 200 p.]. [in Russian]
14. Kurochkina L.YA. Psammofil'naya rastitel'nost' pustyn' Kazahstana [Psammophilous vegetation of the deserts of Kazakhstan] (Alma-Ata: Nauka, KazSSR, 1978, 253 s.) [Alma-Ata: Science, KazSSR, 1978, 253 p.]. [in Russian]
15. Bajbulov A.B. Ocenka sovremennogo sostoyaniya rastitel'nosti doliny i del'ty reki Syrdar'i i ispol'zovaniem GIS tekhnologij. Dissertaciya na soisk. ... kand. biol. Nauk [Assessment of the current state of vegetation in the valley and delta of the Syrdarya River using GIS technologies. Dissertation for the competition. ... cand. biol. sciences] (Almaty, 2009, 131 s.). [in Russian]
16. Kamelin R.V. Flora pestrocvetnyh obnazhenij Srednej Azii (kratkij analiz i voprosy genezisa), Turczaninowia [Flora of variegated outcrops of Central Asia (brief analysis and questions of genesis), Turczaninowia], 20(4), 125-151 (2017). [in Russian]
17. Kupriyanov A.N. Konspekt flory Kazahskogo melkosopochnika [Synopsis of the flora of the Kazakh uplands] (Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo «Geo», 2020, 386 s.) [Novosibirsk: Academic publishing house "Geo", 2020, 386 p.]. [in Russian]
18. Plants of the World online [Electronic resource] – Available at: <https://powo.science.kew.org/> (Accessed: 20.01.2023).
19. «Plantarium» ["Plantarium"]. [Electronic resource] – Available at: <https://www.plantarium.ru/> (Accessed: 20.01.2023). [in Russian]
20. Friesen N., Grützmacher L., Skaptsov M., Vesselova P., Dorofeyev V., Luferov A.N., Turdumatova N., Lazkov G., Smirnov S.V., Shmakov A.I. et al. *Allium pallasii* and *A. caricifolium*-Surprisingly Diverse Old Steppe Species, Showing a Clear Geographical Barrier in the Area of Lake Zaysan. *Plants*, 11, 1465 (2022). DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11111465>.
21. Choi H.J., Oh B.U. A partial revision of *Allium* (Amaryllidaceae) in Korea and northeastern China. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 167, 153-211 (2011). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2011.01166.x>.
22. Friesen N., Smirnov S.V., Leweke M., Seregin A.P., Fritsch R.M. Taxonomy and Phylogeny of *Allium* section *Decipientia* (Amaryllidaceae): Morphological characters do not reflect the evolutionary history verified by molecular markers, *Bot. J. Linn. Soc.*, 197(2), 190-228 (2021). DOI: 10.1093/botlinnean/boab023.
23. Abdil'danov D.SH., Kudabaeva G.M., Kurmanbaeva M.S., Kurbatova N.V. Anatomicheskoe stroenie psammofitnyh vidov roda *Allium* L. doliny reki Syrdar'i, Innovacionnye nauchnye issledovaniya [Anatomical structure of psammophytic species of the genus *Allium* L. in the Syrdarya river valley, Innovative scientific research], 3-1(17), 23-33 (2022). [in Russian]
24. Veselova P.V., Kudabaeva G.M., Osmonali B.B., Abdildanov D.SH., Usen S. K vidovomu sostavu psammofitnyh soobshchestv flory doliny r. Syrdar'i. Introdukcija, sohranenie bioraznoobraziya i zelenoe stroitel'stvo v usloviyah izmenyayushchegosya klimata i antropogennogo vozdejstviya (Sbornik nauchnyj statej) [On the species composition of psammophyte communities of the flora of the valley of the river. Syrdarya. Introduction, biodiversity conservation and green building in a changing climate and anthropogenic impact (Collection of scientific articles)] (Aktau, 2022, 112-117 s.). [in Russian]
25. Abdildanov D.SH. Sravnitel'nyj analiz anatomicheskogo stroeniya *Allium caspium* (Pall.) M. Bieb. i *A. sabulosum* Steven ex Bunge (dolina reki Syrdar'i). Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya studentov i molodyh uchenyh «Farabi alemi», Almaty [Comparative analysis of the anatomical structure of *Allium caspium* (Pall.) M. Bieb. and *A. sabulosum* Steven ex Bunge (valley of the Syrdarya river) // International scientific conference of students and young scientists "Farabi alemi", Almaty], 4 (2022). [in Russian]



### Сведения об авторах:

**Абдилданов Д.Ш.** – магистрант, кафедра биоразнообразия и биоресурсов, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Тимирязева, 71, Алматы, Казахстан; лаборатория Флоры высших растений, Институт ботаники и фитоинтродукции, Тимирязева, 36 Д, Алматы, Казахстан.

**Веселова П.В.** – кандидат биологических наук, лаборатория Флоры высших растений, Институт ботаники и фитоинтродукции, Тимирязева, 36 Д, Алматы, Казахстан.

**Кудабаяева Г.М.** – кандидат биологических наук, лаборатория Флоры высших растений, Институт ботаники и фитоинтродукции, Тимирязева, 36 Д, Алматы, Казахстан.

**Курманбаева М.С.** – доктор биологических наук, кафедра биоразнообразия и биоресурсов, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Тимирязева, 71, Алматы, Казахстан.

**Абаши А.С.** – магистр естественных наук, кафедра биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Сатбаева, 2, Астана, Казахстан.

**Избастина К.С.** – PhD, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Женис, 62, Астана, Казахстан; Астанинский ботанический сад – филиал РГП на ПХВ Института ботаники и фитоинтродукции, Орынбор, 16, Астана, Казахстан.

**Abdildanov D.Sh.** – Master's student of the first year of Geobotany, Department of Biodiversity and Bioresources, Faculty of Biology and Biotechnology of Al-Farabi Kazakh National University, Laboratory Assistant of the Laboratory of Flora and Higher Plants of the Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan.

**Vesselova P.V.** – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Flora and Higher Plants of the Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan.

**Kudabayeva G.M.** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Flora and Higher Plants of the Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan.

**Kurmanbayeva M.S.** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biodiversity and Bioresources, Faculty of Biology and Biotechnology of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

**Abash A.S.** – Master of Science, Senior Lecturer at the Department of Biotechnology and Microbiology of L.N. Gumilyov Eurasian National University.

**Izbastina K.S.** – PhD, Acting Associate Professor of S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan; Senior Researcher of Astana Botanical Garden – branch of Institute of Botany and Phytointroduction, 16 Orynbor st., Astana, Kazakhstan.



A.M. Argynbayeva<sup>1,2</sup>, D.L. Daurov<sup>1</sup>, Z.B. Sapakhova<sup>1</sup>,  
K.Zh. Zhambakin<sup>1</sup>, M.Kh. Shamekova<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>RSE on REM "Institute of Biology and Biotechnology of Plants", Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

\*Corresponding author: shamekov@gmail.com

## Potato viruses in Kazakhstan and methods for obtaining virus-free seed material

---

**Abstract.** Potato (*Solanum tuberosum* L.) is a staple food worldwide, including in Kazakhstan. The potato yield in 2021 in the country was only 20 tonnes per ha, which is a rather low indicator. One of the main reasons for the insufficient yield of potatoes in Kazakhstan is the low quality of seed material, and the main requirement for high-quality seed material is the absence of viral diseases. Viral diseases in crops are a major impediment to sustainable potato production, as they cause large losses in crop quantity and quality. To date, 40 viral potato diseases have been discovered worldwide. Depending on the infection of viral diseases, the yield can be reduced by up to 90% in crop production. In this review, we discuss in detail the current state of potato viral diseases in Kazakhstan and characterise the most common potato viruses in the country, including potato virus M (PVM), potato virus (PVS), potato virus X (PVX), potato virus Y (PVY) and potato leafroll virus (PLRV). To ensure food security of the country and prevent the spread of infection with viral diseases, popular methods (ELISA, RT-PCR and detection of specific types of targets using microarrays) for the early detection of potato plant viruses in seed and field material are considered. For the mass production of virus-free potato plant material, the use of temporary immersion bioreactors is discussed, as well as the use of modern genetic engineering methods to obtain plant varieties resistant to the most common viral diseases.

**Keywords:** potato, viruses, PVM, PVS, PVX, PVY, PLRV.

DOI: 10.32523/2616-7034-2023-144-3-54-68

---

### Introduction

With the growth of world trade, the possibility of migrating viruses, especially potato viruses, increases every day. To successfully combat potato viral diseases, constant monitoring of seed and plant materials is necessary. These activities are necessary to understand the current situation and assess the degree of development and spread of pathogens in the country. Additionally, such a procedure will allow assessment of the degree of viral infection in cultivation areas.

Viral diseases of potatoes in Kazakhstan pose a significant danger to the preservation of sowing quality and yield. Viruses cause a number of general symptoms in the aboveground parts of affected plants. This, as a rule, is a general suppression of the plant, twisting, wrinkling or spotting (mosaic) of the leaves. Symptoms may be typical of a particular virus, but to a greater extent, different viruses can cause similar symptoms. Moreover, different varieties of potatoes may react differently to infection with the same virus. In some cases, viral infections are asymptomatic. The production and certification of seed potatoes requires the complete absence of viruses in the source material and, if possible, the maintenance of the virus-free status of the plants when they are propagated. New molecular technologies are likely to benefit resistance

breeding in the future, as they promise to shorten the selection process by introducing desired traits, including virus resistance, more quickly and cost effectively.

### **Viral diseases of potatoes in Kazakhstan**

Potato growing is one of the most important branches of agriculture in Kazakhstan. Due to its natural and climatic conditions, the republic has great potential to produce potatoes and a great export potential. Potato production in the country is growing every year. In 2021, 20.7 thousand ha were occupied by potatoes, while the gross harvest amounted to 4031.6 thousand tonnes [1]. However, low productivity remains the main problem. Thus, the yield in 2021 in the republic was only 20 tonnes per ha [1], which is a rather low figure. One of the main reasons for the insufficient yield of potatoes in Kazakhstan is the low quality of seed material, and the main requirement for high-quality seed material is the absence of viral diseases.

There are about 40 types of viral diseases to which potatoes are susceptible [2; 3; 4]. The main viral diseases of potato in Kazakhstan are potato virus Y (PVY), potato virus X (PVX), potato virus M (PVM), potato virus S (PVS) and potato leafroll virus (PLRV). The spread and control of viral diseases in potatoes is one of the most important and acute problems in potato seed production worldwide [5; 6; 7; 8]. Depending on infection by viral diseases, the yield drops to 90% in industrial crops [9]. In north Kazakhstan, infection with various combinations of PVX, PVM and PVS ranged from 95–99%, leaf curl from 30%, necrosis virus PSTVd (potato spindle tuber viroid) from 27%, and wrinkled mosaic from 16%. Kokshetau region is characterised by weak lesions from solanaceous viral diseases (0.2–12%), among them predominantly speckled mosaic [10]. In the southern region of the republic, potatoes are affected by the following viral diseases: wrinkled, striped, mottled mosaic, leafroll and necrosis [10; 11]. Most seed farms purchase seeds of dubious quality without examining them for the presence of virus contamination. This further leads to the accumulation of infection both in the soil and in the tubers of the new crop, so special attention should be given to the dynamics of the accumulation and spread of viral pathogens. At the same time, if potatoes are heavily infected with complex viruses, losses during long-term storage increase sharply. As a rule, it is impossible to visually determine whether the seed material is infected; therefore, it is necessary to check potatoes for viruses in specialised laboratories before planting and after harvesting.

Information on the current situation of infection with viral diseases in potatoes in Kazakhstan is very limited. Studies have mainly been carried out in local areas and have characterised the situation in individual regions. The cultivation area of potatoes in the Republic of Kazakhstan for 2021 amounted to 195.8 thousand / ha, while the gross harvest: 4031.6 tons / ha, and potato yield was 207.4 cents / ha [1]. Recently conducted research on monitoring large seed and commodity farms in the republic revealed that the most common viruses in almost all regions were PVM and PVS. Moreover, most of the viruses came from commercial farms. As a result of the analysis of plants selected in the fields, the most common viruses in the regions were PVM (46%) and PVS (35.3%) [12]. In the northern regions of Kazakhstan, infection with PVS varies from 11 to 30%. Pavlodar and Zhambyl regions were the cleanest ones, and infection with PVS was not detected. PVM was detected in Akmola and Almaty regions within 19 and 27%, respectively. In Aktobe and Pavlodar regions, infection with PVM was not detected. The only region for infection with PVX was Pavlodar region (3%). When analysing samples in Karaganda region, as well as in the seed material, infection with PLRV was 3%, which is rare within the country.

In another study on the spread of PVY in various regions of Kazakhstan, the highest infection was found in southern Kazakhstan (55%), followed by eastern Kazakhstan (42%), northern Kazakhstan (39%) and central Kazakhstan (28%). The lowest infestation of viral diseases was established in western Kazakhstan (17%) [13]. The most common virus is PVM, as studies conducted on the territory of Almaty and Kostanay regions showed. The presence of PVM (84.03 and 80.84%), PVS (46.11 and 36.97%), PVY (24.37 and 5.99%) and PVX (2.52 and 2.99%) has been evaluated in Almaty and Kostanay regions, respectively. PLRV has not been detected in

these regions [14]. The presented studies were carried out only in the local territories of the Experimental and production farms of research institutes of the Ministry of Agriculture.

### **Characteristics of the main viruses prevalent in Kazakhstan**

*Potato virus X.* PVX belongs to the *Potexvirus* group and is present worldwide in potato-growing areas [15]. PVX is one of the viruses causing mosaic in almost all potato varieties. A plant infected with PVX alone is often asymptomatic. Infection symptoms appear if the plant is also infected with other viruses, particularly PVY or PVA. PVX has a simple filamentous flexible structure about 500 nm long and 15 nm wide. The virion has a helical assembly and a deeply furrowed, highly hydrated surface [16]. It consists of a single-stranded RNA genome with a positive sense strand of approximately 6.4 tpb, wrapped with approximately 1300 single-coated protein (CP) units and 8.9 CP units per helix turn [18]. PVX causes yield losses of about 10–40% in single infections and is especially dangerous when combined with PVY or PVA. This is due to its synergism with both potyviruses, resulting in a loss of tuber yield of up to 80% [19].

PVX is transmitted by infected potato plants mainly through contact. Predominantly mechanically, in contact with plants subjected to friction (wind, technology, people, animals, etc.). In practice, most infections are transmitted by agricultural machinery, such as sprayers or tractors passing through crops. In fact, PVX is highly contagious upon contact, as it is highly concentrated in plant tissues and its stability in sap is quite long [20]. Often, there are no symptoms of plants infected with this virus. Symptoms range from mild yellow–green mottling to severe plant mottling with leaf roughness. Spotting is more noticeable after a few days of cloudy weather and may almost disappear after a few days of sunshine. Plants may be stunted and have small leaves. In some cases, the tops of plants may die.

*Potato virus Y.* PVY is the type species of the genus *Potyvirus*, family Potyviridae, the second largest family of plant viruses. PVY is the most economically important and one of the oldest viruses infecting potatoes worldwide, affecting both yield and tuber quality [21; 22]. PVY has a filamentous and tortuous shape with a single-stranded RNA genome with a size of approximately 9.7 kb [23]. Like all potyviruses, the PVY genome has a poly(A) tail at the 3' end and a covalently linked VPg protein at the 5' end; both terminal structures are involved in genome protection and genome replication, as well as in the regulation of genome expression [24; 25]. The PVY virion is about 730 nm long and 11 nm wide [26]. Several strains of PVY exist and are one of the most economically important potato pathogens [27]. The first strains recognised were O (ordinary), N (necrotic) and C (common). These strains are characterised by biological properties and symptoms in potato hosts carrying strain-specific resistance genes (hypersensitive (HR) or N genes) [28]. Symptoms range from mild to severe mottling on most hosts to banding resulting from long necrotic lesions along the veins on the underside of the leaflets of some potato varieties. Various varieties have hypersensitive reactions to PVY. This results in the rapid death of the infected area and a small dead area around the infection. Due to hypersensitivity, the leaves of the plant can become deformed and brittle, often taking on a wrinkled and rough appearance. Coexisting with PVX, PVY causes a 'wrinkled mosaic' in which plants become dwarfed and tubers shrink. Symptoms on plants are expressed depending on the strains of the virus and the potato variety; sometimes, they differ greatly from each other.

PVY accumulates in all studied tissues of leaves and stems, in shoot tips, roots and tubers; however, the level of virus accumulation is specific to each organ or tissue. The highest amount of viral RNA and viral particles has been found in symptomatic leaves and stems [29]. PVY is transmitted mainly by aphids. It is also mechanically transmitted, and in potatoes, PVY can be vegetatively transmitted through potato tubers. In the case of a single infection with PVY, the yield can be reduced by up to 40%, and in combination with PVX or PLRV viruses, losses can reach up to 80%. The virus can accumulate in tubers and, from year to year, further reduce the yield of the plant.

*Potato virus M.* PVM is a well-characterised virus of the *Carlavirus* genus of the Betaflexiviridae family [30]. The virus has a single-stranded polyadenylated genomic RNA of 8.5 kb [31]. PVM is

not known to be transmitted by pollen or seeds. It is transmitted vegetatively (through tubers) and can be transmitted mechanically, for example, by contaminated tools and wounds [30]. PVM is relatively uncommon in most countries and, similar to PVS, generally causes only minor yield losses in tubers, with the exception of mixed infection caused by PVX or other viruses [32].

PVM can cause a 10-40% reduction in potato yields, and in some regions, potato varieties can be 100% infected. The virus is transmitted non-persistently by aphids and by mechanical inoculation with the juice of young leaves. PVM causes mottling, mosaic, wrinkling and curling of leaves and stunting of shoots. The symptoms of infection in potato plants caused by PVM infection are similar to those caused by several other common potato viruses, including PVS, PVX and the common strain of PVY. The severity of symptoms varies greatly depending on the combination of potato cultivars and PVM isolates [31].

*Potato virus S.* About 57 viruses infect potato varieties, and PVS of the Betaflexiviridae family, genus *Carlavirus*, is one of the most widespread viruses in the world. It often causes mild symptoms or infects potato plants without causing symptoms; however, more severe symptoms develop after infection with virulent strains, which are less common. When present alone, PVS reduces the size of tubers, and although the yield losses it causes are usually minor, they can be as high as 20% [33]. PVS is rarely transmitted by pollen or seeds. It is mainly transmitted vegetatively (through tubers) and can be transmitted mechanically, such as by contaminated tools and wounds. There are two different strains of the virus, PVS<sub>o</sub> and PVS<sub>a</sub>, which have about 81% similarity to each other, and they do not have significant differences in the methods of distribution [34; 35]. PVS is filamentous and has a single-stranded genomic RNA of 8.5 kb.

In many potato varieties grown around the world, PVS is asymptomatic or causes mild symptoms; therefore, it is called a latent virus [36]. However, its incidence can reach 100% in a crop or region due to efficient mechanical transmission or through seed tubers and aphids. Despite the latency of this virus, it has been estimated that it can cause potato yield losses ranging from 10 to 20%.

*Potato leafroll virus.* PLRV, belonging to the genus *Polerovirus* and the family Luteoviridae, is a widespread potato virus worldwide and is responsible for up to 90% crop loss worldwide [37]. The virus is found on all continents except Antarctica. With a single infection with the leafroll virus, potato yield is reduced by 20 to 60%. However, the virus is more common in synergy with other viruses, including PVY and/or PVX. PLRV has a single-stranded genomic RNA of approximately 5.8 kb. Being the most harmful potato pathogen, strain similarity can be 97–98%. The only carrier of the virus is the aphid *Myzus persicae*. It multiplies widely in phloem tissues, and disease symptoms reflect this [38]. Since the potato is a vegetatively propagated crop, once infected with viruses, it can easily spread in tubers (planting material). These viruses are found singly or in most cases as mixed infections in potato crops. Tubers used for planting in the next season may contain latent viruses, which subsequently reduce plant germination and yield [39].

The initial symptoms, which appear within a year after infection, are often mild and may go unnoticed. Upper leaves may develop a slight curl and a red-orange tint. Secondary symptoms vary; the lower leaves may curl, and the leaves themselves are dry and brittle and feel like paper. The plant shows slight yellowing and upturning of the upper leaves. Depending on the variety and conditions, plant growth may be slightly reduced or severely halted.

### Methods for the detection of potato viral diseases

There are technologies that allow detection and identification of viral diseases at an early stage in seed and field material. Recently, serological methods have been widely used to detect and identify various potato viral diseases. In particular, the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) is widely used for this purpose. However, the use of the enzyme-linked immunosorbent assay has sensitivity and specificity limitations. For more effective detection of viral diseases, polymerase chain reaction and reverse transcription (RT-PCR) assays are used, which have the advantage of being more sensitive, specific and accurate [40; 41]. Simplex RT-PCR can detect only one virus at a time; for the detection of a complex viral disease, multiplex RT-PCR is used,



which is more efficient and takes a minimum amount of time compared to simplex RT-PCR [42]. One reaction uses several pairs of primers to detect potato viral diseases. In addition to PCR and ELISA, technologies are currently focused on the detection of specific types of targets. Thus, the use of microchips makes it possible to simultaneously detect several of the most common potato viruses (PVY, PVX, PVA, PVS) with up to 80–90% identity [11; 43]. The advantage of this method is its detection at the level of internal variability found in the genomes of RNA viruses.

### **Temporary immersion bioreactors for mass production of virus-free seed**

Currently, to obtain virus-free potato plant material, a bioreactor system is used that allows mass production of pathogen-free plant material. In bioreactors, agar is not used, and the liquid medium is used as a very thin layer instead of immersing the plant material. At the same time, many relatively small vessels are used that are manually assembled from various inexpensive parts. Mass production of plant material in bioreactors is usually carried out in liquid cultures using various systems [44; 45]. The use of liquid cultures in comparison with solid and semi-solid cultures leads to an increase in the length of shoots, an increase in the number of internodes, and the ability to obtain microtubers from all plant nodes [46; 47].

Cultivation in liquid culture results in better growth since a larger area of the explants is in contact with the medium. However, there are disadvantages to using liquid cultures, such as the high cost of traditional bioreactor equipment and hyperhydricity because of poor gas exchange, as the explants are continuously immersed in the medium [48; 49]. Several methods have been tested for the production of microtubers in bioreactors: flat liquid cultures [50], temporary immersion in liquid cultures [45], including the tidal flow method in glass fermenters [51], the Rita® system [52] and the dual glass vessels [46].

Potato microtubers have been produced in large vessel bioreactors connected to a temporary immersion system (TIS), which is often used in a two-stream system [46; 49]. The idea is that the liquid medium is only in contact with the plant material for a short period of time to avoid hyperhydricity, lack of oxygen and other problems that are usually associated with liquid cultures. TISs consist of two vessels, one of which contains plant material connected to the other, which contains a growth medium. Typically, a pump transfers the liquid to a vessel containing plant material. The dive time and duration can be controlled. In addition, a two-vessel system is designed so that the vessels can be large. However, as the size of the vessels increases, the culture material becomes vulnerable to contamination. At present, several prototypes of simple and efficient TIS bioreactors have been developed [45; 46; 53]. Thus, in one of the bioreactors, 2.6 microtubers per explant were obtained, with a total number of 390 microtubers per 10-L bioreactor [45]. In another case, 229 tubers were obtained from 80 explants per 600 mL of medium in a 5-L bioreactor [54], while Piao et al. reported 80 microtubers from 50 explants per 1.5 L of MS medium in a 10-L TIS bioreactor [45]. Another factor to consider in a bioreactor microtuber culture study is the size of the tubers. There are different opinions regarding the optimal size of microtubers for storage; their range varies from 0.1–0.2 g [55; 56]. Microtubers larger than 1.1 g are optimal for direct planting in the field [45].

In addition to large glass vessels, TIS can also be made in small, inexpensive plastic containers. Commercial TIS, such as the product Rita®, uses transparent polysulfone vessels. Theisson and Alvard tested the Rita® system and obtained 48–90 microtubers per vessel within 10 weeks [52]. They received a maximum of three microtubers per node, depending on the potato variety. Most of the microtubers were larger than 0.5 g, but they were not tested in the field [56]. Another TIS, a system using small plastic containers called Plantima®, is affordable and has also been tested for tuber formation of *Dioscorea* sp. [57]. Core fermenters resemble TIS because they use two vessels where the plant material is stored in one and the nutrient solution remains mostly in another separate vessel. Akita and Ohta previously used air-fed fermentation jars [51]. In such fermenters, the aeration of cultures was obtained by aerosol spraying from the bottom of the jar. In these bioreactors using this semi-continuous surface control technique, 500 to 960 tubers were obtained from 100 explants in 10-L fermenters containing 6 L of nutrient solution [51].



Yu et al. developed an inexpensive bioreactor that used rotating plastic vessels with closed lids. In these bioreactors, microtubers larger than 1 g were obtained in 40% of explants, while 100 microtubers were obtained after 10 weeks of cultivation in tuber-forming media [58].

Akita and Ohta previously reported on a similar rotating system in which 100 microtubers were obtained in a vessel with 200 mL of tuber-forming medium [59]. Another new system using the thin-layer culture method is Liquid Lab™ [60]. In Liquid Lab™, the tilt mechanism is machine generated, causing the liquid inside the culture vessels to move from side to side. It has easy-to-control lighting and tilt time. In the LiquidLab™ system, the vessels have porous patches attached to each side to aerate the cultures. The machines can simultaneously operate up to 200 vessels. The system was tested for microtuber production, in which 75 microtubers were produced from 50 explants with 200 mL culture medium per vessel [58].

### Using modern methods to obtain potato resistance to viral diseases

Genetic engineering is an effective way to obtain plants with the desired properties. Genetic engineering is an alternative to traditional plant breeding because it can lead to the development of disease-resistant material while retaining all other desirable traits. Several research groups have developed genetically modified potatoes resistant to PVM, PVS, PVX, PVY and PLRV using various foreign gene constructs. One resistance line expressing the PVY coat protein gene in combination with a Bt insecticidal protein was commercialised by a subsidiary of Monsanto. This 'Newleaf Y' cultivar was planted commercially in the late 1990s and early 2000s [59; 60]. Recessive potyvirus resistance genes have been identified and used for many decades in many crops, and these genes have recently been characterised at the molecular level [61]. The highly conserved eukaryotic translation initiation factor 4E (eIF4E) plays an important role in host protein translation, as well as in viral infection. The eIF4E protein binds to the mRNA 5' cap and facilitates its recruitment into the host ribosomal complex [62]. A number of plant viruses, such as potyviruses, with single-stranded RNA genomes, also interact with eIF4E, often through a viral genome-associated protein (VPg) covalently linked to the 5' end of the viral genome [63; 64]. This interaction is essential for successful viral infection and is believed to facilitate translation, replication, and/or intercellular movement of the viral genome [65; 66; 67].

Ry genes in potatoes ( $Ry_{sto}$ ,  $Ry_{fsto}$ , and  $Ry_{adg}$ ) confer resistance to certain strains of PVX and PVY. The Rysto gene, which provides resistance to a wide range of strains of PVY and PVA in potato and tobacco, is the only gene controlling high resistance isolated from the Ry locus [68]. World potato production depends on pathogen-free seed tubers, which are vulnerable to the accumulation and spread of viral diseases. Various strains of PVY (including PVYNTN and PVYN-Wi) are the most economically harmful viral pathogens involved in potato production, and genetic resistance to PVY is the main focus of breeding programmes [69]. Wild potato varieties and landraces are sources of NLR-specific PVY resistance genes that can be introgressed into commercial potato varieties. Loci conferring extreme resistance to PVY have been mapped in *Solanum chacoense* (Rychc), *S. tuberosum* Andigena (Ryadg), and *S. stoloniferum* (Rysto). Grech-Baran et al. used resistance enrichment sequencing (RenSeq) to isolate the gene conferring Rysto-mediated extreme resistance from the commercial potato cultivar 'Alicja' [70]. Rysto, introgressed from *S. stoloniferum*, is a Toll-interleukin receptor (TIR) NLR protein similar to other potato virus resistance genes (N, Pvr4, Y-1, etc.). The broad spectrum resistance provided by Rysto makes it an attractive trait for nightshade plant breeders. The Rysto gene is present in various commercial potato cultivars, including the American cultivars 'Payette Russet' and 'Castle Russet' and the European cultivars Alicja, 'White Lady' and 'Pirola'. The Rysto protein directly or indirectly recognises or binds the envelope proteins of PVY and PVA, causing an extreme resistance reaction [72].

In addition, genome editing technology has recently been used to breed crops for resistance to abiotic and biotic stress factors.

Genome editing of vegetatively propagated heterozygous potato (*Solanum tuberosum*) represents a promising avenue for the direct improvement of traits in elite varieties. With the

recent and successful development of the Regularly Spaced Short Palindromic Repeat (CRISPR)-Cas9 system in eukaryotic cells, plants have gained access to a powerful, inexpensive and easy-to-use set of tools to target and inactivate/modify specific genes [73].

Genome editing using the CRISPR/Cas9 system enhances the ability to build viral resistance by targeting host genes that are directly involved in host-virus interactions.

The CRISPR/Cas9 system has been used to create potyvirus resistance: Turnip mosaic virus (TuMV) in *Arabidopsis thaliana* by genomic deletion of eIF(iso)4E.62

TALEN technology has already been used to suppress the VInv gene in potatoes to minimise the accumulation of reducing sugars during storage. These studies clearly indicate the effectiveness of genome editing to improve traits, such as virus resistance, and safely store potato seed [74].

### Conclusion

Potato growing is one of the most important branches of agriculture in Kazakhstan, and viral diseases cause significant damage to the safety of sowing quality and potato yield.

To solve this problem, it is necessary to use highly efficient methods for the mass production of virus-free plants. In particular, temporary immersion bioreactors can significantly accelerate the process of mass reproduction of virus-free potatoes on an industrial scale. It is necessary to use modern, highly sensitive and effective methods for timely analysis of the quality of potato seed material and control over the emergence and spread of viruses.

The use of genetic engineering in the future may prove particularly useful for the introgression of resistance genes from wild species to improve the agronomic performance of crops. The genome editing method can be used to increase the resistance of varieties to viruses.

Modern methods and technologies should be actively used to obtain virus-free potato varieties, which will make a significant contribution to the country's food security.

**Acknowledgement.** This work was supported by the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under grant funding of the projects: BR10765038 "Development of methodology and implementation of scientifically based system of certification and inspection of seed potato and planting material of fruit crops in the Republic of Kazakhstan", and AP14870410 "Development and implementation of the accelerated production method of pre-basic seed potato in tissue culture".

### References

1. Committee on Statistics of the MNE RK. [Electronic resource] – Available at: <http://stat.gov.kz> (Accessed: 20.12.2022).
2. Hameed A., Iqbal Z., Asad S., Mansoor S. Detection of Multiple Potato Viruses in the Field Suggests Synergistic Interactions among Potato Viruses in Pakistan // *Plant Pathol J.* – 2014. – Vol. 30(4). – P. 407-15.
3. Wang B., Ma Y., Zhang Z., Wu Z., Wu Y., Wang Q., Li M. Potato viruses in China // *Crop Protection.* – 2011. – Vol. 30. – P. 1117-1123.
4. Onditi J., Nyongesa M., van der Vlugt R. Prevalence, distribution and control of six major potato viruses in Kenya, *Trop. plant pathol.* – 2020.
5. Ristić D., Vučurović I., Kuzmanović S. et al. The Incidence and Genetic Diversity of Potato virus S in Serbian Seed Potato Crops // *Potato Res.* – 2019. – Vol. 62. – P. 31-46.
6. Fulladolsa A.C., LaPlant K.E., Groves R.L. et al. Potato Plants Grown from Minutubers are Delayed in Maturity and Lower in Yield, but are not at a Higher Risk of Potato virus Y Infection than Plants Grown from Conventional Seed // *Am. J. Potato Res.*, – 2018. – Vol. 95. – P. 45-53.
7. Hutton F., Spink J., Griffin D., Kildea S., Bonner D., Doherty G., Hunter A. Distribution and incidence of viruses in Irish seed potato crops // *Irish Journal of Agricultural and Food Research.* – 2015. – Vol. 54(2). – P. 98-106.
8. Kim J., Cha D.J., Kwon M., Maharjan R. Potato virus Y (PVY) detection in a single aphid by one-step RT-PCR with boiling technique // *Entomological Research.* – 2016. – Vol. 46. – P. 278-285.

9. Valkonen J.P.T. Natural genes and mechanisms for resistance to viruses in cultivated and wild potato species *Solanum* spp. // *Plant Breeding*. – 1994. – Vol. 112. – P. 1-16.
10. Оспанова Г.С., Бозшатаева Г.Т., Турабаева Г.К., Алиханова А. kkkissledovaniі Вирусные болезни пасленовых в Казахстане // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2014. – № 3 (часть 1). – С. 62-64.
11. Екатеринбургская Yekaterinskaya YeE.M. Научные основы создания системы безвирусного семеноводства картофеля в условиях Костанайской области. Диссертация на соискание степени доктора философии *sozdaniya usloviyakh Dissertatsiya*, Казахский Национальный Аграрный Институт. – Алматы, 2020. – 163 с.
12. Daurov D., Argynbayeva A., Daurova A. et al. Monitoring the Spread of Potato Virus Diseases in Kazakhstan // *Am. J. Potato Res.* – 2023. – Vol. 100. – P. 63-70.
13. Хасанов В.Т., Мусынов К.М., Бейсембина Б. Распространение Y-вируса картофеля в Республике Казахстан // *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина*. – 2017. – № 4(95). – P. 35-42.
14. Alexandrova A.M. Distribution of potato (*Solanum tuberosum*) viruses in Kazakhstan // *International Journal of Biology and Chemistry*. – 2018. – Vol. 11. – P. 33-40.
15. Potato virus X (PVX). [Electronic resource] – Available at: <http://ephytia.inra.fr/en/C/21025/Potato-Potato-virus-X-PVX> (Accessed: 10.01.2023).
16. Parker L., Kendall A., Stubbs G. Surface features of potato virus X from fiber diffraction // *Virology*, 1. – 2002. – Vol. 300(2). – P. 291-295. DOI: 10.1006/viro.2002.1483.
17. Huisman M.J., Linthorst H.J., Bol J.F., Cornelissen J.C. The complete nucleotide sequence of potato virus X and its homologies at the amino acid level with various plus-stranded RNA viruses // *J Gen Virol*. – 1988. – Vol. 69(8). – P. 1789-98. DOI: 10.1099/0022-1317-69-8-1789.
18. Kendall A., McDonald M., Bian W., Bowles T., Baumgarten S. C., Shi J., et al. Structure of flexible filamentous plant viruses // *J. Virol.* – 2008. – Vol. 82. – P. 9546-9554. DOI: 10.1128/JVI.00895-08.
19. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. Viral Diseases in Potato. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds), *The Potato Crop*. – Springer, Cham, 2020. – 389-430 p.
20. Potato virus X (PVX). [Electronic resource] – Available at: <http://ephytia.inra.fr/en/C/21025/Potato-Potato-virus-X-PVX> (Accessed: 15.01.2023).
21. Mohamad Chikh-Ali, Stewart M. Gray, Alexander V. Karasev A. Improved Multiplex IC-RT-PCR Assay Distinguishes Nine Strains of Potato virus Y // *Plant Disease*. – 2013. – Vol. 97(10). – P. 1370-1374.
22. Mohamad Chikh-Ali, Hayam Alruwaili, Dalton Vander Pol, and Alexander V. Karasev. Molecular Characterization of Recombinant Strains of Potato virus Y From Saudi Arabia // *Plant Disease*. – 2016. – Vol. 100(2). – P. 292-297.
23. Glasa M., Hančinský R., Šoltys K., Predajňa L., Tomašechová J., Hauptvogel P., Mrkvová M., Mihálik D., Candresse T. Molecular Characterization of Potato Virus Y (PVY) Using High-Throughput Sequencing: Constraints on Full Genome Reconstructions Imposed by Mixed Infection Involving Recombinant PVY Strains // *Plants (Basel)*. – 2021. – Vol. 12.10(4). – P. 753. DOI: 10.3390/plants10040753.
24. Chung B.Y.W., Miller W.A., Atkins J.F. and Firth A.E. An overlapping essential gene in the Potyviridae // *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*. – 2008. – Vol. 105. – P. 5897-5902.
25. Berger P.H., Adams M.J., Barnett O.W., Brunt A.A., Hammond J., et al. Potyviridae. In *Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses* ed. C.M. Fauquet, M.A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger, L.A. Ball. –UK: Elsevier Acad., 2005. – 819-41 p.
26. Wani S., Saleem S., Nabi S.U., et al. Distribution and molecular characterization of potato virus Y (PVY) strains infecting potato (*Solanum tuberosum*) crop in Kashmir (India) // *Virus Dis.* – 2021. – Vol. 32. – P. 784-788. DOI: doi.org/10.1007/s13337-021-00722-2.
27. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. Viral Diseases in Potato. *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind*. – 2020. – 389-430 p.
28. Roger A.C., Jones and Stuart J., Vincent. Strain-Specific Hypersensitive and Extreme Resistance Phenotypes Elicited by Potato virus Y Among 39 Potato Cultivars Released in Three World Regions Over a 117-Year Period // *Plant Disease*. – 2018. – Vol. 102(1). – P. 185-196.
29. Kogovšek P., Kladnik A., Mlakar J., Znidarič M.T., Dermastia M., Ravnikar M., Pompe-Novak M. Distribution of Potato virus Y in potato plant organs, tissues, and cells // *Phytopathology*. – 2011. – Vol. 101(11). – P. 1292-300. DOI: 10.1094/PHYTO-01-11-0020.
30. Bragard C., Dehnen-Schmutz K., Gonthier P., Jacques M.-A., Jaques Miret J.A., Justesen, A.F., MacLeod A., Magnusson C.S., Milonas P., Navas-Cortes J.A., Parnell S., Potting R., Reignault P.L., Thulke

H.-H., van der Werf W., Vicent Civera A., Yuen J., Zappalà L., Candresse T., Lacomme C., Bottex B., Oplaat C., Roenhorst A., Schenk M. and Di Serio F. EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health). Scientific Opinion on the pest categorisation of potato virus M (non-EU isolates) // EFSA Journal. – 2020. – Vol. 18(1). – P. 5854. DOI: doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5854.

31. Xu H., D'Aubin J., Nie J. Genomic variability in potato virus M and the development of RT-PCR and RFLP procedures for the detection of this virus in seed potatoes // Virol J. – 2010. – Vol. 7. – P. 25. DOI: 10.1186/1743-422X-7-25.

32. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. Viral Diseases in Potato. ed. In: Campos, H., Ortiz, O., The Potato Crop. – Springer, Cham, 2020. – 389-430 p.

33. Santillan F.W., Fribourg C.E., Adams I.P., Gibbs A.J., Boonham N., Kehoe M.A., Maina S., Jones R.A.C. The Biology and Phylogenetics of Potato virus S Isolates from the Andean Region of South America // Plant Disease. – 2018. – Vol. 102(5). – P. 869-885.

34. Datasheet potato virus S. CABl. [Electronic resource] – Available at: <https://www-cabi-org/cpc/datasheet/43662> (Accessed: 15.01.2023).

35. Bragard C., Dehnen-Schmutz K., Gonthier P., Jacques M.A., Jaques Miret J.A., Justesen A.F., MacLeod A., Magnusson C.S., Milonas P., Navas-Cortes J.A., Parnell S., Pottting R., Reignault P.L., Thulke H.H., van der Werf W., Vicent Civera A., Yuen J., Zappalà L., Candresse T., Lacomme C., Bottex B., Oplaat C., Roenhorst A., Schenk M., Di Serio F. EFSA Panel on Plant Health (PLH), Pest categorisation of potato virus S (non-EU isolates) // EFSA J. – 2020. – Vol. 18(1). – P. e05855. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.5855.

36. Salari K., Massumi H., Heydarnejad J., Hosseini A., Varsani A. Analysis of Iranian Potato virus S isolates // Virus Genes. – 2011. – Vol. 43. – P. 281-288.

37. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. Viral Diseases in Potato. ed. In: Campos H., Ortiz O., The Potato Crop. – Springer, 2020. – 389-430 p.

38. Taliensky M., Mayo M.A., Barker H. Potato leafroll virus: a classic pathogen shows some new tricks // Mol Plant Pathol. – 2003. – Vol. 4(2). – P. 81-89. DOI: 10.1046/j.1364-3703.2003.00153.x.

39. Hernan Garcia-Ruiz, Holste N.M., LaTourrette K. Poleroviruses (Luteoviridae), Elsevier Inc., University of Nebraska–Lincoln. – United States, 2020.

40. Huhnlein A., Drechsler N., Steinbach P., Thieme T., Schubert J. Comparison of three methods for the detection of Potato virus Y in seed potato certification // J Plant Dis Prot. – 2013. – Vol. 120(2). – P. 57-69.

41. Peiman M., Xie C. Sensitive detection of potato viruses, PVX, PLRV and PVS, by RT-PCR in potato leaf and tuber // Aust Plant Dis Not. – 2006. – Vol. 1. – P. 41-46.

42. Zhang W., Zhang Zh., Fan G., Gao Y., Wen J., Bai Y., Qiu C., Zhang Sh., Shen Y., Meng X. Development and application of a universal and simplified multiplex RT-PCR assay to detect five potato viruses // J Gen Plant Pathol. – 2017. – Vol. 83. – P. 33-45.

43. Boonham N., Walsh K., Smith P., Madagan K., Graham I., Barker I. Detection of potato viruses using microarray technology: towards a generic method for plant viral disease diagnosis // J Virol Methods. – 2003. – Vol. 108(2). – P. 181-187.

44. Nhut D.T., Nguyen N.H., Thuy D.T.T. A novel in vitro hydroponic culture system for potato (*Solanum tuberosum* L.) microtuber production // Scientia Horticulturae. – 2006. – Vol. 110. – P. 230-234.

45. Piao X.C., Chakrabarty D., Hahn E.J., Paek K.Y. A simple method for mass production of potato microtubers using a bioreactor system // Current Science. – 2003. – Vol. 84. – P. 1129-1132.

46. Rahman Md.Z., Shahinul S.M., Chowdhury A.N., Subramanian S. Efficient microtuber production of potato in modified nutrient spray bioreactor system // Scientia Horticulturae. – 2015. – Vol. 192. – P. 369-374.

47. Jova M.C., Kosky R.G., Perez M.B., Pino A.S., Vega V.M., Torres J.L., Cabrera A.R., Garcia M.G., J. De La Caridad Ventura. Production of yam microtubers using a temporary immersion system // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 2005. – Vol. 83. – P. 103-107.

48. Eibl R., Eibl D. Design of bioreactors suitable for plant cell and tissue cultures // Phytochemistry Reviews. – 2008. – Vol. 7. – P. 593-598.

49. Etienne H., Berthouly M. Temporary immersion systems in plant micropropagation // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 2002. – Vol. 69. – P. 215-231.

50. Estrada R., Tovar P., Dodds J.H. Induction of in vitro tubers in a broad range of potato genotypes // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 1986. – Vol. 7. – P. 3-10.

51. Akita M., Takayama S. Stimulation of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuberization by semicontinuous liquid medium surface level control // Plant Cell Reports. – 1994. – Vol. 13. – P. 184-187.

52. Teisson C., Alvard D. In vitro production of potato microtubers in liquid medium using temporary immersion // Potato Research. – 1999. – Vol. 42. – P. 499-504.



53. Ebadi M., Iranbakhsh A., Khaniki G.B. Shoot micropropagation and microtuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.) by the semi-continuous bioreactor // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. – 2007. – Vol. 10. – P. 861-867.
54. Perez N.M., Restrepo D.C., Garcia J.D., Giraldo D.R. In vitro tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) variety Diacol Capiro in temporary immersion bioreactors and grow evaluation in field // *Ciencia*. – 2008. – Vol. 16. – P. 288-295.
55. Alix M.J., Savvides S., Blake J., Herrmann R., Hornung R. Effects of illumination source, culture, ventilation, and sucrose on potato (*Solanum tuberosum*) microtuber production under short days // *Annals of Applied Biology*. – 2001. – Vol. 139. – P. 175-187.
56. Kämäräinen-Karppinen T., Virtanen E., Rokka V.M., Pirttilä A.M. Novel bioreactor technology for mass propagation of potato microtubers // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. – 2010. – Vol. 101. – P. 245-249.
57. Yan H., Yang L., Li Y. Improved growth and quality of *Dioscorea fordii* Prain et Burk and *Dioscorea alata* plantlets using a temporary immersion system // *African Journal of Biotechnology*. – 2011. – Vol. 10. – P. 19444-19448.
58. Yu W.C., Joyce P.J., Cameron D.C., McCown B.H. Sucrose utilization during potato microtuber growth in bioreactors // *Plant Cell Reports*. – 2000. – Vol. 19. – P. 407-413.
59. Akita M., Ohta Y. A simple method for mass propagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) using a bioreactor without forced aeration // *Plant Cell Reports*. – 1998. – Vol. 18. – P. 284-287.
60. Adelberg J. Efficiency in thin-film liquid system for *Hosta* micropropagation // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. – 2005. – Vol. 81. – P. 359-368.
61. Borlaug, N.E. Ending world hunger. The promise of biotechnology and the threat of antisience zealotry // *Plant Physiol*. – 2000. – Vol. 124. – P. 487-490.
62. Duncan C., Hammond D., Zalewski J., Cudnohufsky J., Kaniewski W., Thornton M., Bookout J., Lavrig P., Rogan G., Feldman-Riebe J. Field performance of transgenic potato, with resistance to Colorado Potato Beetle and viruses // *Hortscience*. – 2002. – Vol. 37. – P. 275-276.
63. Truniger V., Aranda M. Recessive resistance to plant viruses // *Adv. Virus Res*. – 2009. – Vol. 75. – P. 119-159.
64. Gingras A.C., Raught B., Sonenberg N. eIF4 initiation factors: effectors of mRNA recruitment to ribosomes and regulators of translation // *Annu. Rev. Biochem*. – 1999. – Vol. 68. – P. 913-963.
65. Leonard S., Plante D., Wittmann S., Daigneault N., Fortin M.G., Laliberte J.F. Complex formation between potyvirus VPg and translation eukaryotic initiation factor 4E correlates with virus infectivity // *J. Virol*. – 2000. – Vol. 74. – P. 275-276.
66. Schaad M.C., Anderberg R.J., Carrington J.C. Strain-specific interaction of the tobacco etch virus NIa protein with the translation initiation factor eIF4E in the yeast two-hybrid system // *Virology*. – 2000. – Vol. 273. – P. 300-306.
67. Gao Z., Johansen E., Eyers S., Thomas C.L., Noel Ellis T.H., Maule A.J. The potyvirus recessive resistance gene, *sbm1*, identifies a novel role for translation initiation factor eIF4E in cell-to-cell trafficking // *Plant J*. – Vol. 40. – P. 376-385. – 2004.
68. Kang B.C., Yeam I., Frantz J.D., Murphy J.F., Jahn, M.M. The *pvr1* locus in *Capsicum* encodes a translation initiation factor eIF4E that interacts with Tobacco etch virus VPg // *Plant J*. – 2005. – Vol. 42. – P. 392-405.
69. Robaglia C., Caranta C. Translation initiation factors: A weak link in plant RNA virus infection // *Trends Plant Sci*. – 2006. – Vol. 11. – P. 40-45.
70. Grech-Baran M., Witek K., Szajko K., Witek A. I., Morgiewicz K., Wasilewicz-Flis I., et al. Extreme resistance to potato virus Y in potato carrying the *Ry(sto)* gene is mediated by a TIR-NLR immune receptor // *Plant Biotechnol. J*. – 2000. – Vol. 18. – P. 655-667. DOI: 10.1111/pbi.13230.
71. Karasev A.V., Gray, S.M. Continuous and emerging challenges of potato virus Y in potato // *Annu. Rev. Phytopathol*. – 2013. – Vol. 51. – P. 571-586. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082712-102332.
72. Grech-Baran M., Witek K., Szajko K., Witek A. I., Morgiewicz K., Wasilewicz-Flis I., et al. Extreme resistance to potato virus Y in potato carrying the *Ry(sto)* gene is mediated by a TIR-NLR immune receptor // *Plant Biotechnol. J*. – 2020. – Vol. 18. – P. 655-667. DOI: 10.1111/pbi.13230.
73. Chauvin L., Sevestre F., Lukan T., Nogué F., Gallois J.L., Chauvin J.E., Veillet F. Gene Editing in Potato Using CRISPR-Cas9 Technology // *Methods Mol Biol*. – Vol. 2354. – P. 331-351. – 2021. DOI: 10.1007/978-1-0716-1609-3\_16. PMID: 34448168.
74. Hameed A., Mehmood M.A., Shahid M., Fatma Sh., Khan A., Ali S. Prospects for potato genome editing to engineer resistance against viruses and cold-induced sweetening // *GM Crops & Food*. – 2020. – Vol. 11(4). – P. 185-205. DOI: 10.1080/21645698.2019.1631115.



**А.М. Арғынбаева<sup>1,2</sup>, Д.Л. Дауров<sup>1</sup>, З.Б. Сапахова<sup>1</sup>, Қ.Ж. Жамбакин<sup>1</sup>, М.Х. Шамекова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>«Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты» ШЖҚ РМК, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

## **Қазақстандағы картоп вирустары және вируссыз тұқымдық материал алу әдістері**

**Аңдатпа.** Картоп (*Solanum tuberosum* L.) дүние жүзіндегі, оның ішінде Қазақстанда да негізгі азық-түліктердің бірі болып табылады. 2021 жылы республика бойынша картоп өнімділігі гектарына небәрі 20 тоннаны құрады, бұл өте төмен көрсеткіш. Қазақстанда картоп өнімінің жеткіліксіз болуының басты себептерінің бірі – тұқымдық материал сапасының төмендігі, ал жоғары сапалы тұқымдық материалға қойылатын басты талап – вирустық аурулардың болмауы. Дақылдардағы вирустық аурулары картоп өндірісінің тұрақты өсуіне үлкен кедергі болып табылады, өйткені олар дақылдардың саны мен сапасына үлкен шығындар әкеледі. Бүгінгі күні әлемде картоптың вирустық ауруларының 40 түрі анықталған. Вирустық аурулар картоп өнімділігін 90%-ға дейін төмендетуі мүмкін. Бұл шолуда біз Қазақстандағы картоптың вирустық ауруларының қазіргі жағдайын егжей-тегжейлі талқыладық, сонымен қатар еліміздегі PVM, PVS, PVX, PVY, PLRV сияқты ең көп таралған картоп вирустарын сипаттадық. Елдің азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету және вирустық аурулар инфекциясының таралуын болдырмау мақсатында тұқымдық және егістік материалдағы картоп өсімдігінің вирустарын ерте анықтаудың танымал әдістері (ИФА, КТ-ПТР және микрочиптерді қолдану арқылы нақты нысаналардың түрлерін анықтау) қарастырылды. Вируссыз картоп өсімдігін жаппай өндіру үшін уақытша иммерсиялық биореакторларды қолдану, сонымен қатар кең таралған вирустық ауруларға төзімді өсімдік сорттарын алу үшін заманауи гендік инженерия әдістерін қолдану талқыланады.

**Түйін сөздер:** картоп, вирустар, PVM, PVS, PVX, PVY, PLRV.

**А.М. Арғынбаева<sup>1,2</sup>, Д.Л. Дауров<sup>1</sup>, З.Б. Сапахова<sup>1</sup>, К.Ж. Жамбакин<sup>1</sup>, М.Х. Шамекова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений», Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

## **Вирусы картофеля в Казахстане и методы получения безвирусного семенного материала**

**Аннотация.** Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является одним из основных продуктов питания во всем мире, в том числе и в Казахстане. Урожайность картофеля в 2021 году в республике составила всего лишь 20 тонн с гектара, что является довольно низким показателем. Одним из основных причин недостаточной урожайности картофеля в Казахстане является низкое качество семенного материала, а главным требованием к качественному семенному материалу является отсутствие вирусных заболеваний. Вирусные заболевания растительных культур являются основным препятствующим фактором для устойчивого производства картофеля, поскольку вызывают большие потери количества и качества урожая. На сегодняшний день в мире обнаружены 40 видов вирусных заболеваний картофеля. В зависимости от поражения вирусными болезнями урожайность может снизиться до 90% на производственных посевах. В данном обзоре мы подробно обсудили текущее состояние вирусных болезней картофеля в Казахстане, а также дали характеристику вирусам картофеля, наиболее часто встречающимся в республике, таким, как PVM, PVS, PVX, PVY, PLRV. В целях продовольственной безопасности страны и предотвращения распространения заражения вирусными болезнями рассмотрели популярные методы (ИФА, ОТ-ПЦР и обнаружение специфических видов мишеней с помощью микрочипов) ранней детекции растительных вирусов картофеля в семенном и полевом материале. Для массового получения безвирусного растительного материала картофеля обсуждается использование биореакторов временного погружения, а также применение современных методов генной инженерии для получения устойчивых сортов растительных культур к наиболее распространенным вирусным болезням.

**Ключевые слова:** картофель, вирусы, PVM, PVS, PVX, PVY, PLRV.

## References

1. Committee on Statistics of the MNE RK. [Electronic resource] – Available at: <http://stat.gov.kz> (Accessed: 20.12.2022).
2. Hameed A., Iqbal Z., Asad S., Mansoor S. Detection of Multiple Potato Viruses in the Field Suggests Synergistic Interactions among Potato Viruses in Pakistan, *Plant Pathol J.*, 30(4), 407-15 (2014).
3. Wang B., Ma Y., Zhang Z., Wu Z., Wu Y., Wang Q., Li M. Potato viruses in China, *Crop Protection*, 30, 1117-1123 (2011).
4. Onditi J., Nyongesa M., van der Vlugt R. Prevalence, distribution and control of six major potato viruses in Kenya, *Trop. plant pathol.*, (2020).
5. Ristić D., Vučurović I., Kuzmanović S. et al. The Incidence and Genetic Diversity of Potato virus S in Serbian Seed Potato Crops, *Potato Res.*, 62, 31-46 (2019).
6. Fulladolsa A.C., LaPlant K.E., Groves R.L. et al. Potato Plants Grown from Minitubers are Delayed in Maturity and Lower in Yield, but are not at a Higher Risk of Potato virus Y Infection than Plants Grown from Conventional Seed, *Am. J. Potato Res.*, 95, 45-53 (2018).
7. Hutton F., Spink J., Griffin D., Kildea S., Bonner D., Doherty G., Hunter A. Distribution and incidence of viruses in Irish seed potato crops, *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 54(2), 98-106 (2015)
8. Kim J., Cha D.J., Kwon M., Maharjan R. Potato virus Y (PVY) detection in a single aphid by one-step RT-PCR with boiling technique, *Entomological Research*, 46, 278-285 (2016).
9. Valkonen J.P.T. Natural genes and mechanisms for resistance to viruses in cultivated and wild potato species *Solanum* spp., *Plant Breeding*, 112, 1-16 (1994).
10. Ospanova G.S., Bozshataeva G.T., Turabayeva G.K., Alikhanova A. Virusnye bolezni paslenovykh v Kazakhstane [Viral diseases of solanaceous in Kazakhstan], *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 3, 62-64 (2014). [in Russian]
11. Ekaterinskaya E.M. Nauchnye osnovy sozdaniia sistemy bezvirusnogo semenovodstva kartofelia v usloviakh Kostanaiskoi oblasti [Scientific bases of creation of virus-free potato seed production system in conditions of Kostanay region], *Dissertatsiia na soiskanie stepeni doktora filosofii* [PhD dissertation], Kazakhskii Natsionalnyi Agrarnyi Institut, Almaty [Kazakh National Agrarian Institute, Almaty], 163 (2020). [in Russian]
12. Daurov D., Argynbayeva A., Daurova A. et al. Monitoring the Spread of Potato Virus Diseases in Kazakhstan, *Am. J. Potato Res.*, 100, 63-70 (2023).
13. Khasanov V.T., Musynov K.M., Beisembina B. Rasprostraneniye y-virusa kartofelia v Respublike Kazakhstan [Spread of potato y-virus in the Republic of Kazakhstan], *Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im S Seifullina* [Bulletin of Science of the S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University], 4(95), 35-42 (2017). [in Russian]
14. Alexandrova A.M. Distribution of potato (*Solanum tuberosum*) viruses in Kazakhstan, *International Journal of Biology and Chemistry*, 11, 33-40 (2018).
15. Potato virus X (PVX). [Electronic resource] – Available at: <http://ephytia.inra.fr/en/C/21025/Potato-Potato-virus-X-PVX> (Accessed: 10.01.2023).
16. Parker L., Kendall A., Stubbs G. Surface features of potato virus X from fiber diffraction, *Virology*, 1, 300(2), 291-295 (2002). DOI: 10.1006/viro.2002.1483.
17. Huisman M.J., Linthorst H.J., Bol J.F., Cornelissen J.C. The complete nucleotide sequence of potato virus X and its homologies at the amino acid level with various plus-stranded RNA viruses, *J Gen Virol.*, 69(8), 1789-98 (1988). DOI: 10.1099/0022-1317-69-8-1789.
18. Kendall A., McDonald M., Bian W., Bowles T., Baumgarten S.C., Shi J., et al. Structure of flexible filamentous plant viruses, *J. Virol.*, 82, 9546-9554 (2008). DOI: 10.1128/JVI.00895-08.
19. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. Viral Diseases in Potato. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds), *The Potato Crop*. (Springer, Cham, 2020), 389-430 p.).
20. Potato virus X (PVX). [Electronic resource] – Available at: <http://ephytia.inra.fr/en/C/21025/Potato-Potato-virus-X-PVX> (Accessed: 15.01.2023).
21. Mohamad Chikh-Ali, Stewart M. Gray, Alexander V. Karasev A. Improved Multiplex IC-RT-PCR Assay Distinguishes Nine Strains of Potato virus Y, *Plant Disease.*, 97(10), 1370-1374 (2013).
22. Mohamad Chikh-Ali, Hayam Alruwaili, Dalton Vander Pol, and Alexander V. Karasev. Molecular Characterization of Recombinant Strains of Potato virus Y From Saudi Arabia, *Plant Disease.*, 100(2), 292-297 (2016).

23. Glasa M., Hančinský R., Šoltys K., Predajňa L., Tomašechová J., Hauptvogel P., Mrkvová M., Mihálik D., Candresse T. Molecular Characterization of Potato Virus Y (PVY) Using High-Throughput Sequencing: Constraints on Full Genome Reconstructions Imposed by Mixed Infection Involving Recombinant PVY Strains, *Plants (Basel)*, 12.10(4), 753 (2021). DOI: 10.3390/plants10040753.
24. Chung B.Y.W., Miller W.A., Atkins J.F. and Firth A.E. An overlapping essential gene in the Potyviridae, *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, 105, 5897-5902 (2008).
25. Berger P.H., Adams M.J., Barnett O.W., Brunt A.A., Hammond J., et al. Potyviridae. In Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses ed. C.M. Fauquet, M.A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger, L.A. Ball (UK: Elsevier Acad., 2005, 819-841 p.).
26. Wani S., Saleem S., Nabi S.U., et al. Distribution and molecular characterization of potato virus Y (PVY) strains infecting potato (*Solanum tuberosum*) crop in Kashmir (India), *Virus Dis.*, 32, 784-788 (2021). DOI: doi.org/10.1007/s13337-021-00722-2.
27. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. Viral Diseases in Potato ed. H. Campos, O. Ortiz, *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind*, 389-430 (2020).
28. Roger A.C., Jones and Stuart J., Vincent. Strain-Specific Hypersensitive and Extreme Resistance Phenotypes Elicited by Potato virus Y Among 39 Potato Cultivars Released in Three World Regions Over a 117-Year Period, *Plant Disease*, 102(1), 185-196 (2018).
29. Kogovšek P., Kladnik A., Mlakar J., Znidarič M.T., Dermastia M., Ravnikar M., Pompe-Novak M. Distribution of Potato virus Y in potato plant organs, tissues, and cells, *Phytopathology*, 101(11), 1292-300 (2011). DOI: 10.1094/PHYTO-01-11-0020.
30. Bragard C., Dehnen-Schmutz K., Gonthier P., Jacques M.-A., Jaques Miret J.A., Justesen, A.F., MacLeod A., Magnusson C.S., Milonas P., Navas-Cortes J.A., Parnell S., Potting R., Reignault P.L., Thulke H.-H., van der Werf W., Vicent Civera A., Yuen J., Zappalà L., Candresse T., Lacomme C., Bottex B., Oplaat C., Roenhorst A., Schenk M. and Di Serio F. EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health). Scientific Opinion on the pest categorisation of potato virus M (non-EU isolates), *EFSA Journal*, 18(1), 5854 (2020). DOI: doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5854.
31. Xu H., D'Aubin J., Nie J. Genomic variability in potato virus M and the development of RT-PCR and RFLP procedures for the detection of this virus in seed potatoes, *Virol J.*, 7, 25 (2010). DOI: 10.1186/1743-422X-7-25.
32. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. Viral Diseases in Potato. ed. In: Campos, H., Ortiz, O., *The Potato Crop*. (Springer, Cham, 2020, 389-430 p.).
33. Santillan F.W., Fribourg C.E., Adams I.P., Gibbs A.J., Boonham N., Kehoe M.A., Maina S., Jones R.A.C. The Biology and Phylogenetics of Potato virus S Isolates from the Andean Region of South America, *Plant Disease*, 102(5), 869-885 (2018).
34. Datasheet potato virus S. CABI. [Electronic resource] – Available at: <https://www-cabi-org/cpc/datasheet/43662> (Accessed: 15.01.2023).
35. Bragard C., Dehnen-Schmutz K., Gonthier P., Jacques M.A., Jaques Miret J.A., Justesen A.F., MacLeod A., Magnusson C.S., Milonas P., Navas-Cortes J.A., Parnell S., Potting R., Reignault P.L., Thulke H.H., van der Werf W., Vicent Civera A., Yuen J., Zappalà L., Candresse T., Lacomme C., Bottex B., Oplaat C., Roenhorst A., Schenk M., Di Serio F. EFSA Panel on Plant Health (PLH), Pest categorisation of potato virus S (non-EU isolates), *EFSA J*, 18(1), e05855 (2020). DOI: 10.2903/j.efsa.2020.5855.
36. Salari K., Massumi H., Heydarnejad J., Hosseini A., Varsani A. Analysis of Iranian Potato virus S isolates, *Virus Genes*, 43, 281-288 (2011).
37. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. Viral Diseases in Potato. ed. In: Campos H., Ortiz O., *The Potato Crop*. (Springer, 2020, 389-430 p.).
38. Taliansky M., Mayo M.A., Barker H. Potato leafroll virus: a classic pathogen shows some new tricks, *Mol Plant Pathol.*, 4(2), 81-89 (2003). DOI: 10.1046/j.1364-3703.2003.00153.x.
39. Hernan Garcia-Ruiz, Holste N.M., LaTourrette K. *Poleroviruses (Luteoviridae)*, Elsevier Inc., University of Nebraska–Lincoln (United States, 2020).
40. Huhnlein A., Drechsler N., Steinbach P., Thieme T., Schubert J. Comparison of three methods for the detection of Potato virus Y in seed potato certification, *J Plant Dis Prot.*, 120(2), 57-69 (2013).
41. Peiman M., Xie C. Sensitive detection of potato viruses, PVX, PLRV and PVS, by RT-PCR in potato leaf and tuber, *Aust Plant Dis Not.*, 1, 41-46 (2006).
42. Zhang W., Zhang Zh., Fan G., Gao Y., Wen J., Bai Y., Qiu C., Zhang Sh., Shen Y., Meng X. Development and application of a universal and simplified multiplex RT-PCR assay to detect five potato viruses, *J Gen Plant Pathol*, 83, 33-45 (2017).

43. Boonham N., Walsh K., Smith P., Madagan K., Graham I., Barker I. Detection of potato viruses using microarray technology: towards a generic method for plant viral disease diagnosis, *J Virol Methods*, 108(2), 181-187 (2003).
44. Nhut D.T., Nguyen N.H., Thuy D.T.T. A novel in vitro hydroponic culture system for potato (*Solanum tuberosum* L.) microtuber production, *Scientia Horticulturae*, 110, 230-234 (2006).
45. Piao X.C., Chakrabarty D., Hahn E.J., Paek K.Y. A simple method for mass production of potato microtubers using a bioreactor system, *Current Science*, 84, 1129-1132 (2003).
46. Rahman Md.Z., Shahinul S.M., Chowdhury A.N., Subramanian S. Efficient microtuber production of potato in modified nutrient spray bioreactor system, *Scientia Horticulturae*, 192, 369-374 (2015).
47. Jova M.C., Kosky R.G., Perez M.B., Pino A.S., Vega V.M., Torres J.L., Cabrera A.R., Garcia M.G., J. De La Caridad Ventura. Production of yam microtubers using a temporary immersion system, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 83, 103-107 (2005).
48. Eibl R., Eibl D. Design of bioreactors suitable for plant cell and tissue cultures, *Phytochemistry Reviews*, 7, 593-598 (2008).
49. Etienne H., Berthouly M. Temporary immersion systems in plant micropropagation, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 69, 215-231 (2002).
50. Estrada R., Tovar P., Dodds J.H. Induction of in vitro tubers in a broad range of potato genotypes, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 7, 3-10 (1986).
51. Akita M., Takayama S. Stimulation of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuberization by semicontinuous liquid medium surface level control, *Plant Cell Reports*, 13, 184-187 (1994).
52. Teisson C., Alvard D. In vitro production of potato microtubers in liquid medium using temporary immersion, *Potato Research*, 42, 499-504 (1999).
53. Ebadi M., Iranbakhsh A., Khaniki G.B. Shoot micropropagation and microtuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.) by the semi-continuous bioreactor, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10, 861-867 (2007).
54. Perez N.M., Restrepo D.C., Garcia J.D., Giraldo D.R. In vitro tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) variety Diacol Capiro in temporary immersion bioreactors and grow evaluation in field, *Ciencia*, 16, 288-295 (2008).
55. Alix M.J., Savvides S., Blake J., Herrmann R., Hornung R. Effects of illumination source, culture, ventilation, and sucrose on potato (*Solanum tuberosum*) microtuber production under short days, *Annals of Applied Biology*, 139, 175-187 (2001).
56. Kämäräinen-Karppinen T., Virtanen E., Rokka V.M., Pirttilä A.M. Novel bioreactor technology for mass propagation of potato microtubers, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 101, 245-249 (2010).
57. Yan H., Yang L., Li Y. Improved growth and quality of *Dioscorea fordii* Prain et Burk and *Dioscorea alata* plantlets using a temporary immersion system, *African Journal of Biotechnology*, 10, 19444-19448 (2011).
58. Yu W.C., Joyce P.J., Cameron D.C., McCown B.H. Sucrose utilization during potato microtuber growth in bioreactors, *Plant Cell Reports*, 19, 407-413 (2000).
59. Akita M., Ohta Y. A simple method for mass propagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) using a bioreactor without forced aeration, *Plant Cell Reports*, 18, 284-287 (1998).
60. Adelberg J. Efficiency in thin-film liquid system for *Hosta* micropropagation, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 81, 359-368 (2005).
61. Borlaug, N.E. Ending world hunger. The promise of biotechnology and the threat of antisience zealotry, *Plant Physiol.*, 124, 487-490 (2000).
62. Duncan C., Hammond D., Zalewski J., Cudnohufsky J., Kaniewski W., Thornton M., Bookout J., Lavrig P., Rogan G., Feldman-Riebe J. Field performance of transgenic potato, with resistance to Colorado Potato Beetle and viruses, *Hortscience*, 37, 275-276 (2002).
63. Truniger V., Aranda M. Recessive resistance to plant viruses, *Adv. Virus Res.*, 75, 119-159 (2009).
64. Gingras A.C., Raught B., Sonenberg N. eIF4 initiation factors: effectors of mRNA recruitment to ribosomes and regulators of translation, *Annu. Rev. Biochem*, 68, 913-963 (1999).
65. Leonard S., Plante D., Wittmann S., Daigneault N., Fortin M.G., Laliberte J.F. Complex formation between potyvirus VPg and translation eukaryotic initiation factor 4E correlates with virus infectivity, *J. Virol.*, 74, 275-276 (2000).
66. Schaad M.C., Anderberg R.J., Carrington J.C. Strain-specific interaction of the tobacco etch virus NIa protein with the translation initiation factor eIF4E in the yeast two-hybrid system, *Virology*, 273, 300-306 (2000).
67. Gao Z., Johansen E., Eyers S., Thomas C.L., Noel Ellis T.H., Maule A.J. The potyvirus recessive resistance gene, *sbm1*, identifies a novel role for translation initiation factor eIF4E in cell-to-cell trafficking, *Plant J.*, 40, 376-385 (2004).



68. Kang B.C., Yeam I., Frantz J.D., Murphy J.F., Jahn, M.M. The pvr1 locus in Capsicum encodes a translation initiation factor eIF4E that interacts with Tobacco etch virus VPg, *Plant J.*, 42, 392-405 (2005).
69. Robaglia C. Caranta C. Translation initiation factors: A weak link in plant RNA virus infection, *Trends Plant Sci.*, 11, 40-45 (2006).
70. Grech-Baran M., Witek K., Szajko K., Witek A. I., Morgiewicz K., Wasilewicz-Flis I., et al. Extreme resistance to potato virus Y in potato carrying the Ry(sto) gene is mediated by a TIR-NLR immune receptor, *Plant Biotechnol. J.*, 18, 655-667 (2000). DOI: 10.1111/pbi.13230
71. Karasev A.V., Gray, S.M. Continuous and emerging challenges of potato virus Y in potato, *Annu. Rev. Phytopathol.*, 51, 571-586 (2013). DOI: 10.1146/annurev-phyto-082712-102332.
72. Grech-Baran M., Witek K., Szajko K., Witek A. I., Morgiewicz K., Wasilewicz-Flis I., et al. Extreme resistance to potato virus Y in potato carrying the Ry(sto) gene is mediated by a TIR-NLR immune receptor, *Plant Biotechnol. J.*, 18, 655-667 (2020). DOI: 10.1111/pbi.13230.
73. Chauvin L., Sevestre F., Lukan T., Nogué F., Gallois J.L., Chauvin J.E., Veillet F. Gene Editing in Potato Using CRISPR-Cas9 Technology, *Methods Mol Biol.*, 2354, 331-351 (2021). DOI: 10.1007/978-1-0716-1609-3\_16.
74. Hameed A., Mehmood M.A., Shahid M., Fatma Sh., Khan A., Ali S. Prospects for potato genome editing to engineer resistance against viruses and cold-induced sweetening, *GM Crops & Food*, 11(4), 185-205 (2020). DOI: 10.1080/21645698.2019.1631115.

#### Information about authors:

*Argynbayeva A.M.* – Master of Technical Sciences, Institute of Plant Biology and Biotechnology, 45 Timiryazev Street, Almaty, Kazakhstan.

*Daurov D.L.* – PhD student, Institute of Plant Biology and Biotechnology, 45 Timiryazev Street, Almaty, Kazakhstan.

*Sapakhova Z.B.* – PhD, Institute of Plant Biology and Biotechnology, 45 Timiryazev Street, Almaty, Kazakhstan; Fruit and Vegetable Research Institute, 238/5 Gagarin Avenue, Almaty, Kazakhstan.

*Zhambakin K.Zh.* – Doctor of Biological Sciences, Institute of Plant Biology and Biotechnology, 45 Timiryazev Street, Almaty, Kazakhstan.

*Shamekova M.Kh.* – PhD, Institute of Plant Biology and Biotechnology, 45 Timiryazev Street, Almaty, Kazakhstan.

*Арғынбаева Ә.М.* – техника ғылымдарының магистрі, Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Тимирязев көшесі, 45, Алматы, Қазақстан.

*Дауров Д.Л.* – PhD докторанты, Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Тимирязев көшесі, 45, Алматы, Қазақстан.

*Сапахова З.Б.* – PhD, Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Тимирязев көшесі, 45, Алматы, Қазақстан; Қазақ бау-бақша шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Гагарин даңғылы 238/5, Алматы, Қазақстан.

*Жамбакин Қ.Ж.* – биология ғылымдарының докторы, Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Тимирязев көшесі, 45, Алматы, Қазақстан.

*Шамекова М.Х.* – PhD, Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Тимирязев көшесі, 45, Алматы, Қазақстан.



Б.Т. Жанатаев<sup>1\*</sup>, З.Б. Тұнғышбаева<sup>1</sup>, А.С. Сарсенова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Халықаралық экология академиясы мекемесі, Астана, Қазақстан

\*Байланыс үшін автор: bauyrzhan\_zhanataev@mail.ru

## Микробиологиялық тәсілмен топырақ және құмды нығайтуға *Sporosarcina pasteurii* бактериясын қолдану

**Аңдатпа.** Бұл мақалада топырақты нығайтудың үнемді және қоршаған ортаға зиян келтірмейтін биологиялық әдістер, микроағзаларды қолдану арқылы биоцемент алуды зерттеу туралы мәліметтер берілген. Зерттеу барасында екі әдіс қолданылды: микроағзалармен инъекциялау және араластыру әдісі. Әр әдістің екі түрі қолданылды, инъекциялау әдісінің фиксациялы және фиксациясыз түрі, ал араластыру әдісінің стиринденген және стиринденбеген түрі. Биоцемент алу барасында *Sporosarcina pasteurii* микроағзасы қолданылып, құмды нығайтуға және де құмның әртүрлі механикалық қасиеттерін жақсартуға бағытталған зерттеу жұмыстары жүргізіліп, нәтиже алынды.

Микробиологиялық әдіспен құмды нығайтуға кальций карбонатын (кальцит) тұндыруды қолдану мүмкіндігі артып, оның кең таралуына және зерттелуіне алып келді. Қазіргі уақытта құмды нығайтуда бұл әдістің биотехнологиялық маңызы зор, басқа технологиялармен салыстырғанда экономикалық жағынан тиімді және болашағы бар әдіс болып табылады. Зерттеу жұмысында *Sporosarcina pasteurii* микроағзаларды қолданып, кальций карбонатын тұндыру арқылы, құмның коллонасы нығайтылды.

Нығайтылған құмды рентгенографиялық және SEM-BSE микроскопы арқылы зерттеу барысында құмдағы кальций карбонаттарының биоцементтелгенін айқын көруге болады. Сонымен, жұмысты қорытындылай келгенде *Sporosarcina pasteurii* микроағзасын құмды нығайту үшін қолдануға болатыны дәлелденді. Зерттеу нәтижесінде микроағзамен фиксациялы инъекция, фиксациясыз инъекциядан құмды нығайтып суға беріктігін арттырды. Ал, араластыру әдісі бойынша стерилденген ортада бактерияларды өсіру, центрифугалау процесісіз микроағзалардың көбею белсенділігі мен кальцит кристалдарының пайда болуына теріс әсер көрсетпейді.

**Түйін сөздер:** кальцит тұнбасы, *Sporosarcina pasteurii*, бактериялар, құм, нығайту.

DOI: 10.32523/2616-7034-2023-144-3-69-81

### Кіріспе

Бүкіл әлемдік проблемалардың бірі тозған топырақтың көбеюі және шөлейттену, желдің әсерінен құм төбелері көшіп, ауылшаруашылық жерлер шөлге айналды және барлығы құммен жабылады. Мұндай жағдайлар Қазақстанда кездеседі мысалы: Ақтау, Қылылорда, Атырау облыстарында. Ондай өңірлерде климаттық жағдайы шаңды дауылдардың пайда болуына өте қолайлы. Оған себеп болатын факторларға жататындар, жаңбырсыз ұзақ кезеңдер, құмды және сазды шөлдердің көлемді аудандарды алуы,

өсімдік флорасының өсуіне қолайсыз болуы. Аталған факторлар еліміздің эконимикалық жағдайларына айтарлықтай зиян келтірді.

Топырақты нығайту үшін геотехникалық жобалауда қолданылатын дәстүрлі әдістер өте үнемсіз, және көбінесе қоршаған ортаны зиянды көміртекті химиялық заттармен ластайды.

Топырақты нығайтудың биологиялық әдісінің бірі микроағзалардың көмегімен биоцементтеу. Біздің жұмысымызда *Sporosarcina pasteurii* бактериясының көмегімен биоцементация жасалынды, құмды нығайтуға және де оның әртүрлі механикалық қасиеттерін жақсартуға бағытталған үш әдіс арқылы фиксациялық инъекция, фиксациясыз инъекция және араластыру әдісі қолданылды. Бұл әдістер топырақты құнарландыру проблемаларын жеңудің ең үнемді инженерлік шешімдерінің бірі [1].

Қазіргі таңда инженерлік мақсаттардың бірі табиғи құмға зиянын тигізбей химиялық, физикалық, биологиялық және аралас әдістерді пайдалана отырып құмның құнарлығын арттыру [2.3].

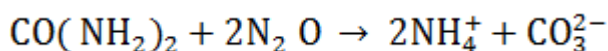
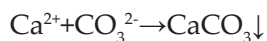
Шет елдерде мысалы, Иран, АҚШ, біріккен Араб Әмірліктері, сомен қатар Қазақстанның кей аудандарында көшкен құммен күрестің кең таралған тәсілінің бірі, тасымалдау әдісі. Бұл тәсілді қолдануда материалдық шығындар өте көп жұмсалады. Сондықтан, бұл мәселені экономикалық тұрғыдан шешу мақсатында, әртүрлі дәстүрлі емес зерттеу әдістері іздестірілді [4].

Біз қарастырған әдебиеттердегі мәліметтер бойынша құмды нығайтуға қолданылған дәстүрлі және кең таралған әдістерге цемент-шлам күлі сияқты өнімдер [5], цемент күлі зола-унос, әк күлі- зола-унос [6], жержаңғақ қабығының күлі және талшық қалдықтары [7], цемент шаңы [1], шлак, зола-унос және темір гидроксидінің қалдықтары [8], Портландцемент пен битум эмульсиясының қоспасы [9], әк қышқылы [10], геотекстильді қалдықтар [11] кальций негізіндегі тұрақтандырғыш [12], магний хлориді [13], сілтілік NaOH және  $Na_2SO_3$  комбинациясынан тұратын активаторлар пайдаланылған [14].

Биоцементация жаңа бағыт болғандықтан құмды нығайтуға, құмды өлкені шөлейттенуден қорғауға және көптеген геотехникалық инженерлік қосымшаларда қолдануға болатын практикалық әдіс ретінде қарастыруға болады [15].

Биоцементтелген құм коллоннасының маңызды сипаттамаларының бірі оның беріктігінің жоғарылауы және су өткізгіштігінің төмендеуі [16,17]. Құм коллоннасының биоцементтеу процесіне аммоний хлоридінің концентрациясын кең ауқымында қолдануға болады [18]. Мочевинаны аммоний карбанотына дейін ыдырата алатын бактериялар құмға отырғызылады, содан кейін мочевиана мен кальций хлориді бар ерітінді қосылады [19,20].

Бактерия мочевианы энергия көзі ретінде пайдаланады және қоршаған ортаның рН деңгейін жоғарылатып, аммоний иондарын ( $NH_3^+$ ) шығарады да  $Ca^{2+}$  және  $CO_3^{2-}$  иондарын  $CaCO_3$  ретінде тұндырады. Жергілікті рН-тың жоғарылауы көбінесе микроағза жасушаларының кристалдануы үшін нуклеация орталықтарына айналып, кальций тұнбасының түзілуіне себебшісі болады. Кальциттің тұнбасы келесі реакция теңдеуімен сипатталады:



*Sporosarcina pasteurii* бактериясына бұл салада үлкен қызығушылық туып, АҚШ, Иран, Польша, Нидерланды, Египет мемлекеттерінде кеңінен зерттелген [21,23]. Бірақ, Қазақстанда бұл салада зерттеулер толық жүргізілмеген, соған байланысты осындай зерттеу жүргізуді алдымызға мақсат етіп қойдық.

### Зерттеу әдістері

Зерттеу жұмысымызда төрт түрлі материал қолданылды: құм, уреаза активті бактериялар және кальций хлориды ( $\text{CaCl}_2$ ) және мочевина. Құм коллонасы Ақтау қаласына 4 км жетпей орналасқан жерден жиналып алынды. Зерттеуге пайдаланған табиғи құм құрамында ұсақ қиыршық тастар бар, ол орташа ұсақ фракциялы құмға жатады (1-кесте). Қолданылатын құмның физикалық қасиеттері мен химиялық құрамы 1-кестеде көрсетілген. Құм орташа сілтілік типке жатады, құрамында кремний ( $\text{SiO}_2$ ; 96,12%) бар, сульфат негізіндегі материал жоқ.

Кесте 1

#### Қолданылған құмның физикалық-химиялық құрамы

Физика-химиялық қасиеттері	Өлшем бірлігі	Құндылықтары
Үлес салмағы		2.88 BS
Классификациясы		құм
pH		8.18
TDS	ppm	449.5
Cl	ppm	39.5
$\text{SO}_3$	ppm	0.0
$\text{SiO}_2$	%	96.12
	%	0.44
$\text{Fe}_2\text{O}_2$	%	1.05
$\text{AL}_2\text{O}_3$	%	1.33
	%	2.39
CaO		
$\text{CaCO}_3$		

- TDS- Еріген заттардың жалпы мөлшері.
- Ppm- Концентрация бірліктері арасындағы қатынас.

#### Бактериялық суспензияны дайындау

Суспензияны дайындау үшін 1 л суға 20 г/л ашытқы экстрактысымен 10 г/л аммоний хлориді және 5 г/л інжір қосылған қышқылдық орта дайындалып, стирілді болу үшін автоклавқа қойылды. Суспензия суыған соң, оған *Sporosarcina pasteurii* микроағзаларын отырғызып, аэробты жағдайда өсірілді (сурет -1). Осы ортаның pH 4-тен өсіру үшін, NaOH сілтісін қосу арқылы pH 9-ға дейін жеткізіліп, бактериялық суспензияның оптикалық тығыздығы 2,3 (OD600) дейін жеткізілді.



Сурет 1. Дайындалған суспензиялық орта, (а) шайқаған кездегі, (б) ауа қысымы

#### Химиялық ерітінділерді дайындау

Цементтейтін ерітіндінің екі түрі дайындалды: 1. Дистилденген 2 литр суға 1 моль (60,06 г/л) құрғақ ашытқы экстракт мен 1 моль мочевины (147,02 г/л) араластырылып, ерітілді. 2. Нығайтылатын құмға бірте-бірте қосатын ерітіндіні жасау үшін, 1 литр дистилденген суға 0,05 моль (7,35 г/л) құрғақ кальций хлоридін қосу арқылы дайындалды (2-кесте).

Кесте 2

#### Пайдаланылған ерітіндінің физика-химиялық қасиеттері

Атауы	Дистилденген суға	Кальций хлориді $\text{CaCl}_2$ грам литр	Мочевина (грамм)	Аммоний хлориді	Натрий гидроксиді
Экологиялық тазалығы	100%	98%	99.5%	99.5%	98%
Цементтейтін ерітіндінің 1 түрі	2 литр	-----	294,04 г	---	----
Цементтейтін ерітіндінің 2 түрі	1 литр	7,35 г/л)	----	----	-----
Физикалық қаттылығы 20°C	Тығыз	Тығыз	Тығыз	Тығыз	Тығыз
Иісі	Тән иісі бар	Иіссіз	Иіссіз	Иіссіз	Иіссіз
pH	–	5–8	7.5–9.5	4.5–5.5	13–14
Ерігіштігі (массасы бойынша%)	20% су	Толығымен ериді	Толығымен ериді	Толығымен ериді	111 г / 100 г су
Молекулалық массасы	–	147.02	60.06	53.49	40.0
Молекулалық формула	–	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{NH}_2\text{CONH}_2$	$\text{NH}_4\text{Cl}$	NaOH
Түсі	Ашық қоңыр ұнтақ	Ақ ұнтақ	Ақ кристалды	Ақ кристалды	Ақ түйіршікті
Тығыздығы (г / см <sup>3</sup> )	–	1.85	1.35	1.53	2.13

### Биоцементация әдісі

Биоцементацияның үш әдісі қолданылды:

#### 1. Инъекция әдістері (а. 1А және б. 1С үлгілері)

Бұл әдіс екі түрге бөлінеді, атап айтқанда, фиксациясыз инъекциялар және фиксациялы инъекциялар.

а. Фиксациясыз инъекция – стерильденген ортада бактериялық штамм өсіріледі және 200 айн/мин шайқау жағдайында 30°C температурада 24 сағат инкубацияланады. Бактерияларды қоректік ортадан 4000 айналым/мин центрифугалау арқылы бөліп алып, құм бағанасына енгізілді.

б. Фиксациялы инъекция – стерильденген ортада бактериялық штамм 30°C температурада 24 сағат өсірілді. Бұл әдісте центрифуганы қолданбай бактериялар табиғи өскен түрінде құм бағанасына енгізіледі.

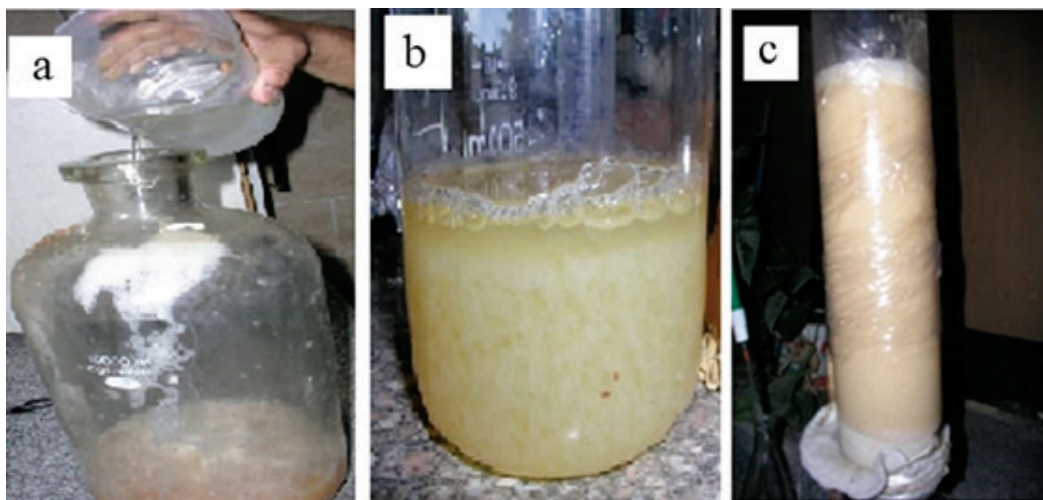
#### 2. Араластыру әдісі, 2 түрден тұрады (а. 2В және б. 2D үлгілері)

а. Бұл түрде бактериялық штаммдар стерильденбеген қоректік ортаға енгізіледі және аэробты жағдайда 30°C температурада 12 сағатқа инкубацияланады. Суспензиялық орта центрифугалаусыз тікелей қолданылды.

б. Бұл түрде бактериялық штаммдар стерильденген қоректік ортаға енгізіледі және аэробты жағдайда 30°C температурада 12 сағатқа инкубацияланады. Суспензиялық орта центрифугалаусыз тікелей қолданылды.

Ол биоцемент ерітіндісімен араластырылып, құм бағанасының ішіне құйылады (2-суретте). Барлық сынақ үлгілері бөлме температурасында (25-2)°C жүргізілді.

Сонымен қатар, әр зерттеу тобына кальций хлормен мочевиная 12 күн бойы, күніне 1 реттен қосылып отырды (сурет -2).



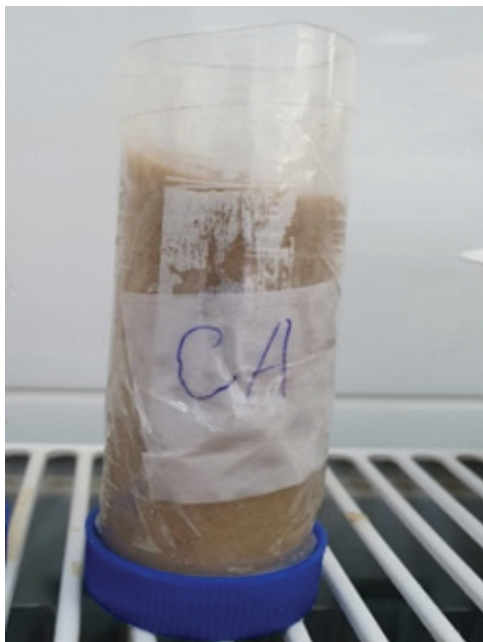
Сурет 2. Түрлі қоспалардың жасалуы (а) биоцемент ерітіндісін суспензиямен араластырғанда, (b) араластырғаннан кейін пайда болған тұнба, (c) алынған ерітіндіні құм бағанасына қосқанда

### Құмды нығайту

Ақтау қалсының маңыңдығы ашық жазықтықтан алынған ұсақ түйіршікті құм, лабораторияда (25-28 С<sup>0</sup>) кептірілді. Зерттеуге қолданылған құмның салмағы 550 г, ол диаметрі 50 мм, биіктігі 15 см ПВХ пластикасынан жасалған фальконға орналастырылды (сурет - 3), фальконның үстіңгі беткі қабаты ашық, ал астыңғы бөлігіндегі саңылау тығынмен жабылған. Фальконға салынған құмның биіктігі 12 см жетті. Фальконның үстіңгі бөлігі арқылы мочевиная, кальций хлор, *S. pasteurii* микроағзалары бар суспензия құйылды. 20 минут өткеннен кейін құмда бос кеңістіктер пайда болды. Бос кеңістіктерді жою үшін, құмды арнайы балғамен механикалық соққылау арқылы тығыздадық, соның нәтижесінде



құмның көлемі бастапқысынан 3 см кемеді. Тығыздалған құм микроорганизімдерді сіңіру үшін 24 сағатқа бөлме температурасында ұсталды. Құмның бөліктерін нығайту үшін оған 10 мл  $\text{CaCl}_2$  мен 10 мл мочеви́на тәулігіне 1 реттен 12 күн бойы құм коллонасына қосылды және бөлме температурасында кептірілді.

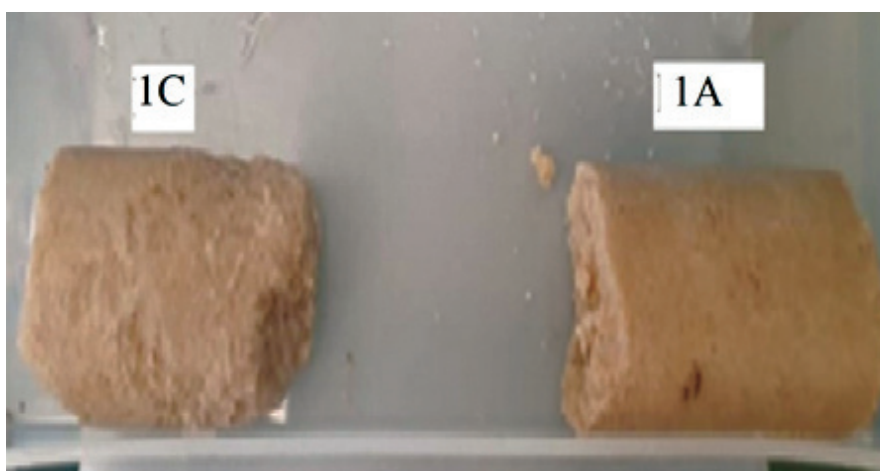


Сурет 3. Суспензияны құмға қосқаннан кейінгі көрінісі

### Нәтижелер

#### Суға тұрақтылығы

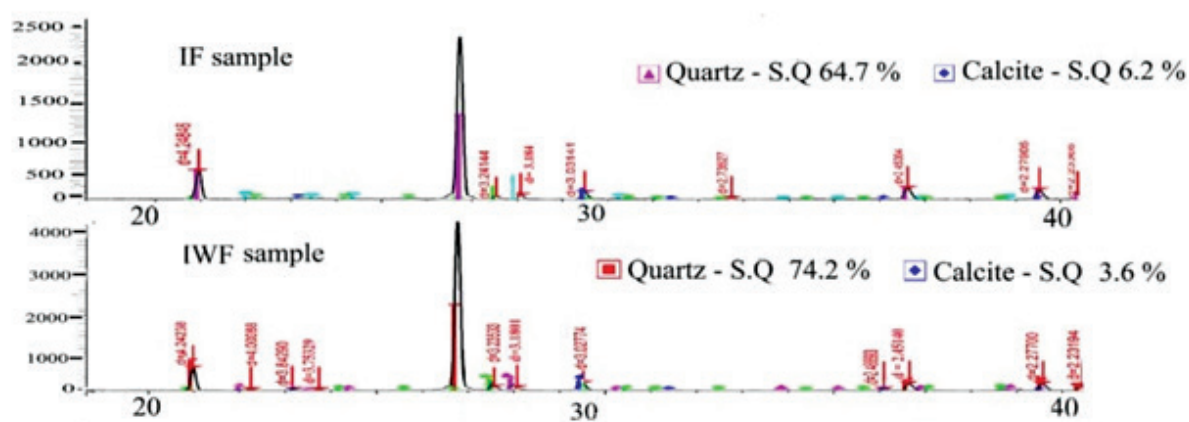
Биоцементтелген құмның үлгілерінің суға тұрақтылығын тексеру үшін фальконнан шығарылып, 0,90 - литр су құйылған көлемі 3 – литрлік темір ыдысқа орналастырылды және 24 сағат бөлме температурасында ұсталды (4-суретте). Суретте көрсетілгендей, барлық үлгілер суға тұрақты екенін көрсетті, бірақ осы зерттеуде 1С үлгілерін басқа үлгілермен салыстырғанда, оның суға тұрақтылығы басым болды. Алынған нәтижелер бұрын шет елде жасалған (Египет) тәжірибелерге сәйкес келеді [33]. Біздің зерттеуімізде суға батырылған құмның зақымдалуы шамалы немесе мүлдем байқалмағаны көрініс береді (сурет 4).



Сурет 4. Су эрозиясына биоцементтің 24 сағаттан кейін алынған құмның тұрақтылығы *S. pasteurii* бактерияларды қолдану құмның нығаюын жоғарлатқан.

### Биоцементтелген құмның рентгеннограммалық көрсеткіштері

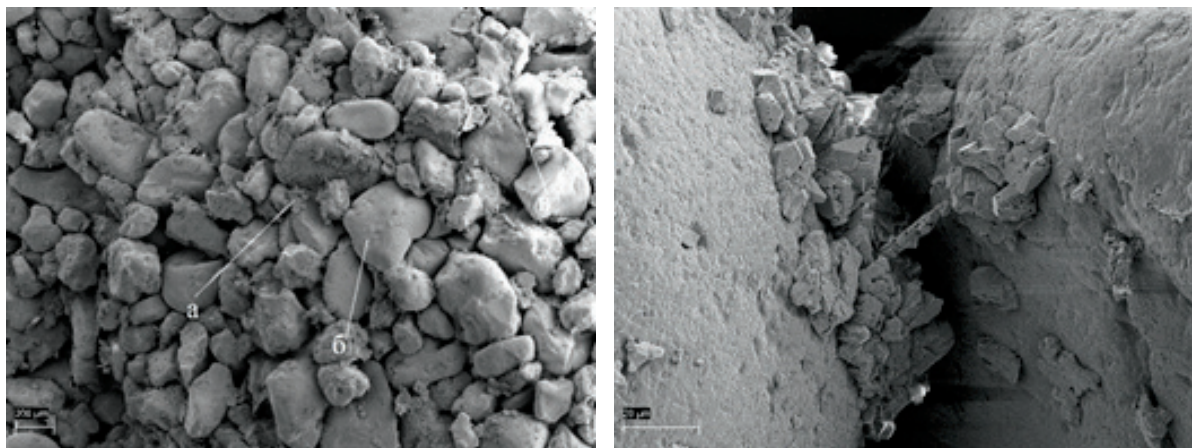
Құмның рентгеннограммалық көрсеткіштерін зерттеу 1С және 1А үлгілерінде жүргізілді. Төменде фиксациялы инъекция және стирелденбеген араластыру әдісімен биоцементация жүргізілген үлгілердің рентгенограммасы көрсетілген. Рентгенограммадан қарағанда табылған негізгі фазалар түрі кварц пен кальцит. Нәтижелер кальциттің жартылай сандық пайызы артқанын көрсетті. Кальциттің жақсы дамуы 1С үлгісінде кездеседі және пайыздық көрсеткіші 6,2 құрайды. Кальциттің төмен дамуы 1А үлгісінде көрініс берді және көрсеткіші 3,6 пайыз құрайды. 1С үлгісінде кальциттің жоғары түзілуіне суспензияны дайындау ерекшелігі әсер көрсетуі мүмкін. Бұл әдісте бактерия *S. pasteurii* өсірілген суспензия центрифугадан өткізілмеген, бактериялардың көбеюіне қолайлы жағдай туған, сондақтан кальциттің жоғарғы дәрежеде түзілуіне алып келген (Сурет -5).



Сурет 5. Құмның рентгендік дифракциясының көрінісі, 1С және 1А үлгілері

### SEM микроскопы арқылы нығайтылған құм үлгілерін зерттеу

Ақтау құмы 1С пен 1А үлгісін электронды микроскоп арқылы зерттегенде (6- суретте), пайда болған кальцит кристалдарының морфологиясы, қолданылған биоцементация әдісіне байланысты өзгертіні байқалды. Үлгілер жұқа көміртегі қабатымен жабылған (шамамен 20 нм). Үлгілерден SEM-BSE (кері электрондар) микроскопы арқылы алынған кескіндер Варшава қаласындағы университетің геология факультетінде NANOFUN функционалды Zeiss SIGMA VP наноматериалдардың ұлттық көп салалы аналитикалық зертханасында (20 кВ үдеткіш кернеу, 120 мкм диафрагма жүргізілу арқылы) зерттелді. Микроскоппен тек су эрозиясына тұрақты болып, жақсы нәтиже көрсеткен үлгілерден ғана мәліметтер алып, суретке түсірілді.



1С үлгісі

1А үлгісі

**Сурет 6. Үлгі 1С микро сурет, а: кальцит, б: құм түйіршіктері, в: беткейлік қабаты**  
1А - 2 үлгісінде құмның бір - біріне микроорганизм арқылы біріккенін көруге болады

1С үлгісінде (Сурет-6) көрсетілгендей кальцит фазасының морфологиясы бөлшектердің беткейлігінде, сондай-ақ бөлшектер арасында нашар кристалданған фазаның (гель түрінде) кластерлері ретінде көрінеді және бұл техникалық қасиеттерге оң әсер етеді деп күтілуде. Суретте құмның кальцит кристалдары арқылы жақсы бірігіп, кластерлер немесе өзек тәрізді формалар түрінде болатыны көрініс береді.

### Талқылау

*Sporosarcina pasteurii* бактерияларының коллекциялық штаммдары қолданылды, бұл материал Астана қаласынандағы Назарбаев университетімен бірлескен Экостандарт.kz лабораториясынан алынды.

*Sporosarcina pasteurii* бактериясының құрамы уреазаға активті, амони мөлшері жоғары болғанда да өз қарқындылығын сақтайды [24]. Биоцементацияға қолданылатын бактериялар уреазаға активті, патогенді емес және басқа да қоршаған ортадағы мироағзалардың патогендік қасиетін қоздырмайды [15].

Бактериялардың тасымалдануына әсер ететін физикалық, химиялық және биологиялық факторлар зерттелген. Соның ішінде, химиялық құрамы мен температура, қышқылдық, ылғалдылық, рН суспензияның жалпы көлемі және электрофорездік әдіспен иондық күші анықталған [25,27], [29,30]. Со нымен қатар бактериялардың саны, метаболикалық белсенділігі, жасушаның пішіні, мөлшері, орналасуы, гидрофобтығы [13], және тығыздығы [28], кеуектік ортаның қасиеттері, беткейлік құрылымы анықталған [30,31].

Мортенсен және басқа да ғалымдар [18] биоцементация бойынша *Sporosarcina pasteurii* бактерияларын пайдалана отырып далалық сынақтар жүргізген. Авторлар биоцементтеу процесін құм бөлшектерінің мөлшеріне, аммоний хлоридінің концентрациясы немесе тұздану мөлшері артқан кезде жүргізуге болатындығын көрсетті.

Л. Ван Паассен және басқалар (2010) биоцементация сипаттайтын ең үлкен болжамды фактор F-потенциалы болатынын атап көрсеткен. F-потенциал - бұл жасушалардың беткейлік электр қабатындағы потенциалдың өлшемі. Яғни, бұл фактор бактериялардың адгезиясы мен колонизациясы үшін маңызды болып табылады [28]. Екінші маңызды фактор мочевианың ыдырау жылдамдығын жатқызған. Сонымен, авторлар *Sporosarcina pasteurii* бактериялары активті түрде мочевианы жоғары қарқындылықта ыдырататынын анықтады. [32].

## Қорытынды

Зерттеу жұмысымыз құмды биоцементтеуге бағытталған. Зертханалық жағдайда биоцементация жүргізілген Ақтау құмның беріктігін тексеру үшін физика-химиялық және механикалық эксперименттер жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде бактерия *S. pasteurii* белсенділігін көрсетті, кальций көміртегімен әрекеттесуі арқылы биоцементтелген үлгілердің беріктігін арттыруда маңызды рөл атқарды. Құмның беріктігіне фиксациялы инъекциялау, фиксациясыз инъекция әдісіне қарағанда тиімді болды. Зерттеу нәтижелері бактериялардың адгезиялық белсенділігіне кальцитпен әрекеттесуі ықпал етіп, түйіршіктер бір-бірімен нығыздалып, бөліктер құрды, бұл құмның беріктігін және сыртқы орта факторларына төзімділігін арттыратынын көрсетеді.

Биоцементацияны жүргізу барысындағы алынған нәтижелер Египеттегі Каир университетінің ғалымдары жүргізген зерттеу жұмысының нәтижесімен сәйкес келеді [35].

1С үлгісімен биоцементтелген құмның беткейлік бөлігінде кальцит кристалдарынан қалың қабат пайда болғаны SEM-BSE микроскопы арқылы анықталды. Бұндай қабат нығыздалған биоцементке басқа да сұйықтықтың енуіне жол бермейді. Сол себептен үлгілерге 12 - тәулік бойы қосатын мочеви́на мен кальций хлорлы сұйықтығын бірте - бірте аз мөлшермен қосу ұсынылды. Зерттеу нәтижелері бойынша қоректік ортада бактерияларды 24 сағат бойы инкубациялап, центрифугалық процестерді өткізбей қолданған тиімді. Біз қолданған әдіс көп күш, уақыт пен құралдарды үнемдейді және экономикалық жағынан артықшылықтарға ие, сонымен қатар үлкен аумақтағы құмға биоцементация жүргізу жұмысын жеңілдетеді.

Стерилденген ортада бактерияларды өсіріп, центрифугалау процесінен өткізбеу олардың көбею белсенділігі мен кальцит кристалдарының пайда болуына теріс әсер көрсетпейді. *S. Pasteurii* бактериясын биоцементацияда қолдану құмның беріктігін арттырады, сондықтан ауылшаруашылығында құмды нығайту мақсатында қолдануға болады.

## Әдебиеттер тізімі

1. El Mashad M., Hassan A. Increasing the strength of sandy-silty soils by mixing with cement dust // J. Eng. Sci., Assiut University, Department of Eng. – 2013. – Vol. 41(4). – P. 1-10.
2. Winterkorn H.F., Pamukchu S. Soil Stabilization and Grouting of Joints, in: Si Fang (ed.), Handbook of Foundation Design, Second Edition, Wannostrand Reinhold. – New York: NY, 1991. – 317 p.
3. Sirivitmaitri C., Puppala A., Saride S., Hoyos L. Combined lime-cement stabilization for increasing the service life of small roads, trans. // J. Transp. Res. Board. – 2011. – Vol. 2204(1). – P. 140-147.
4. Fauzi A., Nazmi W.M., Fauzi W.J. Stabilization of Kuantan clay bed using fly ash and bottom ash, in: 8th International Conference on Geotechnology and Transportation Engineering Geotropika. – Kinabalu, Sabah, Malaysia, 2010.
5. Ingunza M.P.D., Pereira C.L., Junior O.F.S. Use of sludge ash as a stabilizing additive in soil-cement mixtures for use in road pavements // J. Mater. Civil Eng. – 2015. – Vol. 27(7). – P. 3-5.
6. Trivedi J.S., Nair S., Iyyunni C. Optimal use of fly ash to stabilize low quality soil using genetic algorithm // Proc. Eng. – 2013. – Vol. 51. – P. 250-258.
7. Krishna T.M. Soil stabilization by peanut shell ash and waste fiber material // Int. J. Innov. Eng. Technol. – 2015. – Vol. 5(3). – P. 52-57.
8. Elmashad M.M.A. Comprehensive research on soil improvement in arid areas using industrial by-products such as slag, fly ash, waste iron hydroxide mixed with desert dune sand, Bentonite, cement and/or lime // Doctoral dissertation, Okayama University, Okayama. – Japan, 2006. – P. 76-82.
9. Baginia M.S., Ismaila A., Heradmand B., Hafezi M.H., Almanso R.A. Possibilities of Portland cement-bitumen emulsion mixture for soil stabilization in road base construction // Journal Technology. – 2013. – Vol. 65(2). – P. 67-72.
10. James J., Pandian P.K. Effect of microceramic dust on plasticity and swelling index of lime stabilized expansive soil // Int. J. Appl. Eng. Res. – 2015. – Vol. 10(42). – P. 30647-30650.



11. Bina C.S. Case studies on the application of coco coir geotextile for soil stabilization, in: International Conference on Case Histories in Geotechnics // Seventh International Conference on Case Histories in Geotechnics. – 2013. – Vol. 5(2). – P. 67-72.
12. Latifi N., Eisazadeh A., Marto A., Meehan K.L. Tropical residual soil stabilization: a powdered material for soil strength improvement // Const. Build. Mater. – 2017. – Vol. 147. – P. 827-836.
13. Jawad F., Zheng J. Improvement of fine sand by microbial-induced calcite deposition // Brit. J. Appl. Sci. Technol. – 2016. – Vol. 17(2). – P. 1-9.
14. Muhammad N., Siddiqua S., Latifi N. Curing earth bed materials using magnesium leaching: a sustainable construction additive // J. Mater. Civ. Eng. – 2018. – Vol. 30(10). – P. 1-13.
15. Umar M., Kassim K.A., Chiet K.T.P. Biological process of soil improvement in civil engineering: a review // J. Rock Mech. Geotechnical Engineering. Eng. – 2016. – Vol. 8. – P. 767-774.
16. Cheng L., Cord-Ruvish R. In situ soil cementation by ureolytic bacteria through surface percolation // Ecol. Eng. – 2012. – Vol. 42. – P. 64-72.
17. Sun N.W., Lee L.M., Khun T.K., Ling H.S. Factors influencing the improvement of engineering properties of residual soil by microbial-induced calcite deposition // J. Geotech. Geoenviron. Eng. – 2014. – Vol. 140(5). – P. 0401-4006.
18. Mortensen B.M., Haber M.J., Dejong J.T., Kaslake L.F., Nelson D.C. Effect of environmental factors on microbe-induced calcium carbonate deposition // J. Appl. Microbiol. – 2011. – Vol. 111(2). – P. 338-349.
19. Harkes M.P., van Paassen L.A., Buster J.L., Whiffin W.S., van Lausdrecht M.C.M. Fixation and distribution of bacterial activity in sand to induce carbonate deposition for soil stabilization // Ecol. Eng. – 2010. – Vol. 36(2). – P. 112-117.
20. Cardoso R., Pedreira R., Duarte S., Monteiro G., Borges J., Flores-Colen I. Biocementation as a method for rehabilitation of porous materials. New approaches to construction and durability // Build. Pathol. Rehabilitation. – 2016. – Vol. 99-120. – P. 99-120. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-0648-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-10-0648-7_5).
21. Yang Z., Cheng H. A study on the effectiveness of a high-strength microbiological mortar obtained by low-pressure grouting of joints to reinforce failing masonry structures // Const. Build. Mater. – 2013. – Vol. 41. – P. 505-515.
22. Grabeca A.M., Starzick J., Stefaniac K., Wierzbicki J., Zavala D. On the possibility of improving compacted silt soils using the biodeposition method // Const. Build. Mater. – 2017. – Vol. 138. – P. 134-140.
23. Li M., Wen C., Li Y., Zhu L. Effect of oxygen availability on microbial-induced calcite deposition (MICP) treatment // Geomicrobiol. J. – 2017. – P. 1-18.
24. Whiffin W.S. Microbial CaCO<sub>3</sub> deposition for biocement production, Ph. D. thesis, Murdoch University, 2004.
25. Jawad F., Zheng J. Improvement of fine sand by microbial induced calcite deposition // Brit. J. Appl. Sci. Technol. – 2016. – Vol. 17(2). – P. 1-9.
26. Sharpe A., Latkar M.V., Chakrabarti T. Microbially assisted cementation-a biotechnological approach to improve the mechanical properties of cement // Const. Build. Mater. – 2017. – Vol. 135. – P. 472-476.
27. Umar M., Kassim K.A., Cheet K.T.P. Biological process of soil improvement in civil engineering: a review // J. Rock Mech. Geotechnical Engineering. Eng. – 2016. – Vol. 8. – P. 767-774.
28. Van Paassen L., Goz R., Vander Linden T., Vander Star W., Van Lausdrecht M. Quantification of biomedical soil improvement by ureolysis: a large-scale biocontamination experiment // J. Geotech. Geoenviron. Eng. – 2010. – Vol. 136. – P. 1721-1728.
29. De Muynck Y., Verbeeken C., De Beli N., Verstraete W. Effect of urea and calcium dosage on the efficiency of bacterially induced carbonate deposition on limestone // Ecol. Eng. – 2010. – Vol. 36. – P. 99-111.
30. Foppen J.W.A., Schijven J.F. Transport of E. coli in columns of geochemically heterogeneous sediments // Water Res. – 2005. – Vol. 39. – P. 3082-3088.
31. Achal V., Li M., Zhang C. Biocement, a recent study in structural engineering: China's status compared to the rest of the world // Adv. Cem. Res. – 2013. – Vol. 26. – P. 281-291.
32. Torkzaban S., Tazehkand S.S., Walker S.L., Bradford S.A. Transport and fate of bacteria in porous media: coupled effects of chemical conditions and pore space geometry // Water Res. Res. – 2008. – Vol. 44. – P. 1-12.
33. Valencia-González Y., Carvalho-Camapum J., Lara-Valencia L.A. Influence of biomineralization on a profile of a tropical soil affected by erosive processes // DYNA. – 2015. – Vol. 82(192). – P. 221-229.
34. Foppen J.W.A., Schijven J.F. Transport of E. coli in columns of geochemically heterogeneous sediment // Water Res. – 2005. – Vol. 39. – P. 3082-3088.
35. ECP 2001, Egyptian code for soil mechanics and design and executing the foundations, Standard test method for slake durability. – 2001. – Part 2/202, section 2-35. – P. 291-293.



Б.Т. Жанатаев<sup>1</sup>, З.Б. Тұңғышбаева<sup>1</sup>, А.С. Сарсенова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Учреждение «Международная академия экологии», Астана, Казахстан

### Применение бактерии *Sporosarcina pasteurii* для укрепления почвы и песка микробиологическим способом

**Аннотация.** В данной статье представлены экологически и биологически безвредный метод укрепления почв с использованием микроорганизмов для получения биоцемента. В ходе исследования были использованы два метода: инъекция микроорганизмов и метод смешивания. Были использованы два типа каждого метода: фиксированная и нефиксационная форма инъекции и стерилизованная и нестерилизованная форма метода смешивания. В процессе получения биоцемента был использован микроорганизм *Sporosarcina pasteurii*, проведены исследования, направленные на укрепление песка и улучшение различных механических свойств песка, и получены результаты.

Возможность применения осаждения карбоната кальция (кальцита) для укрепления песка микробиологическим методом возросла, что привело к его широкому распространению и изучению. В настоящее время метод укрепления песка имеет большое биотехнологическое значение, является экономически эффективным и перспективным методом по сравнению с другими технологиями. В исследовательской работе с использованием микроорганизмов *Sporosarcina pasteurii* была укрепленна колонна песка путем осаждения карбоната кальция.

При исследовании биоцемента с помощью микроскопа SEM-BSE и рентгенографии, можно четко увидеть карбонатов кальция. Итак, подводя итоги работы, было доказано, что для укрепления песка можно использовать микроорганизм *Sporosarcina pasteurii*. В исследовании песка на прочность в водной эрозии доказано, что фиксирующая инъекция эффективнее, чем инъекции без фиксации.

По методу смешивания культивирование бактерий в стерильной среде без центрифугирования не оказывает негативного влияния на репродуктивную активность микроорганизмов и образование кристаллов кальцита.

**Ключевые слова:** кальцит, *Sporosarcina pasteurii*, бактерии, песок, укрепление.

B.T. Zhanatayev<sup>1</sup>, Z.B. Tungyshbayeva<sup>1</sup>, A.S. Sarsenova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>International Academy of Ecology, Astana, Kazakhstan

### Application of the bacterium *Sporosarcina pasteurii* for strengthening soil and sand by microbiological means

**Abstract.** This article presents an ecological and biological harmless method, soil strengthening using microorganisms, to produce biocement. Two methods were used in the study: microbial injection and mixing method. Two types of each method were used: a fixed and non-fixed form of injection and a styrylated and untyrylated form of mixing method. The microorganism *Sporosarcina pasteurii* was used in the process of biocement production, studies were carried out to strengthen the sand and improve various mechanical properties of the sand, and the results were obtained.

The possibility of using calcium carbonate (calcite) precipitation to strengthen sand by microbiological method has increased, leading to its widespread dissemination and study. At present, the method of strengthening sand has a great biotechnological significance, is a cost-effective and promising method compared with other technologies. In the research work using *Sporosarcina pasteurii* microorganisms, a column of sand was strengthened by calcium carbonate precipitation.

When examining the biocement with the SEM-BSE microscope and X-rays, the calcium carbonates can be clearly seen. So, summarizing up the work, it was proved that the microorganism *Sporosarcina pasteurii* can be used to strengthen the sand. The study of sand strength in water erosion proved that the fixing injection is more effective than non-fixing injection.

According to the mixing method, culturing bacteria in sterile medium without centrifugation has no negative effect on reproductive activity of microorganisms and formation of calcite crystals.

**Keywords:** calcite precipitate, *Sporosarcina pasteurii*, bacteria, sand, strengthening.

## References

1. El Mashad M., Hassan A. Increasing the strength of sandy-silty soils by mixing with cement dust, *J. Eng. Sci., Assiut University, Department of Eng.*, 41(4), 1-10 (2013).
2. Winterkorn H.F., Pamukchu S. Soil Stabilization and Grouting of Joints, in: Si Fang (ed.), *Handbook of Foundation Design, Second Edition*, Wannostrand Reinhold (New York: NY, 1991, 317 p.).
3. Sirivitmairi C., Puppala A., Saride S., Hoyos L. Combined lime-cement stabilization for increasing the service life of small roads, *trans. J. Transp. Res. Board.*, 2204(1), 140-147 (2011).
4. Fauzi A., Nazmi W.M., Fauzi W.J. Stabilization of Kuantan clay bed using fly ash and bottom ash, in: *8th International Conference on Geotechnology and Transportation Engineering Geotropika* (Kinabalu, Sabah, Malaysia, 2010).
5. Ingunza M.P.D., Pereira C.L., Junior O.F.S. Use of sludge ash as a stabilizing additive in soil-cement mixtures for use in road pavements, *J. Mater. Civil Engl.*, -27(7), 3-5 (2015).
6. Trivedi J.S., Nair S., Iyyunni C. Optimal use of fly ash to stabilize low quality soil using genetic algorithm, *Proc. Eng.*, 51, 250-258 (2013).
7. Krishna T.M. Soil stabilization by peanut shell ash and waste fiber material, *Int. J. Innov. Eng. Technol.*, 5(3), 52-57 (2015).
8. Elmashad M.M.A. Comprehensive research on soil improvement in arid areas using industrial by-products such as slag, fly ash, waste iron hydroxide mixed with desert dune sand, Bentonite, cement and/or lime, *Doctoral dissertation, Okayama University, Okayama, Japan*, 76-82 (2006).
9. Baginia M.S., Ismaila A., Heradmand B., Hafezi M.H., Almanso R.A. Possibilities of Portland cement-bitumen emulsion mixture for soil stabilization in road base construction, *Journal Technology*, 65(2), 67-72 (2013).
10. James J., Pandian P.K. Effect of microceramic dust on plasticity and swelling index of lime stabilized expansive soil, *Int. J. Appl. Eng. Res.*, 10(42), 30647-30650 (2015).
11. Bina C.S. Case studies on the application of coco coir geotextile for soil stabilization, in: *International Conference on Case Histories in Geotechnics. Seventh International Conference on Case Histories in Geotechnics*, 5(2), 67-72 (2013).
12. Latifi N., Eisazadeh A., Marto A., Meehan K.L. Tropical residual soil stabilization: a powdered material for soil strength improvement, *Const. Build. Mater.*, 147, 827-836 (2017).
13. Jawad F., Zheng J. Improvement of fine sand by microbial-induced calcite deposition, *Brit. J. Appl. Sci. Technol.*, 17(2), 1-9 (2016).
14. Muhammad N., Siddiqua S., Latifi N. Curing earth bed materials using magnesium leaching: a sustainable construction additive, *J. Mater. Civ. Engl.*, 30(10), 1-13 (2018).
15. Umar M., Kassim K.A., Chiet K.T.P. Biological process of soil improvement in civil engineering: a review, *J. Rock Mech. Geotechnical Engineering. Eng.*, 8, 767-774 (2016).
16. Cheng L., Cord-Ruvish R. In situ soil cementation by ureolytic bacteria through surface percolation, *Ecol. Eng.*, 42, 64-72 (2012).
17. Sun N.W., Lee L.M., Khun T.K., Ling H.S. Factors influencing the improvement of engineering properties of residual soil by microbial-induced calcite deposition, *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 140(5), 0401-4006 (2014).
18. Mortensen B.M., Haber M.J., Dejong J.T., Kaslake L.F., Nelson D.C. Effect of environmental factors on microbe-induced calcium carbonate deposition, *J. Appl. Microbiol.*, 111(2), 338-349 (2011).
19. Harkes M.P., van Paassen L.A., Buster J.L., Whiffin W.S., van Lausdrecht M.C.M. Fixation and distribution of bacterial activity in sand to induce carbonate deposition for soil stabilization, *Ecol. Engl.*, 36(2), 112-117 (2010).
20. Cardoso R., Pedreira R., Duarte S., Monteiro G., Borges J., Flores-Colen I. Biocementation as a method for rehabilitation of porous materials. New approaches to construction and durability, *Build. Pathol. Rehabilitation*, 99-120, 99-120 (2016). DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-0648-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-10-0648-7_5).
21. Yang Z., Cheng H. A study on the effectiveness of a high-strength microbiological mortar obtained by low-pressure grouting of joints to reinforce failing masonry structures, *Const. Build. Mater.*, 41, 505-515 (2013).
22. Grabeca A.M., Starzick J., Stefaniac K., Wierzbicki J., Zavala D. On the possibility of improving compacted silt soils using the biodeposition method, *Const. Build. Mater.*, 138, 134-140 (2017).
23. Li M., Wen C., Li Y., Zhu L. Effect of oxygen availability on microbial-induced calcite deposition (MICP) treatment, *Geomicrobiol. J.*, 1-18 (2017).

24. Whiffin W.S. Microbial CaCO<sub>3</sub> deposition for biocement production, Ph. D. thesis, Murdoch University, 2004.
25. Jawad F., Zheng J. Improvement of fine sand by microbial induced calcite deposition, Brit. J. Appl. Sci. Technol., 17(2), 1-9 (2016).
26. Sharpe A., Latkar M.V., Chakrabarti T. Microbially assisted cementation-a biotechnological approach to improve the mechanical properties of cement, Const. Build. Mater., 135, 472-476 (2017).
27. Umar M., Kassim K.A., Cheet K.T.P. Biological process of soil improvement in civil engineering: a review, J. Rock Mech. Geotechnical Engineering. Eng., 8, 767-774 (2016).
28. Van Paassen L., Goz R., Vander Linden T., Vander Star W., Van Lausdrecht M. Quantification of biomedical soil improvement by ureolysis: a large-scale biocontamination experiment, J. Geotech. Geoenviron. Eng., 136, 1721-1728 (2010).
29. De Muynck Y., Verbeeken C., De Beli N., Verstraete W. Effect of urea and calcium dosage on the efficiency of bacterially induced carbonate deposition on limestone, Ecol. Eng., 36, 99-111 (2010).
30. Foppen J.W.A., Schijven J.F. Transport of E. coli in columns of geochemically heterogeneous sediments, Water Res., 39, 3082-3088 (2005).
31. Achal V., Li M., Zhang C. Biocement, a recent study in structural engineering: China's status compared to the rest of the world, Adv. Cem. Res., 26, 281-291 (2013).
32. Torkzaban S., Tazehkand S.S., Walker S.L., Bradford S.A. Transport and fate of bacteria in porous media: coupled effects of chemical conditions and pore space geometry, Water Res. Res., 44, 1-12 (2008).
33. Valencia-González Y., Carvalho-Camapum J., Lara-Valencia L.A. Influence of biomineralization on a profile of a tropical soil affected by erosive processes, DYNA, 82(192), 221-229 (2015).
34. Foppen J.W.A., Schijven J.F. Transport of E. coli in columns of geochemically heterogeneous sediment, Water Res., 39, 3082-3088 (2005).
35. ECP 2001, Egyptian code for soil mechanics and design and executing the foundations, Standard test method for slake durability. Part 2/202, section 2-35, 291-293(2001).

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Жанатаев Б.Т.** – докторант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазыбек би 30, Алматы, Қазақстан.

**Тұңғышбаева З.Б.** – биология ғылымдарының докторы, профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазыбек би 30, Алматы, Қазақстан.

**Сарсенова А.С.** – биология ғылымдарының кандидаты, жетекші ғылыми қызметкер, Халықаралық экология академиясы мекемесі, Е-15 көш., 3, Астана, Қазақстан.

**Zhanatayev B.T.** – PhD student, Abai Kazakh National Pedagogical University, 30 Kazybek Bi Street, Almaty, Kazakhstan.

**Tungyshbayeva Z.B.** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Abai Kazakh National Pedagogical University, 30 Kazybek Bi str., Almaty, Kazakhstan.

**Sarsenova A.S.** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, International Academy of Ecology, 3 E-15 str., Astana, Kazakhstan.

Б.С. Имашева<sup>1</sup>, Қ.А. Асқаров<sup>2\*</sup>, Е.Т. Тоқбергенов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Балаларды оңалту ұлттық орталығы, Астана, Қазақстан

<sup>2</sup>Қоғамдық денсаулық сақтау ұлттық орталығы, Астана, Қазақстан

Байланыс үшін автор: kuandyk.askarov@hls.kz

## Жамбылдың «Минералды тыңайтқыштар» зауытының өңірлік экологиялық жағдайы мен халықтың демографиялық ахуалына әсері

**Аңдатпа.** Мақала «Қазфосфат» ЖШС филиалы – «Минералды тыңайтқыштар» зауыты орналасқан Тараз қаласындағы экологиялық жағдайды зерттеуге арналған. Зерттеу «Қазақстан Республикасында дербестендірілген және превентивті медицинаны енгізудің ұлттық бағдарламасы» ЖМНИ OR12165486 ғылыми жобасы шеңберінде орындалды.

Зерттеу нәтижесінде Тараз қаласының атмосфералық ауасындағы ауыр металдардың тіркелетін концентрациясы рұқсат етілген тәуекел регламентінің деңгейінде немесе одан жоғары болды да, химия өнеркәсібі кәсіпорындары шығарындыларының тікелей әсері анықталды. Тараз қаласының атмосфералық ауасын дәстүрлі ластаушылар қауіптілігінің жиынтық индексі тыныс алу жүйесі үшін жоғары екендігі белгілі болды. Тараз қаласының атмосфералық ауасындағы қалған ластауыштардың орташа жылдық концентрацияларының мәндері, олардың референттік деңгейлерінен шамалы жоғары екендігі анықталды.

Тараз қаласының экологиялық жағдайын зерттеу нәтижесінде, «Қазфосфат» ЖШС «Минералды тыңайтқыштар» зауытының өнеркәсіптік аймағынан анықталған заттардың әсерінен қалыптасқан, заттардың кең спектрі (көміртек (күйе, қара көміртек), аммиак, шекті С12-С19 көмірсутектері, бенз(а)пирен, азот (IV) диоксиді, фторлы сутегі, күкірт диоксиді, қорғасын және кремний диоксидінің бейорганикалық шаңы) атмосфералық ауаны ластауы орын алды. Олардың әсерінен халықтың денсаулығына қауіп анықталған өлім-жітімді, тыныс алу жүйесі аурулары мен қатерлі ісіктер деңгейінің төмендету үшін ең алдымен Тараз қаласындағы экологиялық жағдайды сауықтыруға бағытталған жоспарлы табиғат қорғау іс-шараларын әзірлеуді және жүргізуді талап етеді.

**Түйін сөздер:** экологиялық жағдай, қоршаған орта, ластану нысандары, атмосфералық ауаны ластаушылар, эпидемиологиялық зерттеу.

DOI: 10.32523/2616-7034-2023-144-3-82-94

### Кіріспе

Тараз қаласының экологиялық проблемасы өзекті болып табылады, өйткені қала, қоршаған ортаның қарқынды ластануымен сипатталатын, Қазақстан Республикасының химия өнеркәсібінің ірі орталығы болып табылады. Ондаған жылдар бойы «Қазфосфат» ЖШС өнеркәсіп нысандарының стационарлық көздерінен зиянды заттар шығарындыларының үлкен көлемі бөлінеді және қаладағы атмосфералық ауаның сапасын төмендетеді.



Әлемнің дамыған елдерінде қоршаған ортаның ластану проблемаларын шешу қоғамдық денсаулық сақтау саласындағы заңнаманы, басқарушылық шешімдер қабылдаудың сенімді сандық өлшемдерін пайдалануға мүмкіндік беретін халық денсаулығына тигізетін қауіп-қатерді талдау тұжырымдамасын әзірлеумен және оны іске асырумен тікелей байланысты [1-3].

Қазақстан Республикасының аумағында экологиялық қатерді бағалау әдістерін қолдана отырып жүргізілген зерттеулер, қоршаған ортаның әртүрлі нысандарының ластану деңгейі мен халық денсаулығының жай-күйі арасындағы себеп-салдарлық байланыстарды анықтауға бағытталып отыр [1,2].

Тәуелсіздік алғалы бері Қазақстанда, қоршаған ортаның сапасын басқару жүйесі қалыптасты, дегенмен ол, Халық денсаулығы үшін толық қауіпсіздікті қамтамасыз ете алмады және ел ауқымында да, нақты өңірлерде де, экологиялық ахуалды жақсартуға бағытталған іс-әрекеттердегі басымдықтарды дұрыс айқындай алмады [2,4]. Осыған байланысты, Қазақстан Республикасындағы қарқынды урбандалу процестерін және онымен байланысты қоршаған орта мен халыққа жоғары техногендік жүктемені ескере отырып, өнеркәсіптің алуан түрлі салаларындағы кәсіпорындармен шоғырланған қалаларында тұратын халықтың денсаулығына төнетін қатерді бағалаудың ЕО және АҚШ елдерінде кеңінен қолданылатын әдіснамасын апробациялау туралы шешім қабылданды [4,5].

Зерттеудің мақсаты атмосфералық ауаның химиялық шығарындылармен ластануын анықтау, «Қазфосфат» ЖШС филиалы - «Минералды тыңайтқыштар» зауытының орналасқан аймақтың экологиялық жағдайы мен Тараз қаласы халқының демографиялық көрсеткіштеріне баға беру болып табылады.

Зерттеу нысаны Тараз қаласындағы «Қазфосфат» ЖШС «Минералды тыңайтқыштар» зауыты болды. Қала халқының денсаулығын бағалау әдістемесін қолдана отырып, халық денсаулығының жай-күйін және тіршілік ету ортасының сапасын зерттеу үшін аталған өнеркәсіптік нысанға ең жақын орналасқан елді мекендер таңдалды. Зерттеуде сырқаттану қауіпін талдау әдістемесінің нысандары: аурулардың таралу деңгейі мен динамикасы, халықтың денсаулық жағдайының қалыптасу барысының Тараз қаласының атмосфералық ауасындағы химиялық заттар кешенінің аэрогендік әсерімен өзара байланысы болды.

### Әдістер мен материалдар

Тараз қаласы әуе бассейнінің химиялық ластануы Қазақстан Республикасы гидрометеорологиялық қызметінің бақылау бекеттерінде айқындалатын атмосфералық ауаның негізгі дәстүрлі ластауыштарымен және аспаптық өлшеулер деректері бойынша Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігі Санитариялық-эпидемиологиялық бақылау комитетінің «Ұлттық сараптама орталығы» ШЖҚ РМК Жамбыл облыстық филиалының зертханасымен осы зерттеулерді жүргізу шеңберінде анықталған басым ластауыштардың адам денсаулығына келтіретін қауіпін бағалады [6,7].

Дәстүрлі ластауыштар «Қазгидромет» РМК жариялаған Қазақстан Республикасының қоршаған ортасының жай-күйі туралы ақпараттық бюллетендердің деректері бойынша бағаланды. Соңғы 3,5 жылдағы деректер талданды (2018 жылдан бастап 2021 жылдың бірінші жартыжылдығына дейінгі кезең) [8].

Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігі Санитариялық-эпидемиологиялық бақылау комитетінің «Ұлттық сараптама орталығы» ШЖҚ РМК зертханалары ауада өлшеу жүргізу үшін бақылау нүктелері таңдалған өнеркәсіптік нысандардың орналасқан жеріне байланысты, олардың елді мекендердің тұрғын аймақтарынан, сондай-ақ негізгі санитариялық-қоршалған аймақтары шекараларының қашықтығы мен жел бағытын ескере отырып таңдалған жер аймақтары айқындалды [9,10].

Зиянды ластаушы заттар кешенімен атмосфералық ауаның ластану деңгейін сипаттау үшін 1 және 2-кестелерде ұсынылған гигиеналық критерийлер қолданылды.

Кесте 1

**Атмосфералық ауаның зиянды заттар кешенімен ластану деңгейінің гигиеналық сипаттамасы**

Атмосфералық ауаның ластану деңгейі	Кешенді көрсеткіштің шамасы
Рұқсат етілген	2,0
Әлсіз	2,1 - 4,0
Орташа	4,1 - 8,0
Күшті	8,1 - 16,0
Өте күшті	16,1 және одан да жоғары

Кесте 2

**Атмосфераның ластану индексінің дәрежесін бағалау**

Дәрежесі		Атмосфераның ластану көрсеткіштері	Жыл бойы бағалау
Градация	Атмосфераның ластануы		
I	Төмен	Атмосфераның ластану индексі (АЛИ)	0-4
II	Көтеріңкі		5-6
III	Жоғары		7-13
IV	Өте жоғары		≥ 14

### Нәтижелер

Өнеркәсіптік кәсіпорынның сипаттамасы. «Қазфосфат» ЖШС – Жамбыл облысының кен орындарында фосфор кенін өндіру, қайта өңдеу және минералды тыңайтқыштар, сары фосфор және басқа да құрамында фосфоры бар пайдалы заттар өндіретін компания. Тараз қаласындағы «Минералды тыңайтқыштар» зауыты ауыл шаруашылығы үшін минералды тыңайтқыштар, фторланбаған азықтық фосфаттар шығарады. Сондай-ақ қала аумағында, қуаты 1,2 ГВт «Т.И. Батуров атындағы Жамбыл ГРЭС» АҚ-ның 6 блогы жұмыс істейді де, ол Тараз қаласын, облысты және жақын орналасқан өңірлерді электр энергиясымен қамтамасыз етеді [11].

«Минералды тыңайтқыштар» зауытының нысандары Тараз қаласының солтүстік-батысындағы өнеркәсіптік аймақта орналасқан және 449,2 га аумақты алып жатыр. Оның құрамына келесі негізгі өндірістер кіреді:

- фосфорлы-азотты тыңайтқыштар – аммофос өндірісі;
- 19%  $P_2O_5$ -ті қарапайым суперфосфат өндірісі;
- 18%  $P_2O_5$ , 18% N-ты сульфоаммофос өндірісі;
- 22%  $P_2O_5$ , 22% N-ты нитроаммофос өндірісі;
- 27%  $P_2O_5$ -ті азықтық трикальцийфосфат өндірісі;
- 41%  $P_2O_5$ -ті азықтық кальцийнатрийфосфат өндірісі;
- техникалық  $H_2SO_4$  күкірт қышқылы өндірісі.

«Минералды тыңайтқыштар» зауытының өндіріс аумағында 216 стационарлық ластану көздері, оның ішінде 65 бақыланбалы ластану көздері анықталған.

«Минералды тыңайтқыштар» зауытының жұмысы кезінде ластаушы заттардың жалпы шығарылымы жылына 638,249 тоннаны құрайды. Атмосфераның негізгі ластаушылар қатарына өндірістің барлық цехтары (аммофос цехтары, азықтық фторсыз фосфаттар, күкірт қышқылын өндіру, энергиямен жабдықтау) кіреді. «Минералды тыңайтқыштар» зауыты қауіптіліктің бірінші санатына жатқызылған, сондықтан кәсіпорынның айналасында шекарасы – 1000 метр мөлшерінде, санитарлық-қорғау аймағы белгіленген.

Атмосфераға шығарылатын негізгі заттар – темір, марганец, көміртек (күйе, қара көміртек), аммиак, көміртек оксиді, шекті көмірсутектер  $C_{12}$ - $C_{19}$ , бенз(а)пирен, азот (IV)

диоксиді, фторлы сутегі, күкірт диоксиді, қорғасын және бейорганикалық шаң (кремний қостотығы, 20%-дан төмен).

«Минералды тыңайтқыштар» зауытының нысандары 1950 жылы ашылып, осы уақытқа дейін жұмыс жасап тұр және олардың Тараз қаласының атмосферасына шығаратын шығарындылары қала ластануының жалпы фондық көрсеткішіне белгілі деңгейде үлес қосады. Тараз қаласының атмосфералық ауасының жай-күйін бақылау «Қазгидромет» РМК-ның 5 бақылау бекетінде жүргізіледі.

Аймақтың климаттық сипаттамасы. Тараз қаласы Жамбыл облысының әкімшілік орталығы болып табылады және Қазақстанның оңтүстігінде, Қырғыз Республикасымен шекарас, Талас өзенінің жағасында орналасқан. Оның маңайында тау сілемдері, батысында Қаратау таулары, оңтүстігінде батыс Тянь-Шань сілемдері орналасқан. Тараз қаласына үш әкімшілік-аумақтық аудан кіреді. Сонымен қатар, қалада оннан астам тұрғын үй ықшам аудандары бар.

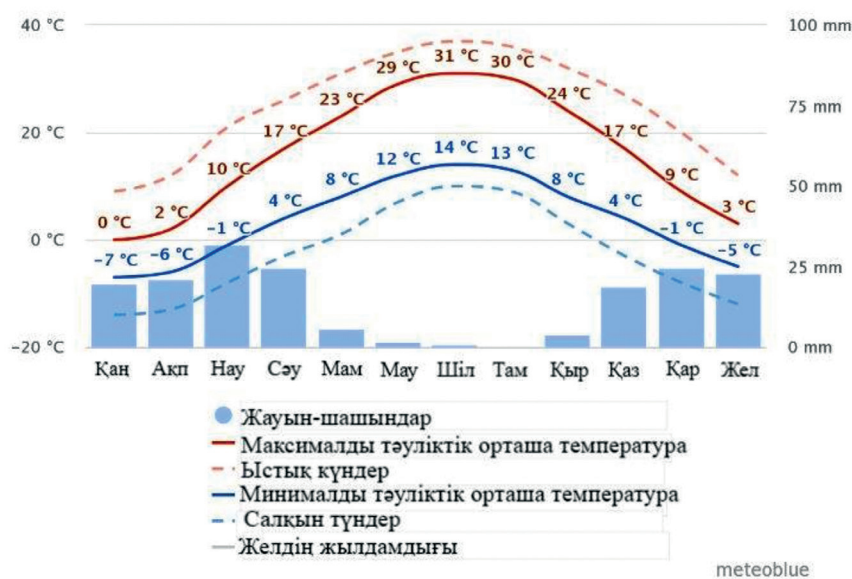
Тараз қаласының климаты құрғақ және континенттік, бұл қаланың мұхиттардан қашықтығымен және атмосферадағы ауаның айналым ерекшеліктерімен түсіндіріледі, яғни ашық немесе аз бұлтты ауа райының жиі қалыптасуына ықпал етеді, сондай-ақ ауа ағымына күн жылуының үлкен ықпалымен қамтамасыз етіледі. Ауа температурасының абсолютті минимумы қаңтар айында  $-40,0^{\circ}$ , шілдеде  $+7,2^{\circ}\text{C}$ ; абсолюттік максимумы – қаңтар айында  $+22,1^{\circ}$ , шілдеде  $+43,7^{\circ}\text{C}$ , 1-сурет [12,13].

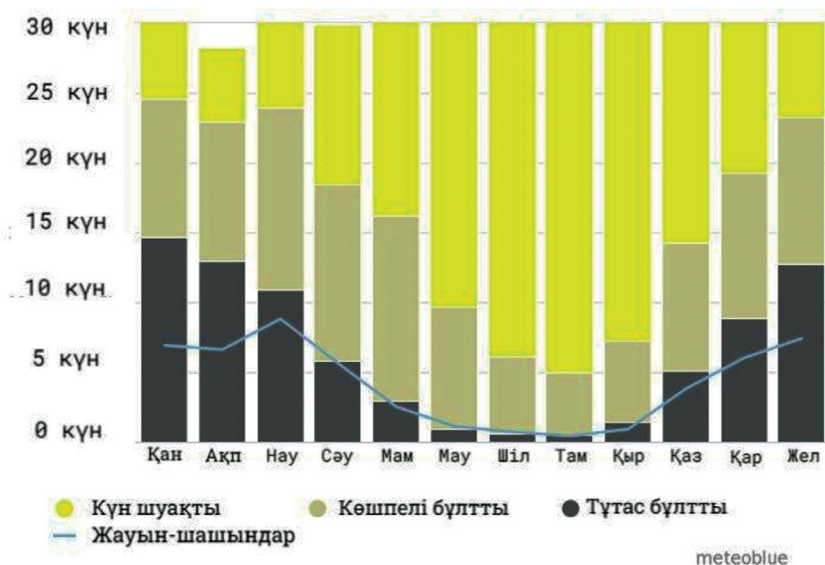
Атмосфералық ауаның химиялық ластануын гигиеналық бағалау. Тараз қаласында атмосфералық ауаға эмиссияны жүзеге асыратын 4264 кәсіпорын жұмыс істейді. Стационарлы ластану көздерінен поллютанттар жиынтығының нақты шығарындылары 28,3 мың тоннаны құрайды [14].

«Қазгидромет» РМК-ның Жамбыл облысы бойынша филиалы Тараз қаласының атмосфералық ауасының жай-күйін бақылауды үздіксіз режимде жұмыс істейтін 5 бақылау бекетінде: 4 сынаманы қолмен және 1 жүйелі іріктеу бекетінде жүргізеді.

«Қазфосфат» ЖШС нысандарына жақын орналасқан бақылау бекеттеріне Шымкент көшесі, 22 және Рысбек батыр көшесі, 15 (Ниетқалиев көшесінің қиылысы) бойында № 1 және № 2 сынаманы қолмен іріктеу бекеттері жатады.

Жалпы көрсетілген бекеттер бойынша 15 көрсеткіш: қалқыма заттар (шаң), қалқыма заттар ( $\text{PM}_{2,5}$  және  $\text{PM}_{10}$ ), күкірт диоксиді, көміртегі оксиді, азот диоксиді, азот оксиді, озон, күкіртті сутек, фторлы сутегі, аммиак, формальдегид, бенз(а)пирен, марганец, қорғасын анықталды.

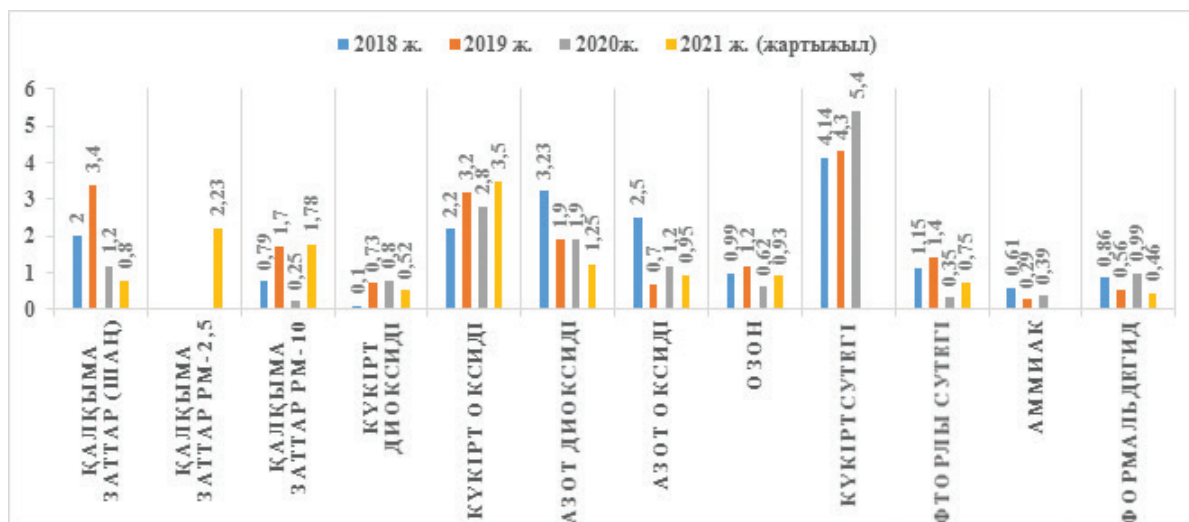




Сурет 1. Орташа айлық температура, жауын-шашынды және шуақты күндер саны

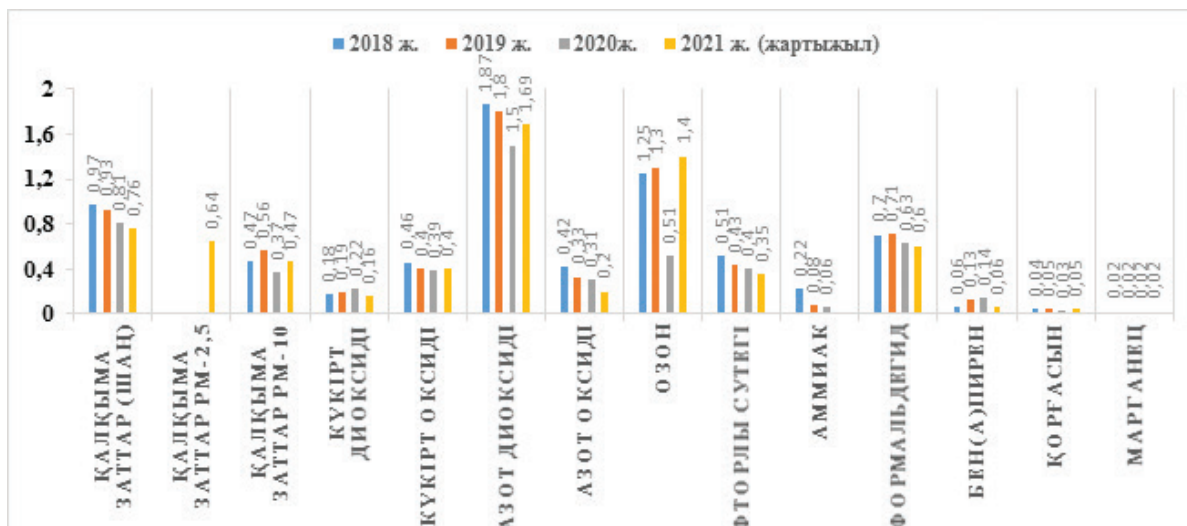
Тараз қаласы әуе бассейнінің ластануын бағалау үшін 2018 жылдан бастап 2021 жылдың бірінші жартыжылдығы аралығындағы «Қазгидромет» РМК-ның деректері талданды.

Тараз қаласының атмосфералық ауасын ластаушылар деңгейіне талдау, 2 және 3-суреттерде келтірілген, бақылау кезеңіндегі ең жоғары-бір реттік және орташа тәуліктік ШЖК-нан асу еселігінің мәндері бойынша жүргізілді.



Сурет 2. 2018 жылдан бастап 2021 жылдың бірінші жартыжылдығы аралығында Тараз қаласында атмосфералық ауаның ШЖК (ең жоғары бір реттік) арту еселігі





Сурет 3. 2018 жылдан бастап 2021 жылдың бірінші жартыжылдығы аралығында Тараз қаласында атмосфералық ауаның ШЖК (орташа шоғырлануы) арту еселігі

2 және 3-суреттерден ШЖК ең жоғары бір реттік бақыланатын ауаның ластағыштары орташа концентрациялар бойынша ұқсас көрсеткіштерден едәуір жоғары болды.

Зерттеу жүргізген кезеңде ШЖК ең жоғары (2 және оданда көп) көрсеткіші, қалқыма заттар мен бөлшектерде (шаң; РМ<sub>2,5</sub>), көміртегі тотығында, азот диоксидінде, азот оксидінде және күкіртсутегінде анықталды. Салыстырмалы түрде ең жоғары мәндер ШРК 4,14-5,4 еселігі күкіртсутегінде байқалды. ШЖК ең жоғары бір реттік деңгейінде және жоғары көрсеткіштерге РМ<sub>10</sub> қалқыма заттар, жер үсті озоны, сутегі фториді ие болды.

2-суреттен көріп отырғанымыздай, ауаның күкіртсутекпен ластану деңгейі 2018 жылдан бастап өсу үрдісіне ие (4,14-тен 5,4-ке дейін). Тараз қаласының атмосфералық ауасындағы күкіртсутектің концентрациясы зерттеу кезеңінде жоғары деңгейде тіркелді. Мұны қаладағы қолайсыз метеорологиялық жағдайлардың (қала ауа массасының аз желденуі мен жазғы маусымдағы ауаның қатты ысуы) жиі кездесетіндігімен түсіндіруге болады. Бұл жағдай, өз кезегінде, Тараз қаласы ауасындағы күкіртсутегінің ең жоғары бір реттік шоғырлануы себеп болуы мүмкін.

Тараз қаласының атмосфералық ауасында кейбір ингредиенттердің орташа тәуліктік шоғырлану нормативтерінің өсуі байқалады. Негізінен орташа тәуліктік шоғырланудың өсуі азот диоксиді мен жер үсті озоны бойынша тіркелді.

Ауыр металдардың ауадағы орташа тәуліктік шоғырлануының жоғарылауы тіркелген жоқ.

Зерттеу барысында біз, жиынтық көрсеткіші «Кж» мен кешенді көрсеткіш «Р» есебін жүргіздік, ал атмосфераның ластану индексінің (АЛИ) мәндері «Қазгидромет» РМК-ның ресми деректерінен, Қоршаған ортаның жай-күйі туралы ақпараттық бюллетеньдерінен алынды.

Кешенді көрсеткіштерді есептеу нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Тараз қаласы ауасының ластануының кешенді көрсеткіштері (мг/дм<sup>3</sup>)

Жыл	«Кж»	«Р»	АЛИ
2018 ж.	4,46	7,40	6
2019 ж.	4,44	7,36	6
2020 ж.	3,27	4,78	4
2021 ж. (бірінші жартыжылдық)	3,96	7,10	-

3-кестеден көріп отырғанымыздай, жиынтық көрсеткішінің «Кж» деңгейі барлық бақылау кезеңінде «Р» көрсеткіштерімен салыстырғанда көп жағдайда төмен тіркелді.

1-кестеде келтірілген гигиеналық критерийлерге сәйкес Тараз қаласының атмосфералық ауасының ластану деңгейі жиынтық көрсеткішінің «Кж» мәндері бойынша: 2018-2019 жылдары – ластанудың орташа дәрежесімен; ал 2020 жылдан бастап 2021 жылдың бірінші жартыжылдығында – ластанудың әлсіз дәрежесімен бағаланды.

3-кестенің деректерінен «Р» көрсеткішінің мәні жиынтық көрсеткішінен «Кж» әлдеқайда жоғары екендігі көрінеді. «Р» мәндері 4,78-7,40 (орташа ластану) мг/дм<sup>3</sup> шегінде анықталды.

Тараз қаласы атмосферасының ластану деңгейі АЛИ мөлшері бойынша да бағаланды. АЛИ есептері бақыланатын ингредиенттердің орташа жылдық мәні бойынша жүргізілді. Жылдық мониторингтің толық болмауына байланысты 2021 жылға есеп айырысулар жүргізілген жоқ.

3-кестеден, сондай-ақ, 2018 жылдан бастап 2020 жылға дейін АЛИ көрсеткіштері жоғары деңгейде тұрақты қолдау тапқаны байқалады. Ұсынылған АЛИ бағалау критерийлері бойынша Тараз қаласының атмосфералық ауасының ластануы жоғары болды.

Кешенді көрсеткіштерді есептеу нәтижелері мен олардың мәні, халықтың денсаулығы үшін өте қауіпті деңгейде екенін көрсетті, ал ауа атмосферасының жай-күйі, Тараз қаласындағы экологиялық жағдайдың қолайсыз екендігін көрсеттеді.

Халық денсаулығының негізгі көрсеткіштері. Тараз қаласындағы медициналық-демографиялық ахуал мен халық санағының орташа жылдық көрсеткіштері 2018-2020 жылдардағы ресми статистика деректері бойынша талданды. Осы кезеңде халықтың жылдық орташа санының жалпы өсу қарқыны 1,44%-ды құрады, бұл облыс көрсеткішінен 1,28%-ға жоғары, ал республикалық көрсеткіш мәнінен төмен – 4,16% болды.

Тараз қаласы халқының туу көрсеткіштерінің өзгеру серпінін талдау барысында, туудың өсу үрдісі зерттеу кезеңінде 13,27% болғанын және тұрақты ( $r=0,96$ ) түрде сипатталғанын көрсетті, ал республика бойынша ол 3,7%-ға өсіп және тұрақсыз ( $r=0,47$ ) сипатта болды, 4-кесте.

Тараз қаласы халқының 2018-2020 жылдардағы өлім-жітім көрсеткіштерінің өзгеру серпіні 7,33%-ден 10,16%-ге дейін, өлім-жітімнің тұрақты ( $r=0,92$ ) өсу үрдісін көрсетті және ол қарастырылып отырған кезеңде 38,6%-ға артты.

Қала халқының өлім-жітімі көрсеткіштерінің өсу тренді облыс бойынша да тұрақты айқындалған ( $r=0,91$ ) сипатта болды. Жалпы республика бойынша өлім-жітім көрсеткіштері тұрақсыз ( $r=0,35$ ) тренд көрсетіп, 5,69%-ға өсті, 4-кесте.

#### Кесте 4

**2018-2020 жылдардағы Қазақстан Республикасы және Жамбыл облысы бойынша деректерді салыстырғанда Тараз қаласы халқының туу, өлім-жітім, нәрестелер өлімі мен табиғи өсім көрсеткіштерінің өзгеру серпіні (1000 адамға шаққандағы көрсеткіш, ‰)**

Аймақ	2018 ж.	2019 ж.	2020 ж.	2020 жылғы және 2018 жылға қатысты айырмашылығы, %	r
Туу					
Қазақстан Республикасы	22,16	21,22	22,98	3,70	0,47
Жамбыл облысы	25,73	26,34	28,67	11,43	1
Тараз қаласы	25,7	26,53	29,11	13,27	0,96
Өлім					
Қазақстан Республикасы	7,47	6,72	7,89	5,62	0,36
Жамбыл облысы	7,37	7,70	10,07	36,64	0,92
Тараз қаласы	7,33	7,73	10,16	38,61	0,92

Табиғи өсім					
Қазақстан Республикасы	14,69	14,50	15,09	2,72	0,66
Жамбыл облысы	18,36	18,64	18,59	1,25	0,77
Тараз қаласы	18,37	18,80	18,95	3,16	0,96
Нәрестелер өлімі					
Қазақстан Республикасы	7,90	8,00	6,84	-13,42	-0,82
Жамбыл облысы	7,13	10,38	9,64	35,20	-0,28
Тараз қаласы	7,59	11,21	9,96	31,23	0,34

2020 жылы Тараз қаласы халқының өлім-жітім деңгейі облыстық көрсеткіштерден 0,08‰ жоғары болды да, ал республикалық көрсеткіштерден 1,3 есе артық болды.

Зерттелген кезеңде Тараз қаласы халқының табиғи өсімі, өсу үрдісімен сипатталып, республикалық деңгейден біршама жоғары болды. Қала және облыс бойынша трендтер айқын сипатқа ие болды ( $R=0,96$  және  $R=0,77$ , тиісінше).

### Талқылау

«Қазфосфат» ЖШС «Минералды тыңайтқыштар» зауытының нысандары орналасқан өңір үшін, зерттеудің мақсаттары мен міндеттеріне сәйкес, аталған нысандарға жақын орналасқан, Тараз қаласы халқының денсаулығына тигізетін қауіп-қатерді бағалау. Әдістемеге сәйкес базалық схема бойынша «Қазгидромет» РМК Жамбыл филиалының бақылау бекеттерінің деректері бойынша Тараз қаласының тұрғындары үшін атмосфералық ауаның ластану қаупін бағалау жүргізілді [15].

Қауіпті сәйкестендіру кезеңінде Тараз қаласының атмосфералық ауасында бақыланатын 15 химиялық заттар талданды, өйткені олар тәуекелді бағалау барысында басым ластауыштар тізімінен табылды. Талданған заттардың ішінен 2 зат (қорғасын және бенз(а)пирен) канцерогендік қасиетке ие. Тізімге енгізілген ластағыштардың басымы, негізінен тыныс алу ағзаларына жағымсыз әсерлерімен ерекшеленді.

Экспозицияны бағалау кезінде айтарлықтай жоғары дозалық жүктеме жүрек-тамыр жүйесі ауруларын тудыруы мүмкін көміртегі оксидінің ең жоғары концентрациясы анықталды.

«Доза/шоғырлану - әсер» тәуелділігін бағалау кезінде Тараз қаласындағы медициналық-демографиялық жағдайы туудың жоғары болуымен және халықтың аз ғана табиғи өсуімен сипатталғаны анықталды. Алайда, өлім-жітім деңгейі 2018 жылдан бастап 2020 жылға дейінгі кезеңде республикалық деңгейден жоғары болып, оның 38,61%-ға тұрақты өсу үрдісі байқалды. Жүрек-қантамыр жүйесі ауруларынан, ісіктерден, жарақаттардан және уланудан болатын өлім-жітімнің үлес-салмағы артты. Сәби өлімінің өсуі байқалды, ал оның көрсеткіштері республикалық көрсеткіштерден жоғары болды. Зерттелген кезеңде Тараз қаласында тыныс алу ауруларынан, ісіктерден болатын өлім-жітім көрсеткіштері артқан. Халықтың тыныс алу ауруларынан болған өлім-жітім, республика көрсеткіштері деңгейінен 2 есе жоғары болды.

Тараз қаласында ең көп үлес салмақты тыныс алу және жүрек-қантамыр жүйесінің аурулары алды, олардың көрсеткіштері зерттелу жылдары артқан. Тыныс алу және жүрек-қантамыр жүйесінің аурулары, онкологиялық, жүйке жүйесі мен қан ауруларының деңгейі республикалық деңгейден жоғары болды.

Тәуекелді сипаттау кезеңінде қорғасын мен бенз(а)пиреннің канцерогенді жеке қауіп-қатерінің мәні шартты түрде қолайлы деңгейде екендігі анықталды. Канцерогендік емес тәуекелдерді анықтау барысында жедел және созылмалы әсер ету кезінде кейбір заттардың қауіптілік коэффициенттерінің мәні 1,0-ге тең немесе одан төмен болып, тәуекелдің рұқсат етілген (қолайлы) деңгейінен едәуір асып кеткені анықталды. Ингаляциялық қауіптің ең жоғары қолайсыз деңгейлері қалқыма заттар мен қалқыма бөлшектерде ( $PM_{10}$ ) байқалды.

Ауаны ластаушы заттардың жалпы қауіптілік индексі Тараз қаласында тыныс алу жүйесіне бағытталғандығы өте жоғары деңгейде болды.

Тараз қаласының атмосфералық ауасының қалқыма заттармен ( $PM_{2,5}$ ) ластану факторларының әсерінен болатын өлім-жітім қаупін есептік бағалау нәтижесінде, әсіресе 2020 жылы жарақатсыз өлім-жітім мен жүрек-өкпе ауруларынан болатын өлім-жітімнің жоғары деңгейі анықталды және олардан болатын өлім-жітімнің жеке қауіптік-қатері үшінші диапозонда ( $1 \times 10^{-3}$ -тен жоғары) болды, бұл олардың кәсіби топтар мен жалпы халық үшін қолайсыз екенін айқындайды.

Жүргізілген зертханалық-аспаптық зерттеулердің нәтижелері бойынша жедел әсер ету деңгейін бағалау кезінде көміртегі тотығының қауіптілік коэффициенті кәсіпорыннан оңтүстік-шығыс және шығыс жағына қарай қоныстану аймағында жол берілетін (қолайлы) тәуекел деңгейінен едәуір – 17,6 және 14,7 есе жоғары болды.

### Қорытынды

Тараз қаласының тұрғындары үшін атмосфералық ауаның ластану қаупін бағалау негізі мен зерттеу нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасауға болады:

Тараз қаласының атмосфералық ауасында бақыланатын талданған химиялық заттар қауіпті бағалау параметрлеріне сәйкес келді, оның ішінде 2 зат (қорғасын және бенз(а) пирен) канцерогендік қасиеттерін көрсетіп, тыныс алу органдары тарапынан жағымсыз әсерлер туғызу қабілетіне ие болды. Экспозицияны бағалау кезінде айтарлықтай жоғары дозалық жүктеме жүрек-тамыр жүйесі ауруларын тудыруы мүмкін көміртегі оксидінің ең жоғары концентрациясы анықталды.

«Доза/шоғырлану – әсер» тәуелділігін бағалау кезінде Тараз қаласының тұрғындары үшін, республикалық көрсеткіштермен салыстырғанда өлім-жітімнің жоғары болуы аясында, туудың жоғары және табиғи өсімнің жартылай жоғары деңгейі тән екендігі анықталды. Халықтың тыныс алу жүйесі ауруларынан өлім-жітім, республика көрсеткіштері деңгейінен 38,61%-ға тұрақты арту үрдісі байқалды.

Тараз қаласының тұрғындарында тыныс алу және жүрек-қантамыр жүйесі ауруларының үлес салмағы зерттеу жылдарында республикалық көрсеткіштер деңгейінен жоғары болды. Канцерогендік жеке тәуекелдің мәні бойынша қорғасын мен бенз(а) пиреннің көрсеткіштері жедел және созылмалы әсер ету кезінде рұқсат етілген (қолайлы) тәуекел деңгейінен асып түсті. Ингаляциялық қауіптің ең жоғары қолайсыз деңгейлері өлшенген заттар, өлшенген бөлшектер ( $PM_{10}$ ) бойынша байқалады. Қаланың атмосфералық ауасын дәстүрлі ластаушылардың қауіптілігінің жиынтық индексі тыныс алу органдарына бағытталуында айтарлықтай жоғары болды.

Жүргізілген зертханалық-аспаптық зерттеулердің нәтижелері бойынша жедел әсер ету деңгейін бағалау кезінде көміртегі тотығының қауіптілік коэффициенттерінің мәндері кәсіпорыннан оңтүстік-шығыс және шығыс жағына қарай қоныстану аймағында жол берілетін (қолайлы) тәуекел деңгейінен едәуір – 17,6 және 14,7 есе асып түсті.

Қорыта келгенде, Тараз қаласында химиялық заттардың кең спектрі бойынша атмосфералық ауаның ластануы айтарлықтай жоғары деңгейі байқалды. Олардың әсерінен халықтың денсаулығына анықталған қауіптер өлім-жітімді, тыныс алу ағзаларының ауруларымен, ісіктермен, жүрек-тамыр және жүйке жүйесі ауруларымен сырқаттанушылықты төмендету үшін ең алдымен қаладағы экологиялық жағдайды сауықтыруға бағытталған жоспарлы табиғатты қорғау іс-шараларын әзірлеуді және жүргізуді талап етеді.



## Әдебиеттер тізімі

1. ECE. Guidelines for Development of the National Strategies for the Use of Air and Water Quality Monitoring as an Environmental Policy Tool. – UN, 2012. – 60 p.
2. Аракелян А.А., Панченко С.В., Стрижова С.В., Шашина Т.А. Сравнительный анализ радиационных и химических рисков в регионе размещения Ленинградской АЭС // Тезисы докладов XI международной научно-технической конференции МНТК-2018: Подсекция 13. Радиационная безопасность, Экология АЭС, Противопожарная готовность, Направление 1. Радиационная безопасность, 2018. – С 123.
3. Материалы для государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Новоуральского городского округа в 2015 году», Министерство здравоохранения и социального развития. Федеральное медико-биологическое агентство. Межрегиональное управление № 31 ФМБА России. – Новоуральск, 2015. – С. 75.
4. Кенесары Д.У., Әділгерейұлы З., Ақжолова Н.А. Қазақстан Республикасының елді мекендеріндегі атмосфералық ауаның химиялық ластануынан халық денсаулығына төнетін қатерлерді бағалау // Қазақ ұлттық медицина университетінің хабаршысы. – 2019. – № 1. – Б. 382-386.
5. Сабирова З.Ф., Ульянова А.В., Чанышев Ф.В., Минигазимов Р.Ш., Винокуров М.В. Модернизация производства как критерий сокращения санитарно-защитных зон // Гигиена и санитария. – 2013. – №1. – С. 87-88.
6. Бобкова Т.Е. Установление санитарно-защитных зон для группы промышленных предприятий // Научно рецензируемый журнал «Здоровье населения и среда обитания». – 2016. – №6(195). – С. 14-16.
7. Танатарова Б.А., Глушко В.Ю., Раушанова А.М. Анализ контингента флюорозадержанных лиц среди прикрепленного населения ТОО «Медицинский центр г. Жезказган», прошедших скрининг-флюорообследование // Медицина и экология. – 2021. – № 2 (99). – С. 56-60.
8. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. Министерство энергетики, РГП «Казгидромет», департамент экологического мониторинга. [Электронды ресурс] – URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyu-informacionnyu-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayuschey-sredy/2021> (өтініш берілген күн: 16.09.2021).
9. iPAAC report publications. [Электронды ресурс] – URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyu-informacionnyu-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayuschey-sredy/2021> (өтініш берілген күн: 16.09.2021).
10. U.S. Environmental Protection Agency. [Электронды ресурс] – URL: <http://www.epa.gov> (өтініш берілген күн: 16.09.2021).
11. Акционерное общество «Жамбылская ГРЭС им. Т.И. Батурова». [Электронды ресурс] – URL: <http://www.zhgres.kz/about-us> (өтініш берілген күн: 10.09.2021).
12. Портал «Погода Тараз». [Электронды ресурс] – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/38341.htm> (өтініш берілген күн: 12.10.2021).
13. Моделирование исторических данных о климате и погоде для города Тараз (Meteoblue-weather). [Электронды ресурс] – URL: [https://www.meteoblue.com/ru/%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0/historyclimate/climatemodelled/%d0%a2%d0%b0%d1%80%d0%b0%d0%b7\\_%d0%9a%d0%b0%d0%b7%d0%b0%d1%85%d1%81%d1%82%d0%b0%d0%bd\\_1516905](https://www.meteoblue.com/ru/%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0/historyclimate/climatemodelled/%d0%a2%d0%b0%d1%80%d0%b0%d0%b7_%d0%9a%d0%b0%d0%b7%d0%b0%d1%85%d1%81%d1%82%d0%b0%d0%bd_1516905) (өтініш берілген күн: 12.10.2021).
14. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Жамбылской области. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан // Филиал РГП «Казгидромет» по Жамбылской области. – 2021. – №1(1). – С. 24.
15. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 14 мая 2020 года № 304 «Об утверждении Методики оценки рисков негативного воздействия факторов окружающей среды на состояние здоровья населения». [Электронды ресурс] – URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=38829518](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=38829518) (өтініш берілген күн: 12.10.2021).

**Б.С. Имашева<sup>1</sup>, Қ.А. Асқаров<sup>2</sup>, Е.Т. Токбергенов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Национальный центр детской реабилитации, Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Национальный центр общественного здравоохранения, Астана, Казахстан

### **Региональное экологическое состояние Жамбылского завода «Минеральные удобрения» и влияние на демографическую ситуацию населения**

**Аннотация.** Статья посвящена изучению экологической ситуации в г. Тараз, где расположен филиал ТОО «Казфосфат» - завод «Минеральные удобрения». Исследование выполнено в рамках научного проекта: «Национальная программа внедрения персонализированной и превентивной медицины в Республике Казахстан» ИРН OR12165486.

В результате исследования регистрируемые концентрации тяжелых металлов в атмосферном воздухе г. Тараз были на уровне или выше допустимого регламента риска и определяли прямое влияние выбросов предприятий химической промышленности. Суммарный индекс опасности традиционных загрязнителей атмосферного воздуха г. Тараз был высоким по направленности на органы дыхания. Значения среднегодовых концентраций остальных загрязнителей атмосферного воздуха г. Тараз незначительно превышали их референтные уровни.

В результате изучения экологической ситуации г. Тараз от воздействия фактических концентраций анализируемых веществ от промышленной зоны завода «Минеральные удобрения» ТОО «Казфосфат», наблюдается довольно высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха по широкому спектру веществ. Выявленные риски здоровью населения от их воздействий требуют разработки и проведения плановых природоохранных мероприятий, направленных в первую очередь на оздоровление экологической ситуации в г. Тараз для снижения уровня смертности, заболеваемости органами дыхания, новообразованиями.

**Ключевые слова:** экологическая ситуация, окружающая среда, объекты загрязнения, загрязнители атмосферного воздуха, эпидемиологическое исследование.

**B.S. Imasheva<sup>1</sup>, K.A. Askarov<sup>2</sup>, E.T. Tokbergenov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National Children's Rehabilitation Center, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>National Center for Public Health, Astana, Kazakhstan

### **Regional ecological state of the Zhambyl plant «Mineral Fertilizers» and the impact on the demographic situation of the population**

**Abstract.** The article is devoted to the study of the ecological situation in Taraz, where the branch of Kazphosphate LLP – Mineral Fertilizers plant is located. The study was carried out within the framework of the scientific project: “National program for the introduction of personalized and preventive medicine in the Republic of Kazakhstan” IRN OR12165486.

As a result of the study, the recorded concentrations of heavy metals in the atmospheric air of Taraz were at or above the permissible risk regulation and determined the direct impact of emissions from chemical industry enterprises. The total hazard index of traditional pollutants of atmospheric air in Taraz was high in terms of targeting the respiratory organs. The values of the average annual concentrations of other atmospheric pollutants in Taraz slightly exceeded their reference levels.

As a result of studying the environmental situation of Taraz from the impact of the actual concentrations of the analyzed substances from the industrial zone of the plant “Mineral Fertilizers” LLP “Kazphosphate”, there is a fairly high level of atmospheric air pollution for a wide range of substances. The identified risks to public health from their impacts require the development and implementation of planned environmental measures aimed primarily at improving the environmental situation in Taraz to reduce the mortality rate, morbidity of respiratory diseases, neoplasms.

**Keywords:** ecological situation, environment, pollution objects, air pollutants, epidemiological study.

## References

1. ECE. Guidelines for Development of the National Strategies for the Use of Air and Water Quality Monitoring as an Environmental Policy Tool (UN, 2012, 60 p.).
2. Arakelyan A.A., Panchenko S.V., Strizhova S.V., SHashina Shashina T.A. Sravnitel'nyj analiz radiacionnyh i himicheskikh riskov v regione razmeshcheniya Leningradskoj AES. Tezisy dokladov XI mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskoy konferencii MNTK-2018: Podsekcija 13. Radiacionnaya bezopasnost', Ekologiya AES, Protivopozharnaya gotovnost', Napravlenie 1. Radiacionnaya bezopasnost' [Comparative analysis of radiation and chemical risks in the region where the Leningrad NPP is located. Abstracts of reports of the XI international scientific and technical conference MNTK-2018: Subsection 13. Radiation safety, NPP ecology, Fire preparedness, Direction 1. Radiation safety], 123 (2018). [in Russian]
3. Materialy dlya gosudarstvennogo doklada «O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya Novoural'skogo gorodskogo okruga v 2015 godu», Ministerstvo zdravoohraneniya i social'nogo razvitiya Federal'noe mediko-biologicheskoe agentstvo. Mezhtselevoj upravlenie № 31 FMBA Rossii, Novoural'sk [Materials for the state report "On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population of the Novouralsk urban district in 2015", Ministry of Health and Social Development Federal Medical and Biological Agency. Interregional Directorate No. 31 of the FMBA of Russia, Novouralsk], 75 (2015). [in Russian]
4. Kenessary D.U., Adilgerajuly Z., Akzholova N.A. Kazakstan Qazaqstan Respublikasynyn eldi mekenderindegi atmosferalyq atmosferalyq auanyñ auanyñ himiyalyq himiyalyq lastanuynan halyq halyq densaulıǵyna densaulıǵyna tonetin katerlerdi qaterlerdi bagalau, Kazak Qazaq ulıtyk ulıtyk medicina universitetinin habarshysy [Assessment of threats to public health caused by chemical pollution of atmospheric air in settlements of the Republic of Kazakhstan, Bulletin of the Kazakh National Medical University], 1, 382- 386 (2019). [in Kazakh]
5. Sabirova Z.F., Ul'yanova A.V., CHanyshev Chanyshev F.V., Minigazimov R.SHSh., Vinokurov M.V. Modernizaciya proizvodstva kak kriterij sokrashcheniya sanitarno-zashchitnyh zon, Gigiena i sanitariya [Modernization of production as a criterion for reducing sanitary protection zones, Hygiene and sanitation], 1, 87-88 (2013). [in Russian]
6. Bobkova T.E. Ustanovlenie sanitarno-zashchitnyh zon dlya gruppy promyshlennyh predpriyatij, Nauchno recenziruemyj zhurnal «Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya» [Establishment of sanitary protection zones for a group of industrial enterprises, Scientifically peer-reviewed journal "Public Health and Habitat"], 6(195), 14-16 (2016). [in Russian]
7. Tanatarova B.A., Glushko V.YU., Raushanova A.M. Analiz kontingenta flyuorozaderzhannyh lic sredi prikreplennogo naseleniya TOO «Medicinskij centr g. ZhezkazganZhezkazgan», proshedshih skrinıng-flyuoroobsledovanie, Medicina i ekologiya [Analysis of the contingent of fluoro-detained persons among the attached population of the Medical Center of Zhezkazgan LLP, who underwent screening fluoroexamination, Medicine and Ecology], 2(99), 56-60 (2021). [in Russian]
8. Informacionnyj byulleten' o sostoyanii okruzhayushchej sredy Respubliki Kazahstan. Ministerstvo energetiki, RGP «Kazgidromet», departament ekologicheskogo monitoringa [Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan. Ministry of Energy, RSE "Kazhydromet", Department of Environmental Monitoring]. [Electronic resource] – Available at: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchej-sredy/2021> (Accessed: 16.09.2021). [in Russian]
9. iPAAC report publications. [Electronic resource] – Available at: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchej-sredy/2021> (Accessed: 16.09.2021).
10. U.S. Environmental Protection Agency. [Electronic resource] – Available at: <http://www.epa.gov>. (Accessed: 16.09.2021).
11. Akcionernoe obshchestvo «ZHambyl'skaya Zhambyl'skaya GRES im. T.I. Baturova» [Joint Stock Company "Zhambyl State District Power Plant named after. T.I. Baturova"]. [Electronic resource] – Available at: <http://www.zhgres.kz/about-us> (Accessed: 10.09.2021). [in Russian]
12. Portal «Pogoda Taraz» [Portal "Weather Taraz"]. [Electronic resource] – Available at: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/38341.htm> (Accessed: 12.10.2021). [in Russian]
13. Modelirovanie istoricheskikh dannyh o klimate i pogode dlya goroda Taraz (Meteoblue-weather) [Modeling of historical climate and weather data for the city of Taraz (Meteoblue-weather)]. [Electronic resource] – Available at: <https://www.meteoblue.com/ru/%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4>

D0%B0/historyclimate/climatemodelled/%d0%a2%d0%b0%d1%80%d0%b0%d0%b7\_%d0%9a%d0%b0%d0%b7%d0%b0%d1%85%d1%81%d1%82%d0%b0%d0%bd\_1516905 (Accessed: 12.10.2021). [in Russian]

14. Informacionnyj byulleten' o sostoyanii okruzhayushchej sredy ZHambyl'skoj oblasti. Ministerstvo ekologii i prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan, Filial RGP «Kazgidromet» po ZHambyl'skoj oblasti [Information bulletin on the state of the environment in Zhambyl region. Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, Branch of the RSE "Kazhydromet" in Zhambyl region], 1(1), 24 (2021). [in Russian]

15. Prikaz Ministra zdavoohraneniya Respubliki Kazahstan ot 14 maya 2020 goda № 304. Ob utverzhdenii Metodiki ocenki riskov negativnogo vozdejstviya faktorov okruzhayushchej sredy na sostoyanie zdorov'ya naseleniya [Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated May 14, 2020 No. 304. On approval of the Methodology for assessing the risks of the negative impact of environmental factors on the health of the population]. [Electronic resource] – Available at: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=38829518](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=38829518) (Accessed: 12.10.2021). [in Russian]

### **Авторлар туралы мәлімет:**

*Имашева Б.С.* – биология ғылымдарының докторы, профессор, Білім және ғылым басқармасының бастығы, «Балаларды оңалту ұлттық орталығы» КеАҚ, Астана, Қазақстан.

*Асқаров К.А.* – медицина ғылымдарының кандидаты, доцент, ШЖҚ РМК Жұқпалы емес аурулардың алдын алу департаментінің бөлім басшысы, ҚР ДСМ «Қоғамдық денсаулық сақтау ұлттық орталығы», Астана, Қазақстан.

*Тоқбергенов Е.Т.* – медицина ғылымдарының докторы, ШЖҚ РМК Жұқпалы емес аурулардың алдын алу департаментінің директоры, ҚР ДСМ «Қоғамдық денсаулық сақтау ұлттық орталығы», Астана, Қазақстан.

*Imasheva B.S.* – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Science and Education Department, National Children's Rehabilitation Center, Astana, Kazakhstan.

*Askarov K.A.* – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of Division, Department of Noncommunicable Diseases Prevention, National Center for Public Health, Astana, Kazakhstan.

*Tokbergenov E.T.* – Doctor of Medical Sciences, Director, Department of Prevention of Noncommunicable Diseases, National Center for Public Health, Astana, Kazakhstan.



A.M. Makhanova<sup>1\*</sup>, O.A. Ponamareva<sup>1</sup>, R.K. Tatayeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Medical University of Karaganda, Karaganda, Kazakhstan

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

\*Corresponding author: ah-09@mail.ru

---

## Relationship between blood cholesterol and suicidal behaviour

---

**Abstract.** According to the World Health Organization report for 2021, the Republic of Kazakhstan is among the countries with a high suicide rate in the world ranking, ranking 20th. The nature and mechanisms of the development of suicidal behaviour in humans continue to be insufficiently clear. Previously, a number of studies have revealed the relationship between the level of lipids, in particular cholesterol, and the development of suicidal behaviour. Along with this, there are studies that have not revealed any connection between suicidal behaviour and cholesterol levels. Consequently, the role of cholesterol in the development of suicidal behaviour in humans is an interesting research question. In this regard, we conducted a literature review to determine the relationship between blood cholesterol levels and suicidal behaviour. The literature was searched in the databases Web of Science, PubMed, Scopus, and eLibrary. The search was carried out by the keywords: "cholesterol" or "total cholesterol" and "suicide" or "suicidal behaviour". Articles in English and Russian were included. Studies involving only adult patients were included. As a result of the analysis of 79 articles, it was revealed that the majority of authors (70%) came to the conclusion confirming the relationship between cholesterol levels and suicidal behaviour. However, there are a number of studies that do not confirm the existence of such a connection (17%). Despite the revealed contrast, there is a small part of the works (13%) that are presented by reviews and meta-analyses and cannot give an unambiguous answer to the research question we are interested in. Thus, the revealed contradictions can be explained by the fact that suicidal behaviour is complex and multifactorial. The use of cholesterol levels as a biomarker in the future would allow clinicians to obtain a laboratory marker, which, in combination with clinical assessments and symptoms, can make it possible to make a timelier diagnosis and assess the risks in patients with suicidal behaviour. However, to date, the mechanisms of this relationship remain unclear, which is the field for further scientific activity.

**Keywords:** cholesterol, suicide, self-harming behaviour.

DOI: 10.32523/2616-7034-2023-144-3-95-114

---

### Introduction

In recent years, according to the Committee on Legal Statistics and Special Accounts of the Prosecutor General's Office of the Republic of Kazakhstan, there is a tendency to decrease suicidal behaviour in Kazakhstan. Thus, in 2021, 4 thousand people committed suicide in the country. In 2022, this figure decreased to 3.7 thousand people. Despite this, according to the World Health Organization report for 2021, our country is among the countries with a high suicide rate in the world ranking, ranking 20<sup>th</sup>. According to the reports of the group of experts for the United Nations Children's Fund (UNICEF) over the past ten years, the number of suicides in the Republic of Kazakhstan amounted to 52-53 per 100 thousand population, with a critical suicide threshold of over 20 people per 100 thousand population. In fact, the figures are even

higher, since a huge number of suicides are hidden behind other causes of death, such as road accidents or accidental poisoning. The presented statistics of committed suicides reflect the scale of the problem only partially. The ratio of completed suicides, suicide attempts and trends are on average 1:10:100. In our country, 4.5 thousand people attempted suicide in 2021, and 3.7 thousand people in 2022. The above statistics confirm the special relevance of this problem for our country. Since the nature and mechanisms of the development of suicidal behaviour in humans continue to be insufficiently clear, further research in this area is needed.

Previously, a number of studies have revealed the relationship between the level of lipids, in particular cholesterol (hereinafter referred to as CH) and the development of suicidal behaviour [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. The first mention of this relationship was noted in 1990 in a meta-analysis of primary intervention studies in cardiovascular diseases, which showed that cholesterol-lowering treatment leads to an increase in mortality from diseases, mainly from suicides and injuries [8]. Along with this, there are studies that have not revealed any connection between suicidal behaviour and cholesterol levels [9, 10, 11, 12, 13, 14]. Therefore, the role of cholesterol in the development of suicidal behaviour in humans is an interesting research question and may be a promising direction in the study of this problem.

In this regard, the purpose of this article is to review the literature on the role of cholesterol levels in the development of suicidal behaviour.

### Methodology

Literature search was conducted in the databases Web of Science, PubMed, Scopus. The search was carried out by the keywords: “cholesterol” OR “total cholesterol” and “suicide” OR “suicidal behaviour.” The literature search yielded 190 results, of which 156 articles. This topic has been sanctified since 1990 [8]. The question has become more and more relevant over time. And the largest number of articles falls on 2017 and 2018 (17 and 16 articles, respectively). Articles in English and Russian were included. This review included studies involving only adult patients. 79 articles were selected.

### Results

As a result of the analysis of 79 articles, it was revealed that the majority of authors (70%) came to the conclusion confirming the relationship between cholesterol levels and suicidal behaviour. Along with this, there are a number of studies that do not confirm the existence of such a connection (17%). Despite the revealed contrast, there is a small part of the works (13%) that are presented by reviews and meta-analyses and do not have an unambiguous answer to the research question we are interested in. Thus, the revealed contradictions can be explained by the fact that suicidal behaviour is a complex and multifactorial phenomenon. We grouped and divided the authors' information into 3 groups: CH affects suicidal behaviour; CH does not affect suicidal behaviour and a neutral position.

Authors	Year, country	Sample	Comment
<b>Cholesterol affects suicidal behaviour</b>			
Danbaev S.U.	2008, Kazakhstan	3565 people	In young people, high suicidal activity is more often associated with low levels of cholesterol, in older age, increased cholesterol is a risk factor for atherosclerosis, which is also associated with increased suicidal activity.
Davidovsky S.V., Ibragimova Zh.A., etc.	2019, Belarus	160 people	The lowest values in the blood serum of men were noted in individuals who used high-lethal methods of self-harm.

Davidovsky S.V., Ibragimova Zh.A., etc.	2021, Belarus	224 people	In persons who have committed a suicide attempt, lower levels of TC and LDL in the blood serum were noted, regardless of gender.
Ainiyet B., Rybakowski J.K.	2014, Poland	148 people	In patients with depression, low levels of TC and LDL cholesterol, TG, and total lipids may be condition-dependent risk factors for suicidal behaviour.
Ainiyet B., Rybakowski J.K.	2014, Poland	223 people	A significant association was found between suicidal attempts and low levels of TC, LDL, and TG in patients with schizophrenia.
Mensi R., Messaoud A., Mhalla A., Azizi I.	2016, Tunisia	126 people	A decrease in CH was found in patients with schizophrenia with a recent suicide attempt, compared with patients with schizophrenia with long-standing suicides and a control group.
Messaoud A., Mensi R., Mrad A., Mhalla A. ...	2017, Tunisia	313 people	For patients with depression, the level of cholesterol in blood plasma less than 3.47 mmol/l may indicate a possible risk of suicide.
Chen S., Mizoue T., Hu H., Kuwahara K. ...	2019, Japan	146619 people	In patients who committed suicide, the risk of suicide increased with a decrease in the level of CH for 3 years, before death.
Zhou S.Y., Zhao K., Shi X., Sun H.K. ...	2021, Japan	580 people	In patients with severe depression, there was a decrease in TC, and higher levels of TG, LDL.
Segoviano-Mendoza M., Cardenas-de la Cruz M....	2018, Mexico	261 people	There was a significant decrease in serum levels of TC, LDL, VLDL and TG in patients with depression and suicide attempts.
Aguglia A., Solano P. ...	2019, Italy	632 people	A decrease in the level of CH was determined by 3-4 times in patients who committed suicide.
Ayesa-Arriola R., Canal Rivero M., Delgado-Alvarado M. ...	2017, Spain	383 people	In patients after the first episode of depressive psychosis, it was noted that CH, LDL and depressive symptoms were largely associated with suicidal behaviour.
Horsten M., Wamala S.P., Vingerhoets A., Orth Gomer K.	1997, Sweden	300 people	Low CH levels in healthy middle-aged Swedish women were associated with a higher prevalence of depressive symptoms and a lack of social support.
Asellus P., Nordstrom P., Nordstrom A.L., Jokinen J.	2014, Sweden	81 people	We found a significant correlation between the manifestation of violence in childhood and the manifestation of violence, including towards oneself, in adulthood (i.e., the cycle of violence) only in the group with a CH level below the median.
Reddy A., Kalasapati L.K.	2020, India	98 people	In patients with suicidal attempts, nonviolent methods of suicidal attempts prevailed with elevated CH
Papadopoulou A., Markianos M. ...	2013, Greece	51 people	There was a decrease in CH in patients after committing suicide attempts.

Emet M., Yucel A., Ozcan H., Gur S.T.A. ...	2015, Turkey	284 people	In women after suicidal attempts, the levels of CH, LDL and TG were significantly lower in the suicidal group, and the level of HDL was significantly higher
Yagci I., Avci S.	2021, Turkey	91 people	The indicators of anxiety, depression and suicidal thoughts were higher in the experimental group. In addition, vitamin D, CH and TG levels were significantly lower.
Daray F.M., Mann J.J., Sublette M.E.	2018, Argentina	125 sources	We suggest an association between low cholesterol, increased PUFA content from n-6 to n-3, decreased neurotransmission of 5-HT, inflammation and suicide risk.
Muldoon M.F., Manuck S.B., Matthews K.A.	1990, USA	24847 people	The first mention of the relationship was when it was noted that cholesterol-lowering treatment leads to an increase in mortality mainly from suicides and injuries
Fiedorowicz J.G., Coryell W.H.	2007, USA	74 people	Patients with high levels of CH were associated with an increased risk of suicide attempts in the analysis of survival in people younger than middle age suffering from mental illness
Coryell W., Schlessler M.	2007, USA	75 people	The decrease in CH reflects the risk of violence and suicidal thoughts in patients
Reuter C., Caldwell B., Basehore H.	2017, USA	128 people	Suicidal veterans were younger, slimmer and had more anxiety, sleep problems and higher education, had a reduced level of CH.
Garland M., Hickey D., Corvin A., Golden J., Fitzpatrick P. ...	2000, Ireland	200 people	The reported increased mortality in low-CH populations may be due to an increase in the number of suicides and accidents caused by an increased propensity for impulsivity in these populations.
Ma Y.J., Wang D.F., Yuan M., Zhang X.J., Long J. ...	2019, China	288 people	In patients with the first episode of severe depressive disorder, high levels of CH may be a consequence of suicide attempts and severe depression
Li H., Zhang X.Y., Sun Q., Zou R., Li Z.J., Liu S.Y.	2020, China	32 sources	It was demonstrated that lower concentrations of TC and LDL cholesterol, but not HDL and TG, were associated with suicide attempts in patients with depression.
Ma Y.J., Zhou Y.J., Wang D.F., Li Y., Wang D.M. ...	2020, China	1718 people	At an early stage, patients with depression have low CH and more serious symptoms of anxiety and depression correlate with suicide attempts.
Shrivastava A., Johnston M., Campbell R., De Sousa A. ...	2017, Canada	60 people	The study suggests lower CH in psychotic patients with severe suicidal thoughts and depression in the early stages of psychosis.
Zureik M., Courbon D., Ducimetiere P.	1996, France	6393 people	A study of completed suicides in a large sample of patients over 17 years confirms the link with a decrease in the level of CH



Dimeny E., Ban E., Fekete L.G., Brassai A.	2021, Romania	200 people	In patients with schizophrenia, a link was found between suicidal thoughts and low levels of TC, LDL, TG in patients of both sexes.
Sankaranarayanan A., Jenkins Z. ...	2020, Australia	28 sources	It is noted that a decrease in CH can serve as a marker of the risk of violence and suicidal tendencies in psychiatric patients with schizophrenia
<b>Cholesterol does NOT affect suicidal behaviour</b>			
D'Ambrosio V., Salvi V., Bogetto F., Maina G.	2012, Italy	220 people	Clinical parameters played an important role in the development of suicidal behaviour (gender, low level of education, more mania and depression, taking more medications).
Bartoli F., Crocamo C., Dakanalis A. ...	2017, Italy	214 people	They do not confirm the hypothesis that CH and suicide attempts are associated in patients with severe depressive disorder.
Capuzzi E., Bartoli F., Crocamo C., Malerba M.R. ...	2018, Italy	593 people	The link between the lipid profile and suicide attempts in people with mental disorders has not been fully confirmed.
Cantarelli M.D., Nardin P., Buffon A., Eidt M.C. ...	2014, Brazil	86 people	In patients with affective disorders, there was a decrease in BMI, OT, TG in patients after suicidal attempts
Vartiainen E., Puska P., Pekkanen J., Tuomilehto J., Lonnqvist J., Ehnholm C.	1994, Finland	22432 people	The risk of accidents, suicides and other violent deaths was not associated with the concentration of CH in the blood serum, whereas such deaths were more common in smokers and alcohol users.
Zhao K., Zhou S.Y., Shi X., Chen J.J. ...	2020, China	740 people	Having studied young patients with depression, they did not find a connection with the level of CH, but they found a relationship with the level of HDL and glucose
Park S., Yi K.K., Na R., Lim A., Hong J.P.	2013, South Korea	596 people	The level of TG is associated with suicidal behaviour when BMI, TC, LDL, HDL and VLDL did not matter.
Park Y.M., Lee B.H., Lee S.H.	2014, South Korea	73 people	Revealed the relationship between TG and suicidal thoughts, which does not depend on both BMI and body weight.
Lalovic A., Levy E., Luheshi G., Canetti L., Grenier E., Sequeira A., Turecki G.	2007, Canada	62 people	No connection was found. However, depending on the method of death, it was found that in violent suicides, the content of HC in the gray matter is generally lower, especially in the frontal cortex
<b>Neutral position</b>			
Razvedovsky Yu. E.	2021, Belarus	46 sources	The gender aspect of the relationship between dyslipidemia and suicidal behaviour remains insufficiently developed, since most studies on this problem were carried out with the participation of men.

Sen P., Adewusi D., Blakemore A.I., Kumari V.	2021 Great Britain	23 sources	In patients with schizophrenia, the authors found a link between low cholesterol and suicidal behaviour, only in half of the studies.
Kulak-Bejda A., Bejda G., Lech M.	2021, Poland	66 sources	Conflicting results have been reported.
Troisi A.	2009, Italy	76 sources	It is obvious that there are some subgroups of vulnerable people who, unlike most people in the general population, are subject to adverse psychological and behavioural consequences associated with low levels of cholesterol.
Conroy R.M.	1993, Ireland	30 sources	On a practical level, patients receiving cholesterol-lowering therapy should be warned about the need to control the mood of such patients.
Muldoon M.F., Manuck S.B., Mendelsohn A.B., Kaplan J.R., Belle S.H.	2001, USA	19 sources	Currently available data do not indicate that cholesterol-lowering treatment significantly increases suicidal mortality.
Gokcay H. Balcioglu Y.H.	2020, Turkey	98 sources	In patients treated with statins, the frequency of suicidal thoughts increased, but no connection was found with dietary characteristics

### Abbreviations:

CH – cholesterol  
 TC – total cholesterol  
 HDL – high-density lipoproteins  
 LDL – low-density lipoproteins  
 VLDL – very low density lipoproteins  
 TG – triglycerides  
 PUFA – polyunsaturated fatty acids  
 BMI – body mass index

## Discussion

### Cholesterol affects suicidal behaviour:

Most of the authors have identified the presence of a relationship between the level of blood cholesterol and suicidal behaviour of a person [2, 4, 5, 6]. A study of a large sample of patients from 2013 to 2018 determined a 3–4-fold decrease in the level of CH in patients who committed suicide compared to the control group [15]. A large study of completed suicides conducted on a large sample of patients over 17 years confirms the association with a decrease in the level of CH [16]. Japanese scientists, retrospectively examining a group of patients who committed suicide, came to the conclusion that the risk of suicide increased with a decrease in the level of CH for 3 years, before death. In this study, a decrease in mean CH by 0.5 mmol/l was associated with an 18% increase in the risk of suicide [17].

Despite the available information about the presence of a link between low CH in the blood serum and suicide, the mechanism of the link between lipids and suicidality itself still remains unclear. It is well known that cholesterol, as a vital component of the cell membranes of higher eukaryotes, plays a major role in the functioning and organization of membranes. Basically,

CH is dispersed in a certain order in specialized regions (domains) in membranes [18]. Thus, these areas are called “lipid rafts” [19], they are the foundation for preserving the structure and function of the membrane. Earlier it became known that almost all cholesterol in the brain is produced “insitu” by the synthesis of “denovo”, meanwhile, the selectivity of the blood-brain barrier prevents its absorption from the bloodstream [20]. However, it is possible that a decrease in peripheral cholesterol in humans occurs together with modifications of cholesterol in different synaptic lipid rafts in neurons (using a common regulatory mechanism).

In the central nervous system, the neurotransmitter serotonin plays a key role in deterring aggressive behaviour. At the moment, there is a theory that describes the effect of serum cholesterol levels on decreased serotonergic activity of the brain. Thus, in the study, monkeys with experimentally reduced CH levels had higher concentrations of serotonin metabolites than monkeys who received a high-cholesterol diet. Consequently, a decrease in the activity of serotonergic communication leads to instinctive reactions and violent suicidal behaviour [21, 22].

There is also a theory that in lipid rafts, signals from a neurotransmitter can be transmitted through a certain group of receptors, such as the serotonin 1A (5-HT<sub>1A</sub>) receptor [23]. A number of studies have proved the need for the participation of membrane cholesterol in the functioning of the 5-HT<sub>1A</sub> receptor [24, 25, 26]. The results of another study showed that lipid fluidity regulates the binding of serotonin (5-HT) to a greater extent in the brain membranes of mice. Consequently, lowering cholesterol levels will increase the fluidity of the cell membrane [27].

There is also evidence that the disruption of rafts due to cholesterol reduction significantly reduces the binding of agonists and the binding of G-protein to serotonin receptors of 5-hydroxytryptamine 1A (5-HT<sub>1A</sub>) in the membranes of the hippocampus of cattle [23]. Not to mention the fact that serotonergic signaling is the most important in the organization and regulation of many neurofunctions, such as behavioural, cognitive and developmental brain function. Moreover, some studies have found a link between decreased 5-HT activity and suicide [21].

In addition, we note that a number of researchers have described the crystal structures of GPCR, including the serotonin 1A receptor, demonstrating evidence of cholesterol binding sites [28, 29]. At the moment, two possible options have been proposed for how membrane cholesterol affects the structure and function of GPCR. The first option: by specific interaction with GPCR. The second way -by changing the physical qualities of the membrane in which the receptor is embedded [30]. The aforementioned “cholesterol-serotonin” theory also takes place due to the fact that total cholesterol (hereinafter referred to as TC) deficiency provokes central neuroinflammation, thus affecting the serotonergic system, thereby increasing aggressiveness and impulsivity.

Along with this, CH plays an important role in membrane stability and neurotransmission, which include the transformation of the membrane lipid raft structure, due to the ratio of cholesterol and n-3 polyunsaturated fatty acids (hereinafter referred to as PUFA), which affect the activity of membrane-bound proteins such as serotonin receptors and transporters, as well as toll-like receptors [25]. Thus, low CH levels cause an increased n-6:n-3 PUFA ratio, therefore contributing to neuroinflammation, since n-3 PUFA exhibit anti-inflammatory properties, at the same time as n-6 PUFA levels exhibit pro-inflammatory activity and disinhibit two inflammatory processes [31]. According to some researchers, abnormal monoaminergic neurotransmission along with neuroinflammation are the leading biological factors underlying suicidal behaviour [32]. Some studies have associated hypercholesterolemia with depression in mice through monoaminergic metabolism. They reported higher monoamine oxidase (MAO) activity A and B in the hippocampus of mice [33].

Therefore, this is a possible reason that high cholesterol levels can cause depression in much the same way as low levels. Also recently, researchers have put forward an interesting hypothesis about the existence of a connection between the well-known process of cholesterol metabolism, as well as the neurobiological basis of suicide risk, through the ability to remove cholesterol specific to ABCA1 [34].

Other researchers have suggested that cholesterol influences suicidal behaviour due to the fact that it plays a leading role in the production of the myelin sheath, in transmembrane metabolism, the functioning of enzymes, in the synthesis of steroid hormones and the expression of neurotransmitter receptors [35].

Another researcher proposed a “diathesis-stress” model to explain the relationship between lipoproteins and suicidal behaviour [36]. The diathesis model suggests considering low lipid profile numbers as a sign associated with aggression and impulsivity, since they affect serotonergic transmission in the brain. Along with this, another possible version of the effect of lipids on suicidal behaviour is that leptin controls the dopamine response to characteristic stress stimuli not directly related to food [37].

A theory has also been put forward that low concentrations of peripheral lipids, changing the viscosity of membrane lipids in brain cells, thereby affecting synaptic plasticity, cause general brain dysfunction [27]. Previous studies have shown that the relationship between lipids and serotonin may have a basis at the genetic level, since in some patients with a connection with a short allele of polymorphism of the serotonin transporter gene and lower low-density lipoproteins (hereinafter referred to as LDL) concentrations [38]. Some researchers concluded that the relationship between serum cholesterol concentrations and suicidal behaviour in patients correlated with interleukin-2 and manifested itself at low CH concentrations and higher triglyceride concentrations [39], while other researchers found that cholesterol-lowering drugs can have an antidepressant effect through anti-inflammatory pathways [40]. There are studies in which researchers have suggested that the concentration of PUFA or the balance of omega-3 and omega-6 PUFA may play an important role in serotonergic function in suicidal behaviour [41]. There is also evidence that a lower total concentration of omega-3 fatty acids and an increased ratio of omega-6 and omega-3 can disrupt the biophysical properties of the neuronal membrane, therefore affect the uptake of serotonin, the binding of  $\beta_2$ -adrenergic and serotonergic receptors with their respective ligands, as well as the activity of monoamine oxidase. [42].

Most often, patients suffering from depression are subject to suicidal behaviour. There is evidence that depressed patients after suicidal attempts have a lower level of CH than depressed patients without suicidal behaviour and patients without depression at all. As for the severity of depression, there were no significant changes in blood plasma lipid levels between mild, moderate and severe degrees of depression. Thus, for patients with depression, the level of CH in blood plasma less than 3.47 mmol/l may indicate a possible risk of suicide [4]. Other studies of patients with depression have revealed that there is a high risk of suicide in those patients who have lower levels of CH, LDL and more psychotic symptoms [1, 3]. In a study with a large sample of patients after the first episode of depressive psychosis, it was also noted that cholesterol, LDL and depressive symptoms were largely associated with suicidal behaviour. It was not possible to find a significant relationship between low concentrations of lipoproteins and more violent methods of suicide [43]. A study by Belarusian scientists emphasized that the lowest TC levels in blood serum were observed in men who used “high-lethal” methods of self-harm [44]. In a later study of the hormonal-metabolic status of individuals who have committed suicide, the same group of scientists noted lower levels of TC and LDL in blood serum, regardless of gender [45]. In addition, this study gives reason to believe that the mechanism of the relationship between cholesterol and suicidal behaviour is based on the inability to fully meet the needs of an organism under chronic stress, in particular, in the hormone cortisol, which is responsible for maintaining the metabolic balance of the body under stress. Since cholesterol is the initial substrate for the formation of cortisol in the cells of the adrenal cortex. The theory was put forward that the body’s need for enhanced the formation of cortisol can affect an increase in the utilization of low- and high-density lipoprotein cholesterol from the blood, which can to some extent affect the content of total cholesterol in blood plasma and, consequently, in the structural formations of cell membranes (including the brain). Due to the low values of lipoprotein fractions and hypercortisolemia developed as a result of chronic stress, there is a violation of the state of plastic and energy metabolism in the body, which leads to a violation in the system of



neurohumoral regulation, represented by the diencephalic region of the brain, therefore affecting the functioning of mental functions that control behaviour [45]. Other researchers of patients with severe depression have revealed a decrease in TC, high-density lipoproteins (hereinafter - HDL) [46] and higher levels of triglycerides (hereinafter - TG), LDL [7]. However, Turkish scientists, studying women after suicidal attempts, came to the conclusion that the levels of CH, LDL and TG were significantly lower in the suicidal group, and the level of HDL was significantly higher [47]. In a Stockholm study of healthy women, it was noted that if the serum cholesterol was less than 4.7 mmol/l, then depressive symptoms were noted. And in the absence of social support, a low level of CH in the future leads to depression and then to suicide [48].

Patients diagnosed with schizophrenia also often have a high risk of developing suicidal behaviour. With the help of the study, a decrease in cholesterol was found in patients with schizophrenia with a recent suicide attempt, compared with patients with schizophrenia with long-standing suicides and a control group. It is also noted that suicidal behaviour is more characteristic of paranoid schizophrenia [49]. Examining patients with schizophrenia alone, a significant association was found between suicidal thoughts, suicidal attempts and low levels of TC, LDL, TG and total lipids in both male and female patients [50, 51]. It has been suggested that ethnic differences may play a role in the presence or absence of this relationship [50]. A meta-analysis [52], a literature review [53] and studies on patients with schizophrenia also note that a decrease in CH can serve as a biological marker of the risk of violence and suicidal tendencies in psychiatric patients [54].

There are articles in which the authors came to the conclusion that not only cholesterol affects suicidal behaviour. For example, in patients after suicidal attempts, not only CH and TG, but also vitamin D levels were significantly lower than in the control group [55]. The authors of the literature review suggest a relationship between low cholesterol, high content of polyunsaturated fatty acids, inflammation and suicide risk [56]. Scientists from Japan noted in their study that people who committed suicide had higher blood glucose levels than in the control group [17]. A significant increase in non-disease-related deaths (deaths from accidents, suicide or violence) was found in the groups treated to reduce the concentration of HC compared to the control group [8]. The authors of one study made an interesting assumption that people who experienced violence in childhood with a reduced level of CH have a higher risk of developing suicidal behaviour [57]. Some authors suggest that the increased mortality of the population with a low level of CH may be caused by an increased tendency to impulsivity in these population groups and especially if they used violent methods to commit suicide [58, 59, 60]. The results of other authors also show that a low level of CS is associated with aggression in people trying to commit suicide [61, 62]. In a study of Vietnam War veterans, it is reported that patients who have suicidal thoughts or attempts have a significant decrease in the level of CH. In addition, they were younger, slimmer and had more worries, sleep problems [63].

While most researchers tend to believe that low CH affects suicidal behaviour, on the contrary, there are works that have noted the connection of suicidal behaviour with high levels of cholesterol. In a Japanese study with a large number of participants, it was noted that women with high TC and LDL had a high risk of suicide [64]. Also, the authors who studied patients with the first episode of severe depressive disorder concluded that a high level of CH may be a consequence of suicide attempts and severe depression [65]. Researchers have put forward several possible mechanisms of association between hypercholesterolemia and the risk of suicidal behaviour. It is described that people with high cholesterol are prone to maladaptive eating behaviour (overeating), which may be one of the symptoms of depression, which is a risk factor for suicide [65]. It is also assumed that this relationship is explained by the fact that the atherogenic lipid profile increases the likelihood of stroke, which in turn increases the risk of suicidal behaviour [64]. Abnormal lipid profile may also be a sign of other metabolic disorders associated with an increased risk of suicidal behaviour. One of the mediators of the relationship between lipids and suicidal activity are omega-3 polyunsaturated fatty acids, the low level of which is associated with depression and suicidal behaviour [64]. It is also assumed

that hypercholesterolemia increases the activity of monoamine oxidase (MAO) types A and B, thus increasing the risk of depression, which in turn is a risk factor for suicidal behaviour [66]. Another group of scientists found that patients with high levels of CH were associated with an increased risk of suicide attempts when analyzing survival in people younger than middle age suffering from mental illness [66]. Examining patients with suicidal attempts, a link was found with a decrease in CH, and nonviolent methods of parasuicide prevailed at elevated levels of CH [67, 68]. Domestic researchers who observed 3,565 residents in the East Kazakhstan region for 4 years determined that the risk of suicide in people under 30 years of age increases with low levels of cholesterol in the blood. When, at the age of more than 50 years, the risk of suicide increases at high concentrations of CH [69].

### **Cholesterol does NOT affect suicidal behaviour**

However, there are a number of studies that have not confirmed the link between the level of CH and suicidal behaviour. Many authors who studied patients with mental disorders, including after suicidal attempts, did not find a relationship with the level of CH [9, 10, 11, 12, 14, 70]. In patients with bipolar disorder, clinical characteristics such as gender, low level of education, more manic and depressive episodes and taking more medications played an important role in the development of suicidal behaviour [12].

In a study of patients with affective disorders, a decrease in body mass index (hereinafter referred to as BMI), waist circumference and TG was noted in patients after suicidal attempts [10]. Other authors also concluded that the level of TG is associated with suicidal behaviour, while BMI, TC, LDL, HDL and very low density lipoproteins (hereinafter referred to as VLDL) did not matter [70]. A study focused on young patients with depression did not show a link with the level of cholesterol, but found a relationship with HDL and glucose levels [14].

The results of the study, which studied completed suicides in patients with severe mental disorders, also found no relationship with the level of blood cholesterol [13]. A large cohort study conducted from 1972 to 1977 in Finland examined completed suicides and other violent deaths. The risk of accidents, suicides and other violent deaths was not associated with the concentration of CH in the blood serum, but such deaths were more common in smokers and alcohol users [71]. When studying the content of CH in the frontal cortex, amygdala or hippocampus in individuals who committed suicide, no differences were found compared with the control group. However, when suicide participants were divided into violent or nonviolent groups depending on the method of death, it was found that in violent suicides the content of CH in the gray matter was generally lower than in nonviolent, especially in the frontal cortex [72].

### **Neutral position**

A small number of papers presented by reviews and meta-analyses have come to contradictory results [73, 74]. According to a systematic review involving patients with schizophrenia, the authors found a link between low cholesterol and suicidal behaviour in about half of the studies [75]. Similarly, a literature review conducted by Troisi A. it reflects contradictory data, and therefore, it becomes obvious to the author that there are certain subgroups of vulnerable people who, unlike most people in the general population, are subject to adverse psychological and behavioural consequences associated with a low level of CH [76]. The authors of another literature review, who have covered the literature for 40 years, found more evidence of the existence of a connection, but still could not miss the contradictions [77]. There is conflicting information about the role of statins in suicidal behaviour. Several authors note that in patients treated with statins, the frequency of suicidal thoughts increased, but no connection was found with dietary habits, diets [77, 78]. In a meta-analysis that studied methods of reducing cholesterol and the relationship with suicide, it was noted that statins do not affect suicide in any way, unlike nutrition [79].

## Conclusion

As a result of the literature review, we received contradictory information. However, more than half of the analyzed studies (70%) confirm the existence of a relationship between cholesterol levels and suicidal behaviour. The use of cholesterol levels as a biomarker in the future would allow clinicians to obtain a laboratory result, which, in combination with clinical assessments and symptoms, may allow for a more timely diagnosis and assessment of risks in patients with suicidal behaviour. To date, the mechanisms of the studied relationship are still unclear, which is the field for further scientific activity.

**Funding.** This work was supported by targeted financing program BR18574196.

## References

1. Ainiyet B., Rybakowski J.K. Suicidal behaviorbehaviour and lipid levels in unipolar and bipolar depression //Acta Neuropsychiatrica. – 2014. – Vol. 26(5). – P. 315-320.
2. Li H., Zhang X.Y., Sun Q., Zou R., Li Z.J., Liu S.Y. Association between serum lipid concentrations and attempted suicide in patients with major depressive disorder: A meta-analysis //Plos One. – 2020. – Vol. 15(12). – e0243847.
3. Ma Y.J., Wang D.F., Yuan M., Zhang X.J., Long J., Chen S.B., Wu Q.X., Wang X.Y., Patel M., Verrico C.D., Liu T.Q., Zhang X.Y. The prevalence, metabolic disturbances and clinical correlates of recent suicide attempts in chinese inpatients with major depressive disorder //Bmc Psychiatry. – 2019. – Vol. 19. – P. 144.
4. Messaoud A., Mensi R., Mrad A., Mhalla A., Azizi I., Amemou B., Trabelsi I., Grissa M.H., Salem N.H., Chadly A., Douki W., Najjar M.F., Gaha L. Is low total cholesterol levels associated with suicide attempt in depressive patients? //Annals of General Psychiatry. – 2017. – Vol. 16. – P. 20.
5. Segoviano-Mendoza M., Cardenas-de la Cruz M., Salas-Pacheco J., Vazquez-Alaniz F., La Llave-Leon O., Castellanos-Juarez F., Mendez-Hernandez J., Barraza-Salas M., Miranda-Morales E., Arias-Carrion O., Mendez-Hernandez E. Hypocholesterolemia is an independent risk factor for depression disorder and suicide attempt in northern mexican population //Bmc Psychiatry. – 2018. – Vol. 18. – P. 7.
6. Shrivastava A., Johnston M., Campbell R., De Sousa A., Shah N. Serum cholesterol and suicide in first episode psychosis: A preliminary study //Indian Journal of Psychiatry. – 2017. – Vol. 59(4). – P. 478-482.
7. Zhou S.Y., Zhao K., Shi X., Sun H.K., Du S.Y., Miao X.M., Chen J.J., Yang F., Xing M.Z., Ran W., Lao J., Zhang X., Wang W., Tang W. Serum lipid levels and suicide attempts within 2 weeks in patients with major depressive disorder: Is there a relationship? //Frontiers in Psychiatry. – 2021. – Vol. 12. – P. 676040.
8. Muldoon M.F., Manuck S.B., Matthews K.A. Lowering cholesterol concentrations and mortality - a quantitative review of primary prevention trials //Bmj-British Medical Journal. – 1990. – Vol. 301(6747). – P. 309-314.
9. Bartoli F., Di Brita C., Crocamo C., Clerici M., Carra G. Lipid profile and suicide attempt in bipolar disorder: A meta-analysis of published and unpublished data //Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry. – 2017. – Vol. 79. – P. 90-95.
10. Cantarelli M.D., Nardin P., Buffon A., Eidt M.C., Godoy L.A., Fernandes B.S., Goncalves C.A. Serum triglycerides, but not cholesterol or leptin, are decreased in suicide attempters with mood disorders //Journal of Affective Disorders. – 2015. – Vol. 172. – P. 403-409.
11. Capuzzi E., Bartoli F., Crocamo C., Malerba M.R., Clerici M., Carra G. Recent suicide attempts and serum lipid profile in subjects with mental disorders: A cross-sectional study //Psychiatry Research. – 2018. – Vol. 270. – P. 611-615.
12. D'Ambrosio V., Salvi V., Bogetto F., Maina G. Serum lipids, metabolic syndrome and lifetime suicide attempts in patients with bipolar disorder //Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry. – 2012. – Vol. 37(1). – P. 136-140.
13. Park S., Yi K.K., Na R., Lim A., Hong J.P. No association between serum cholesterol and death by suicide in patients with schizophrenia, bipolar affective disorder, or major depressive disorder //BehaviorBehavioural and Brain Functions. – 2013. – Vol. 9. – P. 45.
14. Zhao K., Zhou S.Y., Shi X., Chen J.J., Zhang Y.Y., Fan K.L., Zhang X.Y., Wang W., Tang W. Potential metabolic monitoring indicators of suicide attempts in first episode and drug naive young patients with major depressive disorder: A cross-sectional study //Bmc Psychiatry. – 2020. – Vol. 20(1). – P. 387.

15. Aguglia A., Solano P., Giacomini G., Caprino M., Conigliaro C., Romano M., Aguglia E., Serafini G., Amore M. The association between dyslipidemia and lethality of suicide attempts: A case-control study // *Frontiers in Psychiatry*. – 2019. – Vol. 10. – P. 70.
16. Zureik M., Courbon D., Ducimetiere P. Serum cholesterol concentration and death from suicide in men: Paris prospective study I // *Bmj-British Medical Journal*. – 1996. – Vol. 313(7058). – P. 649-651.
17. Chen S.M., Mizoue T., Hu H.H., Kuwahara K., Honda T., Yamamoto S., Nakagawa T., Miyamoto T., Okazaki H., Shimizu M., Murakami T., Eguchi M., Kochi T., Yamamoto M., Ogasawara T., Sasaki N., Uehara A., Imai T., Nishihara A., Hori A., Nagahama S., Tomita K., Konishi M., Kabe I., Dohi S. Serum cholesterol levels preceding to suicide death in Japanese workers: A nested case-control study // *Acta Neuropsychiatrica*. – 2019. – Vol. 31(5). – P. 266-269.
18. Jacobson K., Mouritsen O., Anderson R. Lipid rafts: at a crossroad between cell biology and physics // *Nature Cell Biology*. – 2007. – Vol. 9(1). – P. 7-14.
19. Lingwood D., Simons K. Lipid rafts as a membrane-organizing principle // *Science*. – 2010. – Vol. 327(5961). – P. 46-50.
20. Suzuki R., Lee K., Jing E., Biddinger S., McDonald J., Montine T. Diabetes and insulin in regulation of brain cholesterol metabolism // *Cell Metabolism*. – 2010. – Vol. 12(6). – P. 567-579.
21. Wu S., Ding Y., Wu F., Xie G., Hou J., Mao P. Serum lipid levels and suicidality: a meta-analysis of 65 epidemiological studies // *Journal of Psychiatry Neuroscience*. – 2016. – Vol. 41(1). – P. 56-69.
22. Cantarelli M.G., Tramontina A.C., Leite M.C., Gonçalves C.A. Potential neurochemical links between cholesterol and suicidal behavior // *Psychiatry Research*. – 2014. – Vol. 220(3). – P. 745-751.
23. Allen J.A., Halverson-Tamboli R.A., Rasenick M.M. Lipid raft microdomains and neurotransmitter signaling // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2007. – Vol. 8(2). – P. 128-140.
24. Jafurulla M., Tiwari S., Chattopadhyay A. Identification of cholesterol recognition amino acid consensus (CRAC) motif in G-protein coupled receptors // *Biochemical and Biophysical Research Communications*. – 2011. – Vol. 404(1). – P. 569-573.
25. Paila Y.D., Chattopadhyay A. Membrane cholesterol in the function and organization of G-protein coupled receptors // *Subcellular Biochemistry*. – 2010. – Vol. 51. – P. 439-466.
26. Shrivastava S., Pucadyil T.J., Paila Y.D., Ganguly S., Chattopadhyay A. Chronic cholesterol depletion using statin impairs the function and dynamics of human serotonin 1A receptors // *Biochemistry*. – 2010. – Vol. 49(26). – P. 5426-5435.
27. Heron D.S., Shinitzky M., Hershkowitz M., Samuel D. Lipid fluidity markedly modulates the binding of serotonin to mouse brain membranes // *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*. – 1980. – Vol. 77(12). – P. 7463-7467.
28. Cherezov V., Rosenbaum D.M., Hanson M.A., Rasmussen S.G., Thian F.S., Kobilka T.S. High-resolution crystal structure of an engineered human  $\beta$ 2-adrenergic G protein-coupled receptor // *Science*. – 2007. – Vol. 318(5854). – P. 1258-1265.
29. Hanson M.A., Cherezov V., Griffith M.T., Roth C.B., Jaakola V.P., Chien E.Y. A specific cholesterol binding site is established by the 2.8 Å structure of the human  $\beta$ 2-adrenergic receptor // *Structure*. – 2008. – Vol. 16(6). – P. 897-905.
30. Paila Y.D., Chattopadhyay A. The function of G-protein coupled receptors and membrane cholesterol: specific or general interaction? // *Glycoconjugate Journal*. – 2009. – Vol. 26(6). – P. 711-720.
31. Liu J.J., Green P., John Mann J., Rapoport S.I., Sublette M.E. Pathways of polyunsaturated fatty acid utilization: implications for brain function in neuropsychiatric health and disease // *Brain Research*. – 2015. – Vol. 1597. – P. 220-246.
32. Sudol K., Mann J.J. Biomarkers of suicide attempt behavior: towards a biological model of risk // *Current Psychiatry Reports*. – 2017. – Vol. 19(6). – P. 31.
33. Engel D.F., de Oliveira J., Lopes J.B., Santos D.B., Moreira E.L.G., Farina M., Rodrigues A.L.S., de Souza Brocardo P., de Bem A.F. Is there an association between hypercholesterolemia and depression? Behavioral evidence from the mouse experimental model // *Behavioral Brain Research*. – 2016. – Vol. 311. – P. 31-38.
34. Knowles E.E.M., Curran J.E., Meikle P.J., Huynh K., Mathias S.R., Goring H.H.H. Disentangling the genetic overlap between cholesterol and suicide risk // *Neuropsychopharmacology*. – 2018. – Vol. 43(13). – P. 2556-2563.
35. Golomb B.A., Criqui M.H., White H.L., Dimsdale J.E. The UCSD Statin Study: a randomized controlled trial assessing the impact of statins on selected noncardiac outcomes // *Control Clinical Trials*. – 2004. – Vol. 25(2). – P. 178-202.



36. Perez-Rodriguez M.M., Baca-Garcia E., Diaz-Sastre C., Garcia-Resa E., Ceverino A., Saiz-Ruiz J., Oquendo M.A., de Leon J. Low serum cholesterol may be associated with suicide attempt history // *Journal of Clinical Psychiatry*. – 2008. – Vol. 69(12). – P. 1920-1927.
37. De Berardis D., Serroni N., Campanella D., Olivieri L., Ferri F., Carano A., Cavuto M., Martinotti G., Cicconetti A., Piersanti M., Saverio Moschetta F., Di Giannantonio M. Update on the adverse effects of clozapine: focus on myocarditis // *Current Drug Safety*. – 2012. – Vol. 7(1). – P. 55-62.
38. Fischer P., Gruenblatt E., Pietschmann P., Tragl K.H. Serotonin transporter polymorphism and LDL-cholesterol // *Molecular Psychiatry*. – 2006. – Vol. 11(8). – P. 707.
39. McNally L., Bhagwagar Z., Hannestad J. Inflammation, glutamate, and glia in depression: a literature review // *Cns Spectrums*. – 2008. – Vol. 13(6). – P. 501.
40. Baek J.H., Kang E.S., Fava M., Mischoulon D., Nierenberg A.A., Yu B.H. Serum lipids, recent suicide attempt and recent suicide status in patients with major depressive disorder // *Progress in Neuro-psychopharmacology and Biological Psychiatry*. – 2014. – Vol. 51. – P. 113-118.
41. De L.J., Mallory P., Maw L., Susce M.T., Perezrodriguez M.M., Bacagarcia E. Lack of replication of the association of low serum cholesterol and attempted suicide in another country raises more questions // *Annals of Clinical Psychiatry*. – 2011. – Vol. 23(3). – P. 163-170.
42. Maes M., Christophe A., Delanghe J., Altamura C., Neels H., Meltzer H.Y. Lowered omega3 polyunsaturated fatty acids in serum phospholipids and cholesteryl esters of depressed patients // *Psychiatry Research*. – 1999. – Vol. 85(3). – P. 275-291.
43. Ayesa-Arriola R., Rivero M.C., Delgado-Alvarado M., Setien-Suero E., Gonzalez-Gomez J., Labad J., David A.S., Crespo-Facorro B. Low-density lipoprotein cholesterol and suicidal behaviorbehaviour in a large sample of first-episode psychosis patients // *World Journal of Biological Psychiatry*. – 2018. – Vol. 19. – P. 158-161.
44. Давидовский С. В., Ибрагимова Ж. А., Картун Л. В. Особенности содержания холестерина и его липопротеиновых фракций в периферической крови лиц, совершивших суицидальные попытки // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 2019. – Т. 8. № 4. – С. 461-469.
45. Давидовский С. В., Ибрагимова Ж. А., Гончарик А. В. Особенности гормонально-метаболического статуса у лиц, совершивших суицидальную попытку // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 2021. – Т. 10. № 2. – С. 130-145.
46. Douglas J., Nasrallah H.A. Low high-density lipoprotein and psychopathology: A review // *Annals of Clinical Psychiatry*. – 2019. – Vol. 31(3). – P. 209-213.
47. Emet M., Yucel A., Ozcan H., Gur S.T.A., Saritemur M., Bulut N., Gumusdere M. Female attempted suicide patients with low hdl levels are at higher risk of suicide re-attempt within the subsequent year: A clinical cohort study // *Psychiatry Research*. – 2015. – Vol. 225(1-2). – P. 202-207.
48. Horsten M., Wamala S.P., Vingerhoets A., OrthGomer K. Depressive symptoms, social support, and lipid profile in healthy middle-aged women // *Psychosomatic Medicine*. – 1997. – Vol. 59(5). – P. 521-528.
49. Mensi R., Messaoud A., Mhallah A., Azizi I., Salah W.H., Douki W., Najjar M.F., Gaha L. The association between altered lipid profile and suicide attempt among tunisian patients with schizophrenia // *Annals of General Psychiatry*. – 2016. – Vol. 15. – P. 36.
50. Ainiyet B., Rybakowski J.K. Suicidal behaviorbehaviour in schizophrenia may be related to low lipid levels // *Medical Science Monitor*. – 2014. – Vol. 20. – P. 1486-1490.
51. Dimeny E., Ban E., Fekete L.G., Brassai A. Low cholesterol level as a possible suicide risk factor // *Orvosi Hetilap*. – 2021. – Vol. 162(43). – P. 1732-1739.
52. Sankaranarayanan A., Pratt R., Anoop A., Smith A., Espinoza D., Ramachandran P., Tirupati S. Serum lipids and suicidal risk among patients with schizophrenia spectrum disorders: Systematic review and meta-analysis // *Acta Psychiatrica Scandinavica*. – 2021. – Vol. 144(2). – P. 125-152.
53. Tomson-Johanson K., Harro J. Low cholesterol, impulsivity and violence revisited // *Current Opinion in Endocrinology Diabetes and Obesity*. – 2018. – Vol. 25(2). – P. 103-107.
54. Coryell W., Schlessler M. Combined biological tests for suicide prediction // *Psychiatry Research*. – 2007. – Vol. 150(2). – P.187-191.
55. Yagci I., Avci S. Biochemical predictors in presentations to the emergency department after a suicide attempt // *Bratislava Medical Journal*. – 2021. – Vol. 122(3). – P.224-229.
56. Daray F.M., Mann J.J., Sublette M.E. How lipids may affect risk for suicidal behaviorbehaviour // *Journal of Psychiatric Research*. – 2018. – Vol. 104. – P. 16-23.
57. Asellus P., Nordstrom P., Nordstrom A.L., Jokinen J. Cholesterol and the "Cycle of violence" In attempted suicide // *Psychiatry Research*. – 2014. – Vol. 215(3). – P. 646-650.

58. Brunner J., Parhofer K.G., Schwandt P., Bronisch T. Cholesterol, essential fatty acids, and suicide // *Pharmacopsychiatry*. – 2002. – Vol. 35(1). – P. 1–5.
59. Garland M., Hickey D., Corvin A., Golden J., Fitzpatrick P., Cunningham S., Walsh N. Total serum cholesterol in relation to psychological correlates in parasuicide // *British Journal of Psychiatry*. – 2000. – Vol. 177. – P. 77–83.
60. Lester D. Serum cholesterol levels and suicide: A meta-analysis // *Suicide and Life-Threatening Behavior/Behaviour*. – 2002. – Vol. 32(3). – P. 333–346.
61. Kaplan J.R., Muldoon M.F., Manuck S.B., Mann J.J. Assessing the observed relationship between low cholesterol and violence-related mortality - implications for suicide risk // *Neurobiology of Suicide: from the Bench to the Clinic*. – 1997. – Vol. 836. – P. 57–80.
62. Suneson K., Asp M., Traskman-Bendz L., Westrin A., Ambrus L., Lindqvist D. Low total cholesterol and low-density lipoprotein associated with aggression and hostility in recent suicide attempters // *Psychiatry Research*. – 2019. – Vol. 273. – P. 430–434.
63. Reuter C., Caldwell B., Basehore H. Evaluation of cholesterol as a biomarker for suicidality in a veteran sample // *Research in Nursing & Health*. – 2017. – Vol. 40(4). – P. 341–349.
64. Svensson T., Inoue M., Sawada N., Charvat H., Mimura M., Tsugane S., Grp J.S. High serum total cholesterol is associated with suicide mortality in Japanese women // *Acta Psychiatrica Scandinavica*. – 2017. – Vol. 136(3). – P. 259–268.
65. Ma Y.J., Zhou Y.J., Wang D.F., Li Y., Wang D.M., Liu T.Q., Zhang X.Y. Association of lipid profile and suicide attempts in a large sample of first episode drug-naive patients with major depressive disorder // *Frontiers in Psychiatry*. – 2020. – Vol. 11. – P. 543632.
66. Fiedorowicz J.G., Coryell W.H. Cholesterol and suicide attempts: A prospective study of depressed inpatients // *Psychiatry Research*. – 2007. – Vol. 152(1). – P. 11–20.
67. Papadopoulou A., Markianos M., Christodoulou C., Lykouras L. Plasma total cholesterol in psychiatric patients after a suicide attempt and in follow-up // *Journal of Affective Disorders*. – 2013. – Vol. 148(2-3). – P. 440–443.
68. Reddy A., Kalasapati L.K. Study on serum cholesterol level and level of violence in individuals attempting suicide // *Minerva Psichiatrica*. – 2020. – Vol. 61(4). – P. 153–161.
69. Данбаев С. У. Взаимосвязь между уровнем холестерина в крови и суицидальной активностью // *Фундаментальные исследования*. – 2008. – № 10. – С. 37–39.
70. Park Y.M., Lee B.H., Lee S.H. The association between serum lipid levels, suicide ideation, and central serotonergic activity in patients with major depressive disorder // *Journal of Affective Disorders*. – 2014. – Vol. 159. – P. 62–65.
71. Vartiainen E., Puska P., Pekkanen J., Tuomilehto J., Lonnqvist J., Ehnholm C. Serum-cholesterol concentration and mortality from accidents, suicide, and other violent causes // *British Medical Journal*. – 1994. – Vol. 309(6952). – P. 445–447.
72. Lalovic A., Levy E., Luheshi G., Canetti L., Grenier E., Sequeira A., Turecki G. Cholesterol content in brains of suicide completers // *International Journal of Neuropsychopharmacology*. – 2007. – Vol. 10(2). – P. 159–166.
73. Разводовский Ю. Е. Дислипидемия как фактор риска суицидального поведения // *Девиантология*. – 2021. – Т. 5. № 2(9). – С. 38–42.
74. Kulak-Bejda A., Bejda G., Lech M., Waszkiewicz N. Are lipids possible markers of suicide behavior/behaviours? // *Journal of Clinical Medicine*. – 2021. – Vol. 10(2). – P. 333.
75. Sen P., Adewusi D., Blakemore A.I., Kumari V. How do lipids influence risk of violence, self-harm and suicidality in people with psychosis? A systematic review // *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*. – 2022. – Vol. 56(5). – P. 451–488.
76. Troisi A. Cholesterol in coronary heart disease and psychiatric disorders: Same or opposite effects on morbidity risk? // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. – 2009. – Vol. 33(2). – P. 125–132.
77. Gokcay H., Balcioglu Y.H. Neurobiology of impulsivity and aggression as substrates of suicidal behavior/behaviour: A narrative focus on the involvement of serum lipids // *Psychiatry and Behavior/Behavioural Sciences*. – 2020. – Vol. 10(4). – P. 219–228.
78. Conroy R.M. Low-cholesterol and violent death - the evidence, the gaps, the theory and the practical implications // *Irish Journal of Psychological Medicine*. – 1993. – Vol. 10(2). – P. 67–70.
79. Muldoon M.F., Manuck S.B., Mendelsohn A.B., Kaplan J.R., Belle S.H. Cholesterol reduction and non-illness mortality: Meta-analysis of randomised clinical trials // *British Medical Journal*. – 2001. – Vol. 322(7277). – P. 11–15.

А.М. Маханова<sup>1</sup>, О.А. Понамарева<sup>1</sup>, Р.К. Татаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Қарағанды медицина университеті, Қарағанды, Қазақстан

<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

### Қан холестеринімен суицидтік мінез-құлық арасындағы байланыс

**Аңдатпа.** ДДҰ (Дүниежүзілік Денсаулық сақтау ұйымы) 2021 жылғы есебіне сәйкес, біздің еліміз әлемдік рейтингте суицид деңгейі жоғары елдердің қатарына кіріп, 20-ші орынды алады. Адамдардағы суицидтік мінез-құлықты дамытудың табиғаты мен механизмдері әліде анық емес. Бұған дейін бір қатар жұмыстар липидтердің деңгейімен суицидтік мінез-құлықтың дамуы арасындағы байланысты анықтады. Сонымен қатар, суицидтік мінез-құлықтың холестерин деңгейімен ешқандай байланысы жоқ деректерде бар. Демек, холестериннің адамдағы суицидтік мінез-құлықты дамытудағы рөлі қызықты зерттеу мәселесі болып табылады. Осыған байланысты біз холестерин деңгейімен суицидтік мінез-құлық арасындағы байланысты анықтау үшін әдебиеттерге шолу жасадық. Әдебиеттерді іздеу Web of Science, PubMed, Scopus, eLibrary дерек қорларында жүргізілді. Іздеу «холестерин» немесе «жалпы холестерин» және «суицид» немесе «суицидтік мінез-құлық» кілт сөздері бойынша анықталды. Ағылшын және орыс тілдеріндегі мақалалар енгізіліп, тек ересек пациенттер қатысқан зерттеулер қамтылды. 79 мақаланы талдау нәтижесінде авторлардың көпшілігі (70%) холестерин деңгейімен суицидтік мінез-құлық арасындағы байланысты растайтын қорытындыға келгені анықталды. Алайда, мұндай байланыстың болуын растамайтын бір қатар зерттеулерде бар (17%). Анықталған қарама-қайшылыққа қарамастан, жұмыстың аз бөлігі (13%) шолулармен ұсынылған және бізді қызықтыратын зерттеу сұрағына нақты жауап бере алмайды. Осылайша, анықталған қарама-қайшылықтарды суицидтік мінез-құлықтың күрделі және көпфакторлы екендігімен түсіндіруге болады. Болашақта холестерин деңгейін биомаркер ретінде пайдалану зертханалық маркерді алуға мүмкіндік береді, ол клиникалық бағалаулармен және белгілермен бірге суицидтік мінез-құлық бар науқастарда уақтылы диагноз қоюға және тәуекелдерді бағалауға мүмкіндік береді. Алайда, бүгінгі күні бұл қатынастың механизмдері түсініксіз болып тұр, бұл одан әрі ғылыми іздестірудің қажеттілігін білдіреді.

**Түйін сөздер:** холестерин, суицид, өзіне зиян келтіретін мінез-құлық.

А.М. Маханова<sup>1</sup>, О.А. Понамарева<sup>1</sup>, Р.К. Татаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Медицинский университет Караганды, Караганда, Казахстан

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

### Взаимосвязь уровня холестерина крови и суицидального поведения

**Аннотация.** Согласно отчету ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) за 2021 г, Республика Казахстан входит в число стран с высоким уровнем суицидов в мировом рейтинге, занимая 20 место. Природа и механизмы развития суицидального поведения у людей продолжают оставаться недостаточно ясными. Ранее ряд работ выявил взаимосвязь между уровнем липидов, в частности, холестерина и развитием суицидального поведения. Наряду с этим имеются работы, которые не выявили никакой связи суицидального поведения с уровнем холестерина. Следовательно, роль холестерина в развитии суицидального поведения у человека представляется интересным исследовательским вопросом. В связи с этим мы провели обзор литературы для определения взаимосвязи между уровнем холестерина крови и суицидальным поведением. Поиск литературы проводился в базах данных Web of Science, PubMed, Scopus, eLibrary. Поиск проводился по ключевым словам: “холестерин” или “общий холестерин” и “суицид” или “суицидальное поведение”. Были включены статьи на английском и русском языках. Включались исследования, где участвовали только взрослые пациенты. В результате анализа 79 статей было выявлено, что большинство авторов (70%) пришли к выводу, подтверждающему взаимосвязь между уровнем холестерина и суицидальным поведением. Однако имеется ряд исследований, которые не подтверждают наличие такой связи (17%). Несмотря на выявленный контраст, имеется небольшая часть работ (13%), которые представлены обзорами и метаанализами и не могут дать однозначного ответа на интересующий нас исследовательский вопрос. Таким образом, выявленные противоречия можно объяснить

тем, что суицидальное поведение является сложным и многофакторным. Использование уровня холестерина в качестве биомаркера в будущем позволило бы клиницистам получить лабораторный маркер, который в сочетании с клиническими оценками и симптомами может позволить поставить более своевременный диагноз и оценить риски у пациентов с суицидальным поведением. Однако на сегодняшний день механизмы данной взаимосвязи остаются неясными, что представляет поле для дальнейшей научной деятельности.

**Ключевые слова:** холестерин, самоубийство, самоповреждающее поведение.

## References

1. Ainiyet B., Rybakowski J.K. Suicidal behaviorbehaviour and lipid levels in unipolar and bipolar depression, *Acta Neuropsychiatrica*, 26(5), 315–320 (2014).
2. Li H., Zhang X.Y., Sun Q., Zou R., Li Z.J., Liu S.Y. Association between serum lipid concentrations and attempted suicide in patients with major depressive disorder: A meta-analysis, *Plos One*, 15(12), e0243847 (2020).
3. Ma Y.J., Wang D.F., Yuan M., Zhang X.J., Long J., Chen S.B., Wu Q.X., Wang X.Y., Patel M., Verrico C.D., Liu T.Q., Zhang X.Y. The prevalence, metabolic disturbances and clinical correlates of recent suicide attempts in chinese inpatients with major depressive disorder, *Bmc Psychiatry*, 19, 144 (2019).
4. Messaoud A., Mensi R., Mrad A., Mhalla A., Azizi I., Amemou B., Trabelsi I., Grissa M.H., Salem N.H., Chadly A., Douki W., Najjar M.F., Gaha L. Is low total cholesterol levels associated with suicide attempt in depressive patients? *Annals of General Psychiatry*, 16, 20 (2017).
5. Segoviano-Mendoza M., Cardenas-de la Cruz M., Salas-Pacheco J., Vazquez-Alaniz F., La Llave-Leon O., Castellanos-Juarez F., Mendez-Hernandez J., Barraza-Salas M., Miranda-Morales E., Arias-Carrion O., Mendez-Hernandez E. Hypocholesterolemia is an independent risk factor for depression disorder and suicide attempt in northern mexican population, *Bmc Psychiatry*, 18, 7 (2018).
6. Shrivastava A., Johnston M., Campbell R., De Sousa A., Shah N. Serum cholesterol and suicide in first episode psychosis: A preliminary study, *Indian Journal of Psychiatry*, 59(4), 478-482 (2017).
7. Zhou S.Y., Zhao K., Shi X., Sun H.K., Du S.Y., Miao X.M., Chen J.J., Yang F., Xing M.Z., Ran W., Lao J., Zhang X., Wang W., Tang W. Serum lipid levels and suicide attempts within 2 weeks in patients with major depressive disorder: Is there a relationship?, *Frontiers in Psychiatry*, 12, 676040 (2021).
8. Muldoon M.F., Manuck S.B., Matthews K.A. Lowering cholesterol concentrations and mortality - a quantitative review of primary prevention trials, *Bmj-British Medical Journal*, 301(6747), 309-314 (1990).
9. Bartoli F., Di Brita C., Crocamo C., Clerici M., Carra G. Lipid profile and suicide attempt in bipolar disorder: A meta-analysis of published and unpublished data, *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 79, 90–95 (2017).
10. Cantarelli M.D., Nardin P., Buffon A., Eidt M.C., Godoy L.A., Fernandes B.S., Goncalves C.A. Serum triglycerides, but not cholesterol or leptin, are decreased in suicide attempters with mood disorders, *Journal of Affective Disorders*, 172, 403–409 (2015).
11. Capuzzi E., Bartoli F., Crocamo C., Malerba M.R., Clerici M., Carra G. Recent suicide attempts and serum lipid profile in subjects with mental disorders: A cross-sectional study, *Psychiatry Research*, 270, 611–615 (2018).
12. D'Ambrosio V., Salvi V., Bogetto F., Maina G. Serum lipids, metabolic syndrome and lifetime suicide attempts in patients with bipolar disorder, *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 37(1), 136–140 (2012).
13. Park S., Yi K.K., Na R., Lim A., Hong J.P. No association between serum cholesterol and death by suicide in patients with schizophrenia, bipolar affective disorder, or major depressive disorder, *Behavior Behavioural and Brain Functions*, 9, 45 (2013).
14. Zhao K., Zhou S.Y., Shi X., Chen J.J., Zhang Y.Y., Fan K.L., Zhang X.Y., Wang W., Tang W. Potential metabolic monitoring indicators of suicide attempts in first episode and drug naive young patients with major depressive disorder: A cross-sectional study, *Bmc Psychiatry*, 20(1), 387 (2020).
15. Aguglia A., Solano P., Giacomini G., Caprino M., Conigliaro C., Romano M., Aguglia E., Serafini G., Amore M. The association between dyslipidemia and lethality of suicide attempts: A case-control study, *Frontiers in Psychiatry*, 10, 70 (2019).
16. Zureik M., Courbon D., Ducimetiere P. Serum cholesterol concentration and death from suicide in men: Paris prospective study I, *Bmj-British Medical Journal*, 313(7058), 649–651 (1996).



17. Chen S.M., Mizoue T., Hu H.H., Kuwahara K., Honda T., Yamamoto S., Nakagawa T., Miyamoto T., Okazaki H., Shimizu M., Murakami T., Eguchi M., Kochi T., Yamamoto M., Ogasawara T., Sasaki N., Uehara A., Imai T., Nishihara A., Hori A., Nagahama S., Tomita K., Konishi M., Kabe I., Dohi S. Serum cholesterol levels preceding to suicide death in Japanese workers: A nested case-control study, *Acta Neuropsychiatrica*, 31(5), 266–269 (2019).
18. Jacobson K., Mouritsen O., Anderson R. Lipid rafts: at a crossroad between cell biology and physics, *Nature Cell Biology*, 9(1), 7–14 (2007).
19. Lingwood D., Simons K. Lipid rafts as a membrane-organizing principle, *Science*, 327(5961), 46–50 (2010).
20. Suzuki R., Lee K., Jing E., Biddinger S., McDonald J., Montine T. Diabetes and insulin in regulation of brain cholesterol metabolism. *Cell Metabolism*, 12 (6), 567–579 (2010).
21. Wu S., Ding Y., Wu F., Xie G., Hou J., Mao P. Serum lipid levels and suicidality: a meta-analysis of 65 epidemiological studies, *Journal of Psychiatry Neuroscience*, 41 (1), 56–69 (2016).
22. Cantarelli M.G., Tramontina A.C., Leite M.C., Gonçalves C.A. Potential neurochemical links between cholesterol and suicidal behavior, *Psychiatry Research*, 220(3), 745–751 (2014).
23. Allen J.A., Halverson-Tamboli R.A., Rasenick M.M. Lipid raft microdomains and neurotransmitter signaling, *Nature Reviews Neuroscience*, 8 (2), 128–140 (2007).
24. Jafurulla M., Tiwari S., Chattopadhyay A. Identification of cholesterol recognition amino acid consensus (CRAC) motif in G-protein coupled receptors, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 404(1), 569–573 (2011).
25. Paila Y.D., Chattopadhyay A. Membrane cholesterol in the function and organization of G-protein coupled receptors, *Subcellular Biochemistry*, 51, 439–466 (2010).
26. Shrivastava S., Pucadyil T.J., Paila Y.D., Ganguly S., Chattopadhyay A. Chronic cholesterol depletion using statin impairs the function and dynamics of human serotonin 1A receptors, *Biochemistry*, 49(26), 5426–5435 (2010).
27. Heron D.S., Shinitzky M., Hershkowitz M., Samuel D. Lipid fluidity markedly modulates the binding of serotonin to mouse brain membranes, *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 77(12), 7463–7467 (1980).
28. Cherezov V., Rosenbaum D.M., Hanson M.A., Rasmussen S.G., Thian F.S., Kobilka T.S. High-resolution crystal structure of an engineered human  $\beta_2$ -adrenergic G protein-coupled receptor, *Science*, 318(5854), 1258–1265 (2007).
29. Hanson M.A., Cherezov V., Griffith M.T., Roth C.B., Jaakola V.P., Chien E.Y. A specific cholesterol binding site is established by the 2.8 Å structure of the human  $\beta_2$ -adrenergic receptor, *Structure*, 16(6), 897–905 (2008).
30. Paila Y.D., Chattopadhyay A. The function of G-protein coupled receptors and membrane cholesterol: specific or general interaction? *Glycoconjugate Journal*, 26(6), 711–720 (2009).
31. Liu J.J., Green P., John Mann J., Rapoport S.I., Sublette M.E. Pathways of polyunsaturated fatty acid utilization: implications for brain function in neuropsychiatric health and disease, *Brain Research*, 1597, 220–246 (2015).
32. Sudol K., Mann J.J. Biomarkers of suicide attempt behavior: towards a biological model of risk, *Current Psychiatry Reports*, 19(6), 31 (2017).
33. Engel D.F., de Oliveira J., Lopes J.B., Santos D.B., Moreira E.L.G., Farina M., Rodrigues A.L.S., de Souza Brocardo P., de Bem A.F. Is there an association between hypercholesterolemia and depression? Behavioral evidence from the mouse experimental model, *Behavioral Brain Research*, 311, 31–38 (2016).
34. Knowles E.E.M., Curran J.E., Meikle P.J., Huynh K., Mathias S.R., Goring H.H.H. Disentangling the genetic overlap between cholesterol and suicide risk, *Neuropsychopharmacology*, 43(13), 2556–2563 (2018).
35. Golomb B.A., Criqui M.H., White H.L., Dimsdale J.E. The UCSD Statin Study: a randomized controlled trial assessing the impact of statins on selected noncardiac outcomes, *Control Clinical Trials*, 25(2), 178–202 (2004).
36. Perez-Rodriguez M.M., Baca-Garcia E., Diaz-Sastre C., Garcia-Resa E., Ceverino A., Saiz-Ruiz J., Oquendo M.A., de Leon J. Low serum cholesterol may be associated with suicide attempt history, *Journal of Clinical Psychiatry*, 69(12), 1920–1927 (2008).
37. De Berardis D., Serroni N., Campanella D., Olivieri L., Ferri F., Carano A., Cavuto M., Martinotti G., Cicconetti A., Piersanti M., Saverio Moschetta F., Di Giannantonio M. Update on the adverse effects of clozapine: focus on myocarditis, *Current Drug Safety*, 7(1), 55–62 (2012).

38. Fischer P., Gruenblatt E., Pietschmann P., Tragl K.H. Serotonin transporter polymorphism and LDL-cholesterol, *Molecular Psychiatry*, 11(8), 707 (2006).
39. McNally L., Bhagwagar Z., Hannestad J. Inflammation, glutamate, and glia in depression: a literature review. *Cns Spectrums*, 13(6), 501 (2008).
40. Baek J.H., Kang E.S., Fava M., Mischoulon D., Nierenberg A.A., Yu B.H. Serum lipids, recent suicide attempt and recent suicide status in patients with major depressive disorder, *Progress in Neuro - psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 51, 113–118 (2014).
41. De L.J., Mallory P., Maw L., Susce M.T., Perezrodriguez M.M., Bacagarcia E. Lack of replication of the association of low serum cholesterol and attempted suicide in another country raises more questions, *Annals of Clinical Psychiatry*, 23(3), 163–170 (2011).
42. Maes M., Christophe A., Delanghe J., Altamura C., Neels H., Meltzer H.Y. Lowered omega3 polyunsaturated fatty acids in serum phospholipids and cholesteryl esters of depressed patients, *Psychiatry Research*, 85(3), 275–291 (1999).
43. Ayesa-Arriola R., Rivero M.C., Delgado-Alvarado M., Setien-Suero E., Gonzalez-Gomez J., Labad J., David A.S., Crespo-Facorro B. Low-density lipoprotein cholesterol and suicidal behaviorbehaviour in a large sample of first-episode psychosis patients, *World Journal of Biological Psychiatry*, 19, 158–161 (2018).
44. Davidovskii S. V., Ibragimova Zh. A., Kartun L. V. Osobennosti sodержaniia kholesterina i ego lipoproteinovykh fraktsii v perifericheskoi krovi lits, sovershivshikh suitsidal'nye popytki [Features of the content of cholesterol and its lipoprotein fractions in the peripheral blood of persons who have committed suicide attempts], *Laboratornaia diagnostika. Vostochnaia Evropa* [Laboratory diagnostics. Eastern Europe], 8(4), 461–469 (2019). [in Russian]
45. Davidovskii S. V., Ibragimova Zh. A., Goncharik A. V. Osobennosti gormonal'no – metabolicheskogo statusa u lits, sovershivshikh suitsidal'nuiu popytku [Features of hormonal and metabolic status in persons who have committed a suicide attempt], *Laboratornaya diagnostika. Vostochnaya Evropa* [Laboratory diagnostics. Eastern Europe], 10(2), 130–145 (2021). [in Russian]
46. Douglas J., Nasrallah H.A. Low high-density lipoprotein and psychopathology: A review, *Annals of Clinical Psychiatry*, 31(3), 209–213 (2019).
47. Emet M., Yucel A., Ozcan H., Gur S.T.A., Saritemur M., Bulut N., Gumusdere M. Female attempted suicide patients with low hdl levels are at higher risk of suicide re-attempt within the subsequent year: A clinical cohort study, *Psychiatry Research*, 225(1-2), 202–207 (2015).
48. Horsten M., Wamala S.P., Vingerhoets A., OrthGomer K. Depressive symptoms, social support, and lipid profile in healthy middle-aged women, *Psychosomatic Medicine*, 59(5), 521–528 (1997).
49. Mensi R., Messaoud A., Mhallah A., Azizi I., Salah W.H., Douki W., Najjar M.F., Gaha L. The association between altered lipid profile and suicide attempt among tunisian patients with schizophrenia, *Annals of General Psychiatry*, 15, 36 (2016).
50. Ainiyet B., Rybakowski J.K. Suicidal behaviorbehaviour in schizophrenia may be related to low lipid levels, *Medical Science Monitor*, 20, 1486–1490 (2014).
51. Dimeny E., Ban E., Fekete L.G., Brassai A. Low cholesterol level as a possible suicide risk factor, *Orvosi Hetilap*, 162(43), 1732–1739 (2021).
52. Sankaranarayanan A., Pratt R., Anoop A., Smith A., Espinoza D., Ramachandran P., Tirupati S. Serum lipids and suicidal risk among patients with schizophrenia spectrum disorders: Systematic review and meta-analysis, *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 144(2), 125–152 (2021).
53. Tomson-Johanson K., Harro J. Low cholesterol, impulsivity and violence revisited, *Current Opinion in Endocrinology Diabetes and Obesity*, 25(2), 103–107 (2018).
54. Coryell W., Schlessner M. Combined biological tests for suicide prediction, *Psychiatry Research*, 150(2), 187–191 (2007).
55. Yagci I., Avci S. Biochemical predictors in presentations to the emergency department after a suicide attempt, *Bratislava Medical Journal*, 122(3), 224–229 (2021).
56. Daray F.M., Mann J.J., Sublette M.E. How lipids may affect risk for suicidal behaviorbehaviour, *Journal of Psychiatric Research*, 104, 16–23 (2018).
57. Asellus P., Nordstrom P., Nordstrom A.L., Jokinen J. Cholesterol and the "Cycle of violence" In attempted suicide, *Psychiatry Research*, 215(3), 646–650 (2014).
58. Brunner J., Parhofer K.G., Schwandt P., Bronisch T. Cholesterol, essential fatty acids, and suicide, *Pharmacopsychiatry*, 35(1), 1–5 (2002).
59. Garland M., Hickey D., Corvin A., Golden J., Fitzpatrick P., Cunningham S., Walsh N. Total serum cholesterol in relation to psychological correlates in parasuicide, *British Journal of Psychiatry*, 177, 77–83 (2000).

60. Lester D. Serum cholesterol levels and suicide: A meta-analysis, *Suicide and Life-Threatening Behavior*, 32(3), 333–346 (2002).
61. Kaplan J.R., Muldoon M.F., Manuck S.B., Mann J.J. Assessing the observed relationship between low cholesterol and violence-related mortality -implications for suicide risk, *Neurobiology of Suicide: from the Bench to the Clinic*, 836, 57–80 (1997).
62. Suneson K., Asp M., Traskman-Bendz L., Westrin A., Ambrus L., Lindqvist D. Low total cholesterol and low-density lipoprotein associated with aggression and hostility in recent suicide attempters, *Psychiatry Research*, 273, 430–434 (2019).
63. Reuter C., Caldwell B., Basehore H. Evaluation of cholesterol as a biomarker for suicidality in a veteran sample, *Research in Nursing & Health*, 40(4), 341–349 (2017).
64. Svensson T., Inoue M., Sawada N., Charvat H., Mimura M., Tsugane S., Grp J.S. High serum total cholesterol is associated with suicide mortality in Japanese women, *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 136(3), 259–268 (2017).
65. Ma Y.J., Zhou Y.J., Wang D.F., Li Y., Wang D.M., Liu T.Q., Zhang X.Y. Association of lipid profile and suicide attempts in a large sample of first episode drug-naive patients with major depressive disorder, *Frontiers in Psychiatry*, 11, 543632 (2020).
66. Fiedorowicz J.G., Coryell W.H. Cholesterol and suicide attempts: A prospective study of depressed inpatients, *Psychiatry Research*, 152(1), 11–20 (2007).
67. Papadopoulou A., Markianos M., Christodoulou C., Lykouras L. Plasma total cholesterol in psychiatric patients after a suicide attempt and in follow-up, *Journal of Affective Disorders*, 148(2-3), 440–443 (2013).
68. Reddy A., Kalasapati L.K. Study on serum cholesterol level and level of violence in individuals attempting suicide, *Minerva Psichiatrica*, 61(4), 153–161 (2020).
69. Danbaev S. U. Vzaimosviaz' mezhd urovnem kholesterina v krovi I suitsidal'noi aktivnost'iu [The relationship between cholesterol levels in the blood and suicidal activity], *Fundamental'nye issledovaniia [Fundamental research]*, 10, 37–39 (2008). [in Russian]
70. Park Y.M., Lee B.H., Lee S.H. The association between serum lipid levels, suicide ideation, and central serotonergic activity in patients with major depressive disorder, *Journal of Affective Disorders*, 159, 62–65 (2014).
71. Vartiainen E., Puska P., Pekkanen J., Tuomilehto J., Lonnqvist J., Ehnholm C. Serum-cholesterol concentration and mortality from accidents, suicide, and other violent causes, *British Medical Journal*, 309(6952), 445–447 (1994).
72. Lalovic A., Levy E., Luheshi G., Canetti L., Grenier E., Sequeira A., Turecki G. Cholesterol content in brains of suicide completers, *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 10(2), 159–166 (2007).
73. Razvodovskii Iu. E. Dislipidemiia kak faktor riska suitsidal'nogo povedeniia [Dyslipidemia as a risk factor for suicidal behavior], *Deviantologiya [Deviantology]*, 5 (9), 38–42 (2021). [in Russian]
74. Kulak-Bejda A., Bejda G., Lech M., Waszkiewicz N. Are lipids possible markers of suicide behavior? *Journal of Clinical Medicine*, 10(2), 333 (2021).
75. Sen P., Adewusi D., Blakemore A.I., Kumari V. How do lipids influence risk of violence, self-harm and suicidality in people with psychosis? A systematic review, *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 56(5), 451–488 (2022).
76. Troisi A. Cholesterol in coronary heart disease and psychiatric disorders: Same or opposite effects on morbidity risk? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(2), 125–132 (2009).
77. Gokcay H., Balcioglu Y.H. Neurobiology of impulsivity and aggression as substrates of suicidal behavior: A narrative focus on the involvement of serum lipids, *Psychiatry and Behavioral Sciences*, 10(4), 219–228 (2020).
78. Conroy R.M. Low-cholesterol and violent death - the evidence, the gaps, the theory and the practical implications, *Irish Journal of Psychological Medicine*, 10(2), 67–70 (1993).
79. Muldoon M.F., Manuck S.B., Mendelsohn A.B., Kaplan J.R., Belle S.H. Cholesterol reduction and non-illness mortality: Meta-analysis of randomised clinical trials, *British Medical Journal*, 322(7277), 11–15 (2001).

**Information about the authors:**

*Makhanova A.M.* – PhD student, Medical University of Karaganda NJSC, 40 Gogol st., Karaganda, Kazakhstan.

*Ponamareva O.A.* – Candidate of Medicine, Head of the Department of Biomedicine, Medical University of Karaganda NJSC, 40 Gogol st., Karaganda, Kazakhstan.

*Tatayeva R.K.* – Professor of the Department of General Biology and Genomics, “L.N.Gumilyov Eurasian National University” NJSC, 13/2 Kazhymukan str., Astana, Kazakhstan.

*Маханова А.М.* – PhD докторант, «Қарағанды медицина университеті» КеАҚ, Гоголя көш, 40, Қарағанды, Қазақстан.

*Понамарева О.А.* – Медицина ғылымдарының кандидаты, Биомедицина кафедрасының меңгерушісі, «Қарағанды медицина университеті» КеАҚ, Гоголя көш, 40, Қарағанды, Қазақстан.

*Татаева Р.К.* – Жалпы биология және геномика кафедрасының профессоры, «Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Қажымұқан көш,13/2, Астана, Қазақстан.



---

R. Khalilov, M. Mammadova, Sh. Abdullayeva\*

Baku State University, Baku, Azerbaijan

\*Corresponding author: shebnem.abdullayeva02@gmail.com

## Mechanism of resistance to beta-lactam antibiotics

---

**Abstract.** *Acinetobacter baumannii* is the most commonly associated human pathogen with infections in the genus. This opportunistic pathogen causes quite serious infections, especially in fond patients, and has the ability to quickly develop resistance to new antibiotics. In the recent past, carbapenems, a. It was the first option in the treatment of Baumannii infections. But recently there have been many clinics *Acinetobacter* the baumannii isolate has acquired resistance to all conventional antibiotics, including carbapenems. This compilation is *Acinetobacter* it can refresh our knowledge about the resistance mechanisms of baumannii; however, his revolution will continue in the future.

**Keywords:** *Acinetobacter bomannii*, pathogen, knowledge.

DOI: 10.32523/2616-7034-2023-144-3-115-127

---

### Introduction

Members of the *Acinetobacter* family were first identified in 1911, and in the early 1970s they took their place among nosocomial pathogens in the first in-vitro studies, it was found that many clinical isolates are sensitive to commonly used antimicrobial agents such as ampicillin, gentamicin, chloramphenicol, and nalidixic acid, but over time, an increase in the resistance of clinical isolates to the *Acinetobacter bauman* complex was observed. Today, most of the isolates are resistant to commonly used antibacterial agents, such as aminopenicillins, ureidopenicillins, and cephalosporins of a wide spectrum of action, most of them are aminoglycosides, quinolones, chloramphenicol, and tetracyclines. The multiple drug resistance (OID) occurring in *Acinetobacteria* species in recent years has led to the intensive use of carbapenem (imipenem, meropenem) in the treatment of *Acinetobacteria* infections. However, today, high resistance to carbapenems in *Acinetobacter* clinical isolates is reported worldwide, and some of them are resistant to all traditional antibiotic agents(20). Some studies have shown that colistin may be useful for the treatment of infections caused by carbapenem-resistant isolates(18). In addition, the successful use of sulbactam with activity against *Acinetobacteria* species and various combinations of antibiotics, such as ampicillin or polymyxin B, imipenem and rifampicin, has been reported(31,70). Similarly, tigecycline has been stated to be active against carbapenem-resistant isolates(5).

Recently, however, *Acinetobacter* resistance to colistin and polymyxin B has also begun to be reported in baumannii strains (28). These observations have clearly demonstrated the importance of understanding the resistance mechanisms of bacteria. In this review, the current situation for the molecular mechanisms of antibiotic resistance of baumannii will be tried to establish.

### **Mechanism of resistance to beta-lactam antibiotics**

The main mechanism for resistance to beta-lactam antibiotics, including carbapenems, in *Acinetobacter* species, is the production of beta-lactamase, encoded either by a chromosome or a plasmid. In addition to beta-lactamases, resistance can also arise from porin replacement and modification of penicillin-binding proteins (PBPs). Beta-lactamases can be divided into natural and acquired.

#### **Natural beta-lactamases**

These enzymes are the main feature of the species and can be found in all strains of the genus or species and can be transferred vertically. Of the natural beta-lactamases belonging to the *Acinetobacter baumannii* complex- it is OXA 51-like beta-lactamases and ampC-type cephalosporinases that have been identified in almost all of the isolates.

#### **OXA-51 like beta-lactamases**

This set of enzymes, which is produced by *Acinetobacter baumannii* species and is a natural beta-lactamase, is one of the class D oxacylinases. This natural group forms a set of enzymes that, unlike other known oxacylinases, show up to 63% amino acid homology. OXA-51 gene sequence analyses show obvious differences from class D motifs when compared with other major OXA enzyme clusters. At least 18 OXA-51 variants have been detected in various geographical regions so far(7,60,62). These variants differ from each other by modification of 1-15 amino acids. But all these enzymes exhibit weak carbapenemase activity, and none of the cephalosporins, except cephaloride, a substrate weaker than ampicillin, is hydrolyzed by these enzymes. Apparently, the expression level of these genes and related enzymes is low. A. Of the members of the baumania OXA-51 enzyme cluster, only OXA-69 play an active role in resistance to all beta-lactams, including carbapenems. The genomic source of a cluster of enzymes similar to OXA-51 is still unknown. Perhaps as a mechanism of resistance to soil microorganisms producing antibiotics, or caused by unknown organisms and integrated into the chromosome. Regardless of the source, members of the OXA51 enzyme cluster are not found in other species of acinetobacteria, despite the natural structure in almost all *Acinetobacter-baumannii* isolates[37]. It has been suggested that these enzymes are often present in combination with acquired OXA-type enzymes belonging to other clusters, and under certain conditions may play at least a synergistic role in resistance to carbapenem[68].

#### **AmpC-type cephalosporinases**

The presence of the enzyme cephalosporinase in all species belonging to the *Acinetobacter-baumannii* complex is observed. Some variations in the properties of this enzyme are observed dec different types of bacteria. However, it is known that the *Acinetobacter ampC* gene originates from a common lineage and is more closely related to each other than the ampC genes found in other bacterial lineages. In addition, october to the similarity of the amino acid sequences of *Acinetobacter ampC* beta-lactamases, it can be assumed that these enzymes come from a single enzyme family. This condition, supported by phylogenetic analyzes, has been called *Acinetobacter-induced cephalosporinases* (50).

The enzyme quite effectively hydrolyzes first-generation cephalosporins, ureidopenicillins and aminopenicillins. It does not reduce the effects of broad-spectrum cephalosporins when they are expressed at the basal level. However, the addition of an insertion sequence (IS) to the upper part of the bla gene triggers the production of high levels of betalactamase. An increase in the level of the enzyme causes a high level of resistance to broad-spectrum compounds such as cefotaxime and ceftazidime(50).

According to IS terminology, ISAbal has a length of 1180 bases and carries reverse repeats of the terminal 16 base series belonging to the IS4 family. Its placement has been shown to be 9 bases away from the starting codon of the ampC gene. ISAbal is replaced by the main supporting sequence regulating the expression of ampC at low levels, and a new supporting sequence is

formed. The splicing event also results in nucleotide exchange of the binding sites of the ampC gene to the ribosome. However, it is known that nucleotide change in ribosome binding sites does not change ampC gene expression and that high levels of expression are associated only with the presence of ISAbel. Although it has been found as a few copies in ISAbal *Acinetobacter* species, it has not been shown so far in other organisms such as *Enterobacter* or *Pseudomonas aeruginosa* (24,34,51).

### Acquired beta-lactamases

#### Broad-spectrum beta-lactamases (GSB)

Plasmid-mediated acquired beta-lactamases in *Acinetobacter* species were first raised by JUL, and then by the demonstration of SHV enzymes. Resistance to ampicillin, carboxypenicillins and ureidopenicillins has been attributed to the presence of these enzymes, but it has been emphasized that they are not active against broad-spectrum cephalosporins and carbapenems(4). It is not always easy to detect GSBLs in *Acinetobacter*s. This can be shown if special efforts are made to detect enzymes. Thus, in the first studies, PER-1 enzymes from Turkey, VEB-1 from France, SHV-12 from China, and CTX-M enzymes from Japan were reported (26,39,40,63).

Although these genes are mostly acquired in relation to plasmids in other bacteria, it has not yet been revealed by which mechanism exactly *Acinetobacter* species acquire these enzymes. It has been shown that the blaVEB1 gene in *Acinetobacter baumannii* strains isolated from France is associated with the class 1 integral structure in *Paeruginosa* isolates(45).

Similarly, the THU-1 gene is shown to be a chromosomally localized transposon fragment, p.it is limited to ISPa12 and ISPa13 found in *aeruginosa* isolates and has been identified to have a 63% similarity at the amino acid level with IS4(43). Therefore, it has been hypothesized that the chromosomal location of the genes in question is caused by the transposition event following the transfer and plasmid loss. But currently, these genes are known as regions that are integrated into the chromosome and cannot be transferred.

#### Metallo-beta-lactamases (MBL)

Currently, there are six known groups of acquired ML (IMP, VIM, SIM, SIM, SIM, and GSM). Of these, UTIs, VIM, SIM, and GSO were registered in clinical isolations of *Acinetobacter* species (Chart). At least 19 variants are known in the UTI group, grouped into 7 phylogroups. Nowadays, *Acinetobacter Baumannii* has identified six variants of IMP (IMP-1, IMP-2, IMP-4, IMP-5, IMP-6, IMP-8, and IMP-11), of which three are different phylogenesis (46,67).

While in Europe, especially in the Mediterranean countries, there is limited notification of isolates of *acinetobacteria* carrying genes encoding these enzymes, some Asian countries seem to be endemic to isolates carrying these genes.

So far, *Acinetobacter* in *Baumannii*, VIM enzymes are found quite rarely. Only VIM-2 came from South Korea and VIM-1 from Greece (58,69). *Acinetobacter* rarity in SIM, like VIM, only in Korea. It is reported in *Bauman* clinical isolations (29).

Table A

The mechanisms of antibiotic resistance that baumannii have (3, 21, 33, 48, 57, 71)

Antibiotic/ Resistance mechanism	Group/ Gene	Antibiotic/ Resistance mechanism	Group/ Gene
<b>For beta-lactams</b> Beta-lactamase Natural Class A/frequently seen   Class A/ rare	<i>ampC</i> (ADC1-7) VEB-1,-2 PER-1,-2 TEM-92,-116 SHV-5,-12 CTX-M-2-3  SCO-1	<b>For aminoglycosides</b> Enzymatic degradation Acetyltransferase Nucleotidyltransferase Phosphotransferase  Efflux pump  16srDNA metiltransferazyy	AAC-2,-3,-6 SAT-2 ANT-2,-3 APH(3')-I, -II,-III,-IV APH(3')- I adeABC  adeM armA
<b>Carbapenemase</b>	OXA-51 similar OXA-23 OXA-24	<b>For quinolones</b>  DNA gyrase/ topoisomerase	gyrA/parC adeABC adeM
<b>Class D oxacylinase</b>	OXA-27 OXA-37 OXA-40	Efflux pump	abeS
<b>Metallo-beta-lactamase</b>  Class A carbapenemase Outer membrane proteins  Efflux pump  <b>For tetracyclines</b>  Efflux pump  Ribosomal target exchange	OXA-58 similari VIM  IMP SIM  GES-11 carO  HMP-AB 33-36 kDa protein 43 kDa  protein  adeABC  PBP2 change  tetA, tetB  adeABC tetM	<b>For chloramphenicol</b> Efflux pump <b>For trimethoprim/            sulfamethoxazole</b> Efflux pump  Dihydrofolate synthetase Dihydrofolate reductase  <b>For macrolides</b>  Efflux pump  <b>For glycylicline</b> Efflux pump <b>For polymyxin</b>	adeABC adeIJK cmlA craA abeS       adeM  adeABC pmrAB arr-2

In *Acinetobacter* isolates, IMP and VIM variants have strong hydrolytic activity against carbapenem (>32 mg/L) and other betalactam antibiotics (except aztreonam) and are highly resistant. Interestingly, the isolates producing SIM-1 have a low MIC level for carbapenems (8-16 mg/L). Among beta-lactams, only cefepim and cefpir and a smaller amount of piperacillin-tazobactam have activity against decomposition strains.



Analysis of DNA sequences of MBL decoding genes showed that the Blamp blaVIM and blaSIM genes are present in the form of gene cassettes attached between the preserved regions of Class 1 integral structures. It can also be assumed that gene cassettes encoding MBL are usually associated with other antibiotic resistance cassettes, especially those encoding enzymes that modify aminoglycosides.

### Oxacylinases

Class D oxacylinases are betalactamases that hydrolyze oxacylins, are not common, and are called carbapenem-hydrolyzing oxacylinases (KHO). Currently, more than 120 D-group betalactamases have been identified, of which about 45 show KHO activity(66). *A.baumannii* species produce natural class D oxacylinase belonging to the OXA-51-like enzyme cluster with weak carbapenemase activity. In addition, three october of acquired class D oxacylinases with activity against carbapenems have also been identified, it has been emphasized that the hydrolytic activity of these enzymes against carbapenems is quite low compared to the MBL class(68).

HO, acquired in *Acinetobacter*, was first shown in 1985 at the University of Edinburgh. After a genetic and biochemical study of the enzyme, it was named OXA-23(42). OXA-23, A. It has a 56% amino acid similarity with enzymes like OXA-51 naturally occurring in *baumannia*, and is the first representative of HO(7). Later, OCSA-27(1) was released from Singapore. It was shown that OXA-27 is separated from OXA-23 by the displacement of Thr/Ala and Asn/Lys at positions DBL95 and 247, respectively(46).

In studies, it has been shown that ISABEL belonging to the IS4 family is always located in a region close to the blaOXA-23 gene(59).

This suggested that ISABEL plays a regulatory role and plays a key role in the expression and possibly acquisition of blaOXA-23. Similarly, it has been reported that ISABA4 belonging to the IS982 family is located in a region close to blaOXA 23, such as ISabel, and its importance has been emphasized while information about its role has not been provided(46).

The second cluster acquired includes HOXA-24, OXA-25, OXA-26 and OXA-40. These enzymes showed a 60% similarity of amino acids with OXA-23 and 62% similarity with OXA51 enzymes(46). Many of the enzymes in this cluster appear to be close variants of each other. OXA-26 was first shown in an isolation ward in Belgium(1). OXA-40 in Spain and Portugal is reported to be common in *Baumannia* isolation wards(13). The third potential cluster of acquired CHO is OXA-58, which was first detected in France(44). OXA-58 has a 59% similarity with the OXA-51 set of natural enzymes(46). OXA-58 type enzymes have been detected in different geographical regions all over the world(12,35,46). A of OXA-58 it has been reported that it reduces sensitivity to carbapenems when expressed in *baumannii* and leads to high carbapenem resistance in the case of overexpression(23).

There is not much information about the origin or possible acquisition mechanisms of KHOS. It has been shown that the genes encoding OXA-23 and OXA-58 in some species are also encoded by the plasmid and spread polyclonally(36,44). However, until now, it has been observed that the KHOS identified in *Acinetobacter* are chromosomally encoded. In OXA-40 sequence analyses obtained from many strains, no evidence was found regarding the mobility or transmission of the gene region. Although OXA-58 is not always surrounded by IS elements, which are usually involved in its expression(44). The IS elements in question were not considered to be effective in acquiring the OXA-58 gene. However, in the OXA-58 gene analysis of a strain isolated in France, it was shown to have a 27-bp long repetitive DNA fragment and it was stated that this fragment may play a role in the recombination process(47).

### Changes in outer membrane proteins (OMP)

Although the first reports on carbapenem resistance in *Acinetobacter* species reported that the permeability disorder was associated with a change in porin proteins, the details of the issue were provided through molecular information obtained in recent years(11). A 33-36 kDa OMP associated with carbapenem resistance in *A.baumannii* was cloned in 2005 and sequence analysis

was performed. With this data, it has been shown that the amino acid sequence and content of OMP are similar to those in other Gram-negative bacteria.

As a result, as with other Gram-negative bacteria, *Acinetobacter* high glycine content of OMP in *baumannii*, lack of cysteine residues, negatively charged, absence of moderate hydrophobic residues, similarity of transmembrane, membrane and cell surface proteins shown by OMP functional protein analyses of 33-36 kDa can be counted(14). Related studies have shown that OMP loss of 20-kDa is associated with imipenem resistance in *Acinetobacter* clinical isolates that do not show detectable carbapenemase activity(32).

Imipenem and meropenem resistance have also been associated with a heat-exchangeable OMP loss of 25-29 kDa called CarO(54). It has been observed that carbapenem resistance occurs after degradation of CARO by recombinant genes added to the CARO protein, and CARO A. The hypothesis that it is related to the flow of carbapenem into the *baumannii* has been put forward. Another interesting fact is that by studying the data obtained so far, it has been determined that CARO homologues are found only in the genera *Acinetobacter*, *Moraxella* and *Psychrobacter*(38).

Finally, *Acinetobacter* at the same time, *baumannii* p.it has been shown to have a D2 porin homolog (OprD) of 43-kDa, which is known to be associated with carbapenem resistance in *aeruginosa*(15).

### **Penicillin-binding proteins (PBP)**

In studies, it has been shown that *Acinetobacter* change in penicillin-binding proteins is also associated with betalactam resistance in *Acinetobacter-baumannii*. In the studies where carbapenem resistance was investigated; resistant mutant *Acinetobacter* it has been reported that *baumannii* strains overproduce PBP of 24-kDa, but also that the other six PBPs possessed by the bacterium, compared with susceptible strains, are expressed at lower levels by resistant mutant strains(19).

In this study, the relationship of sulbactam, clavulanic acid and tazobactam of PBPs belonging to imipenem-resistant and sensitive A *baumannii* isolates was investigated; it has been shown that all betalactamase inhibitors bind to PBPs of imipenem-sensitive isolates(61).

This observation is *Acinetobacter* it has been interpreted that invitro of betalactamase inhibitors against *baumannii* may help to explain its natural antimicrobial properties. However, the current formulation, which is still formulated for clinical use and shows invivo efficacy, appears to be only sulbactam.

### **The mechanism of resistance to aminoglycosides**

*Acinetobacteria* species have higher resistance to aminoglycosides than many other groups of pathogens(6). Resistance to aminoglycosides in *Acinetobacteria* species is mainly due to the production of enzymes that modify aminoglycosides. The presence of all aminoglycoside-modifying enzymes identified as acetyltransferase, adenylyltransferase, and phosphotransferase in *Acinetobacteria* species has been shown. It was also emphasized that *Acinetobacter haemolyticus* and related genomic groups are naturally resistant to aminoglycosides due to the synthesis of natural acetyltransferases.

It has been reported that other mechanisms of resistance to aminoglycosides are associated with changes in the target ribosomal protein and the transfer of aminoglycosides into the cell(21,53). Aminoglycoside resistance genes are gene cassettes that are part of the Class 1 integral structure found in *Acinetobacteria* species. It has been shown that the spread of aminoglycoside resistance genes in *Acinetobacteria* species occurs through various genetic mechanisms, including plasmid and transposon transfer. It has also been emphasized that the genes responsible for resistance and enzymes modifying aminoglycosides are also present in other gram-negative bacterial breeds, these genes and enzymes are nonspecific (41,52).

### **The mechanism of resistance to quinolones**

Until 1990, quinolones showed fairly good activity against *acinetobacteria* species, but subsequently clinical isolates rapidly developed resistance to these antibiotics. As with other

gram-negative bacteria, resistance caused by a mutation in the region encoding enzymes and encoding chromosome localized genes often involves a structural change in DNA gyrase (topoisomerase II) or topoisomerase IV. The DNA gyrase consists of two Acinetobacter subunits and two B subunits encoded by the *girA* and *GirB* genes, respectively. Similarly, topoisomerase IV consists of two subunits encoded by the *parC* and *parE* genes, respectively. Acinetobacter the most common resistance to quinolone in baumannia is the 83rd GEAR of the mutational type.

This is the replacement of Leu with Ser in its codon, which leads to the fact that the MIC of ciprofloxacin is >4 mg/l. High resistance to ciprofloxacin (MIC >64 mg/L) usually requires double mutations in the *gyrA* and *parC* genes. The most frequent mutation in the *parC* is 80. In the codon, this is a change of Leu, not Ser. Minor changes in resistance between isolates may also be the result of changes in the permeability of the drug and/or affecting its decomposition(30,33,64,65). With a single mutation in the Ser-83 code of the gyroscope gene in clinical isolates, the MIC value for ciprofloxacin is up to 32 mg/l, while the MIC value for moxifloxacin remains at 1 mg/l, while in the MIC gene for clinical isolates resistant to moxifloxacin (MIC >2 mg/l) is 80. It has been shown that there is a second mutation in its codon(55).

### The mechanism of resistance to tetracycline and other antibiotics

Tetracycline-resistant bacteria often express one of two different resistance mechanisms called a bubble pump or ribosomal defense system. Various genes from *THETA* to *THETA* have been identified for tetracycline resistance in gram-negative bacteria[27]. It has been stated that these genes are usually associated with plasmids or transposons, and for species of acinetobacteria this general rule is justified. Thus, Acinetobacter in clinical isolates of baumannia, a transposon similar to Tn-1721 carrying the *THETA* gene was shown.

As is the case with other gram-negative bacteria, Acinetobacter the most common tetracycline resistance genes in baumannia clinical isolates are *THETA* and *TETB*. In addition, these genes are usually present in combination with the nonspecific gene of the October pump *adeB*(27). A. In Acinetobacter species located outside baumannii and isolated from environmental samples, the situation seems to be different. It has been reported that these species have tetracycline resistance markers that have not yet been fully disclosed(2). The glycycline group is a new agent, tigecycline is broad-spectrum and has the same binding site on ribosomes as tetracyclines, but is not affected by the aforementioned resistance mechanisms for tetracyclines. However, recent publications have also begun to report resistance of up to 10% for tigecycline. There is no information about the source of the resistance in question yet.

Rifampicin is sometimes used as a member of a combination therapy for multidrug-resistant infections caused by Acinetobacter species. A high level of rifampicin resistance in Acinetobacter species occurs due to a spontaneous mutation in the *rpoB* gene localized in the chromosomally ribosomal polymerase subunit, similar to that observed in other Gram-negative bacteria. However, the presence of the *arr-2* gene (encoding the enzyme rifampicin ADP- ribosyltransferase) in the integron-located gene cassette of Acinetobacter isolates has also been identified(25) .

The *arr-2* gene cassette appears to be a major influencer of rifampicin resistance, a high MIC value for rifampicin and a decreased inhibition zone with disc diffusion was detected in *arr-2* positive isolates, while the opposite was observed in *arr-2* negative isolates (<14 mm)(56).

Acinetobacteria species have a low level of resistance to trimethoprim. But a high level of resistance is associated with the acquisition of a gene encoding dihydrofolate reductase. The conducted studies have raised doubts about the presence on the chromosome of the *dhfr* gene associated with the corresponding trans-poson or integral structure of Tn-7, providing a highly active integral system[57]. Similarly, chloramphenicol resistance genes in Acinetobacteria species are associated, in particular, with transposons of the Tn21 family integrated into the host chromosome. Bacterial plasmids, most of which are unstable in Acinetobacteria species, can be acquired by Acinetobacteria species that do not have plasmids under high pressure of antibiotics in a hospital environment, and the transfer of resistance genes from cassettes to the acinetobacteria genome can occur [9,16].

### **Multidrug efflux systems**

In addition to specific efflux pumps for special antibiotic agents found in Acinetobacteria species, a multiple efflux system was identified, chromosomally encoded in Gram-negative bacteria. The main efflux systems that cause a decrease or inactivation of the action of antimicrobials are expressed in the form of a superfamily, a family of resistant, a family of ATP-binding cassettes, a small family of resistant to multiple drugs and a family of extrusion drugs and toxic substances[48].

When it comes to clinical resistance, a family of decompilation resistance divisions is distinguished between these main efflux systems. A. In Baumannii, the adeABC-efflux system belonging to the family of resistant nodulation divisions was identified, and its role in aminoglycoside resistance and its relationship with reduced sensitivity to chloramphenicol, fluoroquinolones, trimethoprim and cefotaxime was clearly defined[33]. In addition, the adeA, adeB, and adeK genes are often present; they also show an association with the adeA and adeR genes (48.57). In Acinetobacter isolates, resistance nodulation division (RND) family efflux system called adeDE has been detected. The activation in the adeE gene has been stated to be associated with decreased susceptibility to amikacin, ceftazidime, chloramphenicol, ciprofloxacin, erythromycin, ethidium bromide, meropenem, rifampicin, and tetracycline (8).

A secondary active efflux system called adeXYZ has also been detected in Acinetobacter isolates. However, the potential role of this new system in antibiotic resistance has not been fully revealed. This leads to the idea that the system in question has a role in other special cell functions. A set of genes homologous to adeXYZ was also detected in Acinetobacter baumannii ADP1, but A. it has not been shown in baumannii isolates.

### **The role of integrons**

Integrons are DNA elements containing genetic markers as a component of the region-specific recombination process that recognizes and captures mobile gene cassettes(22). Therefore, integrons contain adjacent recombination sites to which genes and gene cassettes can be attached for integrase. It has been shown that gene cassettes captured by integrons in most cases encode resistance to antibiotics and disinfectants(17). It has been shown that class 1 and class 2 integrons are also common in clinical isolates of Acinetobacter species(3). It has been stated that integrons isolated from Acinetobacter may play a role in the resistance of beta-lactam, aminoglycoside, chloramphenicol, trimethoprim and rifampicin(57).

### **Conclusion**

In recent years, a limited number of new antibiotics have been developed and approved for the treatment of infections. Although the effectiveness of these antibiotics is considered to be different, they have fundamentally the same mechanisms of action. In addition, of these new agents, only colistin, sulbactam, ertapenem, and tigecycline are effective for Gram-negative bacteria. Acinetobacter given that baumannii has a natural resistance to ertapenem, colistin, sulbactam, and tigecycline seems to be an alternative. Often found in intensive care units of hospitals as an infectious disease specialist. In the fight against strains of baumannii, new antibiotics are needed, as well as the correct and rational use of existing antibiotics. In the first hours after admission of patients to such units, it is necessary to determine whether the patient hospitalized in the department was colonized by resistant strains, and colonized patients should be isolated as much as possible from the safety of other patients.



## References

1. Afzal-Shah M., Woodford N., Livermore D.M. Characterization of OXA-25, OXA-26, and OXA-27 molecular class D beta-lactamases associated with carbapenem resistance in clinical isolates of *Acinetobacter baumannii* // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2001. – Vol. 45(2). – P. 583-588.
2. Agero Y., Guardabassi L. Identification of Tet 39, a novel class of tetracycline resistance determinant in *Acinetobacter* spp. of environmental and clinical origin // *J Antimicrob Chemother.* – 2005. – Vol. 55(4). – P. 566-569.
3. Agodi A., Zarrilli R., Barchitta M. et al. Alert surveillance of intensive care unit-acquired *Acinetobacter* infections in a Sicilian hospital // *Clin Microbiol Infect.* – 2006. – Vol. 12(3). – P. 241-247.
4. Amyes S.G.B., Young H.K. Mechanisms of antibiotic resistance in *Acinetobacter* spp. genetic of resistance, "Bergogne-Berezin E, Joly Guillou ML, Towner KJ (eds). *Acinetobacter, Microbiology, Epidemiology, Infections, Management*" kitabında // CRC Press, Boca Raton. – 1996. – P. 185-223.
5. Barcenilla Gaité F., Jover-Saenz A., Vallverdu Vidal M., Castellana Perello D. New therapeutic options for the treatment of multiresistant bacteria in the ICU // *Rev Esp Quimioter.* – 2008. – Vol. 21(1). – P. 9-13.
6. Bonomo R.A., Szabo D. Mechanisms of multidrug resistance in *Acinetobacter* species and *Pseudomonas aeruginosa* // *Clin Infect Dis.* – 2006. – Vol. 43(2). – P. 49-56.
7. Brown S., Amyes S. OXA (beta)-lactamases in *Acinetobacter*: the story so far // *J Antimicrob Chemother.* – 2006. – Vol. 57(1). – P. 1-3.
8. Chau S.L., Chu Y.W., Houang E.T. Novel resistance- nodulation-cell division efflux system AdeDE in *Acinetobacter* genomic DNA group 3 // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2004. – Vol. 48(10). – P. 4054-4055.
9. Chopade B.A., Wise P.J., Towner K.J. Plasmid transfer and behaviour in *Acinetobacter calcoaceticus* EBF65/65 // *J Gen Microbiol.* – 1985. – Vol. 131(10). – P. 2805-2811.
10. Chu Y.W., Chau S.L., Houang E.T. Presence of active efflux systems AdeABC, AdeDE, and AdeXYZ in different *Acinetobacter* genomic DNA groups // *J Med Microbiol.* – 2006. – Vol. 55(4). – P. 477-478.
11. Clark R.B. Imipenem resistance among *Acinetobacter baumannii*: association with reduced expression of a 33-36 kDa outer membrane protein // *J Antimicrob Chemother.* – 1996. – Vol. 38(2). – P. 245-251.
12. Coelho J., Woodford N., Afzal-Shah M., Livermore D. Occurrence of OXA-58-like carbapenemases in *Acinetobacter* spp. collected over 10 years in three continents // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2006. – Vol. 50(2). – P. 756-768.
13. Da Silva G.J., Quinteira S., Bertolo E. et al. Long-term dissemination of an OXA-40 carbapenemase-producing *Acinetobacter baumannii* clone in the Iberian Peninsula // *J Antimicrob Chemother.* – 2004. – Vol. 54(1). – P. 255-258.
14. del Mar Tomás M., Beceiro A., Perez A. et al. Cloning and functional analysis of the gene encoding the 33- to 36-kilodalton outer membrane protein associated with carbapenem resistance in *Acinetobacter baumannii* // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2005. – Vol. 49(12). – P. 5172-5175.
15. Dupont M., Pages J.M., Lafitte D., Siroy A., Bollet C. Identification of an OprD homologue in *Acinetobacter baumannii* // *J Proteome Res.* – 2005. – Vol. 4(6). – P. 2386-2890.
16. Elisha B.G., Steyn L.M. Identification of an *Acinetobacter baumannii* gene region with sequence and organizational similarity to Tn2670 // *Plasmid.* – 1991. – Vol. 25(2). – P. 96-104.
17. Fluit A.C., Schmitz F.J. Resistance integrons and super-integrons // *Clin Microbiol Infect.* – 2004. – Vol. 10(4). – P. 272-288.
18. Garnacho-Montero J., Ortiz-Leyba C., Jimenez-Jimenez FJ et al. Treatment of multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* ventilator-associated pneumonia (VAP) with intravenous colistin: a comparison with imipenem-susceptible VAP // *Clin Infect Dis.* – 2003. – Vol. 36(9). – P. 1111-1118.
19. Gehrlein M., Leyer H., Cullmann W., Wendt S., Opferkuch W. Imipenem resistance in *Acinetobacter baumannii* is due to altered penicillin-binding proteins // *Chemotherapy.* – 1991. – Vol. 37(6). – P. 405-412.
20. Goic-Barisic I., Tonkic M. The review of carbapenem resistance in clinical isolates of *Acinetobacter baumannii* // *Acta Med Croatica.* – 2009. – Vol. 63(4). – P. 285-596.
21. Gordon N.C., Wareham D.W. Multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*: mechanisms of virulence and resistance // *Int J Antimicrob Agents.* – 2010. – Vol. 35(3). – P. 219-226.
22. Hall R.M., Collis C.M. Mobile gene cassettes and integrons: capture and spread of genes by site-specific recombination // *Mol Microbiol.* – 1995. – Vol. 15(4). – P. 593-600.

23. Heritier C., Poirel L., Lambert T., Nordmann P. Contribution of acquired carbapenem-hydrolyzing oxacillinases to carbapenem resistance in *Acinetobacter baumannii* // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2005. – Vol. 49(8). – P. 3198-3202.
24. Heritier C., Poirel L., Nordmann P. Cephalosporinase over-expression resulting from insertion of ISAbal in *Acinetobacter baumannii* // *Clin Microbiol Infect.* – 2006. – Vol. 12(2). – P. 123-130.
25. Houang E.T., Chu Y.W., Lo W.S., Chu K.Y., Cheng A.F. Epidemiology of rifampin ADP-ribosyltransferase (arr-2) and metallo-beta-lactamase (blaIMP-4) gene cassettes in class 1 integrons in *Acinetobacter* strains isolated from blood cultures in 1997 to 2000 // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2003. – Vol. 47(4). – P. 1382-1390.
26. Huang Z.M., Mao P.H., Chen Y., Wu L., Wu J. Study on the molecular epidemiology of SHV type beta-lactamase-encoding genes of multiple-drug-resistant *Acinetobacter baumannii* // *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi.* – 2004. – Vol. 25(5). – P. 425-427.
27. Huys G., Cnockaert M., Vanechoutte M. et al. Distribution of tetracycline resistance genes in genotypically related and unrelated multiresistant *Acinetobacter baumannii* strains from different European hospitals // *Res Microbiol.* – 2005. – Vol. 156(3). – P. 348-355.
28. Ko K.S., Suh J.Y., Kwon K.T. et al. High rates of resistance to colistin and polymyxin B in subgroups of *Acinetobacter baumannii* isolates from Korea // *J Antimicrob Chemother.* – 2007. – Vol. 60(5). – P. 1163-1167.
29. Lee K., Kim C.K., Hong S.G. et al. Characteristics of clinical isolates of *Acinetobacter* genomospecies 10 carrying two different metallo-beta-lactamases // *Int J Antimicrob Agents.* – 2010. – Vol. 36(3). – P. 259-263.
30. Lee J.K., Lee Y.S., Park Y.K., Kim B.S. Mutations in the gyrA and parC genes in ciprofloxacin-resistant clinical isolates of *Acinetobacter baumannii* in Korea // *Microbiol Immunol.* – 2005. – Vol. 49(7). – P. 647-653.
31. Levin A.S. Multiresistant *Acinetobacter* infections: a role for sulbactam combinations in overcoming an emerging worldwide problem // *Clin Microbiol Infect.* – 2002. – Vol. 8(3). – P. 144-153.
32. Limansky A.S., Mussi M.A., Viale A.M. Loss of a 29-kilodalton outer membrane protein in *Acinetobacter baumannii* is associated with imipenem resistance // *J Clin Microbiol.* – 2002. – Vol. 40(12). – P. 4776-4778.
33. Magnet S., Courvalin P., Lambert T. Resistance-nodulation-cell division-type efflux pump involved in aminoglycoside resistance in *Acinetobacter baumannii* strain BM4454 // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2001. – Vol. 45(12). – P. 3375-3380.
34. Mak J.K., Kim M.J., Pham J., Tapsall J., White P.A. Antibiotic resistance determinants in nosocomial strains of multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* // *J Antimicrob Chemother.* – 2009. – Vol. 63(1). – P. 47-54.
35. Marque S., Poirel L., Heritier C. et al. Regional occurrence of plasmid-mediated carbapenem-hydrolyzing oxacillinase OXA-58 in *Acinetobacter* spp. in Europe // *J Clin Microbiol.* – 2005. – Vol. 43(9). – P. 4885-4888.
36. Merquier A.K., Catalano M., Ramirez M.S. et al. Polyclonal spread of bla (OXA-23) and bla (OXA-58) in *Acinetobacter baumannii* isolates from Argentina // *J Infect Dev Ctries.* – 2008. – Vol. 2(3). – P. 235-240.
37. Merquier A.K., Centron D. Bla (OXA-51)-type beta-lactamase genes are ubiquitous and vary within a strain in *Acinetobacter baumannii* // *Int J Antimicrob Agents.* – 2006. – Vol. 28(2). – P. 110-113.
38. Mussi M.A., Limansky A.S., Viale A.M. Acquisition of resistance to carbapenems in multidrug-resistant clinical strains of *Acinetobacter baumannii*: natural insertional inactivation of a gene encoding a member of a novel family of beta-barrel outer membrane proteins // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2005. – Vol. 49(4). – P. 1432-1440.
39. Naas T., Coignard B., Carbonne A. et al. French Nosocomial Infection Early Warning Investigation and Surveillance Network. VEB-1 extended-spectrum beta-lactamase-producing *Acinetobacter baumannii*, France // *Emerg Infect Dis.* – 2006. – Vol. 12(8). – P. 1214-1222.
40. Nagano N., Nagano Y., Cordevant C., Shibata N., Arakawa Y. Nosocomial transmission of CTX-M-2 beta-lactamase-producing *Acinetobacter baumannii* in a neurosurgery ward // *J Clin Microbiol.* – 2004. – Vol. 42(9). – P. 3978-3984.
41. Nemeč A., Dolžani L., Brisse S., van den Broek P., Dijkshoorn L. Diversity of aminoglycoside-resistance genes and their association with class 1 integrons among strains of pan-European *Acinetobacter baumannii* clones // *J Med Microbiol.* – 2004. – Vol. 53(12). – P. 1233-1240.
42. Paton R., Miles R.S., Hood J., Amyes S.G. ARI-1: Beta-lactamase-mediated imipenem resistance in *Acinetobacter baumannii* // *Int J Antimicrob Agents.* – 1993. – Vol. 2(2). – P. 81-87.

43. Poirel L., Cabanne L., Vahaboglu H., Nordmann P. Genetic environment and expression of the extended-spectrum beta-lactamase bla<sub>PER-1</sub> gene in gram-negative bacteria // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2005. – Vol. 49(5). – P. 1708-1713.
44. Poirel L., Marque S., Heritier C., Segonds C., Chabanon G., Nordmann P. OXA-58, a novel class D [beta]-lactamase involved in resistance to carbapenems in *Acinetobacter baumannii* // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2005. – Vol. 49(1). – P. 202-208.
45. Poirel L., Menuteau O., Agoli N., Cattoen C., Nordmann P. Outbreak of extended-spectrum beta-lactamase VEB-1-producing isolates of *Acinetobacter baumannii* in a French hospital // *J Clin Microbiol.* – 2003. – Vol. 41(8). – P. 3542-3547.
46. Poirel L., Nordmann P. Carbapenem resistance in *Acinetobacter baumannii*: mechanisms and epidemiology // *Clin Microbiol Infect.* – 2006. – Vol. 12(9). – P. 826-836.
47. Poirel L., Nordmann P. Genetic structures at the origin of acquisition and expression of the carbapenem-hydrolyzing oxacillinase gene bla<sub>OXA-58</sub> in *Acinetobacter baumannii* // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2006. – Vol. 50(4). – P. 1442-1448.
48. Poole K. Efflux-mediated multiresistance in Gram-negative bacteria // *Clin Microbiol Infect.* – 2004. – Vol. 10(1). – P. 12-26.
49. Ribera A., Roca I., Ruiz J., Gibert I., Vila J. Partial characterization of a transposon containing the tet(A) determinant in a clinical isolate of *Acinetobacter baumannii* // *J Antimicrob Chemother.* – 2003. – Vol. 52(3). – P. 477-480.
50. Rodriguez-Martinez J.M., Nordmann P., Ronco E., Poirel L. Extended-spectrum cephalosporins in *Acinetobacter baumannii* // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2010. – Vol. 54(8). – P. 3484-3488.
51. Segal H., Garny S., Elisha B.G. Is IS(ABA-1) customized for *Acinetobacter*? *FEMS Microbiol Lett.* – 2005. – Vol. 243(2). – P. 425-429.
52. Seward R.J., Lambert T., Towner K.J. Molecular epidemiology of aminoglycoside resistance in *Acinetobacter* spp. // *J Med Microbiol.* – 1998. – Vol. 47(5). – P. 455-462.
53. Shi W.F., Jiang J.P., Mi Z.H. Relationship between antimicrobial resistance and aminoglycoside-modifying enzyme gene expressions in *Acinetobacter baumannii* // *Chin Med J.* – 2005. – Vol. 118(2). – P. 141-145.
54. Siroy A., Molle V., Lemaître-Guillier C. et al. Channel formation by CarO, the carbapenem resistance-associated outer membrane protein of *Acinetobacter baumannii* // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2005. – Vol. 49(12). – P. 4876-4883.
55. Spence R.P., Towner K.J. Frequencies and mechanisms of resistance to moxifloxacin in nosocomial isolates of *Acinetobacter baumannii* // *J Antimicrob Chemother.* – 2003. – Vol. 52(4). – P. 687-690.
56. Thapa B., Tribuddharat C., Rugdeekha S., Techachaiwiwat W., Srifuengfung S., Dhiraputra C. Rifampin resistance in carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* in Siriraj Hospital, Thailand // *Nepal Med Coll J.* – 2009. – Vol. 11(4). – P. 232-237.
57. Towner J.K. *Acinetobacter* molecular biology, "Gerischer U (ed). Molecular Basis of Antibiotic Resistance in *Acinetobacter*" kitabında // Caistr Academic Press, Norfolk, UK. – 2008. – P. 321-343.
58. Tsakris A., Ikonomidis A., Pournaras S. et al. VIM-1 metallo-beta-lactamase in *Acinetobacter baumannii* // *Emerg Infect Dis.* – 2006. – Vol. 12(6). – P. 981-983.
59. Turton J.F., Ward M.E., Woodford N. et al. The role of IS<sub>Aba1</sub> in expression of OXA carbapenemase genes in *Acinetobacter baumannii* // *FEMS Microbiol Lett.* – 2006. – Vol. 258(1). – P. 72-77.
60. Turton J.F., Woodford N., Glover J., Yarde S., Kaufmann M.E., Pitt T.L. Identification of *Acinetobacter baumannii* by detection of the bla<sub>OXA-51</sub>-like carbapenemase gene intrinsic to this species // *J Clin Microbiol.* – 2006. – Vol. 44(8). – P. 2974-2976.
61. Urban C., Go E., Mariano N., Rahal J.J. Interaction of sulbactam, clavulanic acid and tazobactam with penicillin-binding proteins of imipenem-resistant and susceptible *Acinetobacter baumannii* // *FEMS Microbiol Lett.* – 1995. – Vol. 125(2). – P. 193-197.
62. Vahaboglu H., Budak F., Kasap M. et al. High prevalence of OXA-51-type class D beta-lactamases among ceftazidime-resistant clinical isolates of *Acinetobacter* spp.: co-existence with OXA-58 in multiple centers // *J Antimicrob Chemother.* – 2006. – Vol. 58(3). – P. 537-42.
63. Vahaboglu H., Öztürk R., Aygün G. et al. Widespread detection of PER-1-type extended-spectrum beta-lactamases among nosocomial *Acinetobacter* and *Pseudomonas aeruginosa* isolates in Turkey: a nationwide multicenter study // *Antimicrob Agents Chemother.* – 1997. – Vol. 41(10). – P. 2265-2269.
64. Vila J., Ruiz J., Goni P., Jimenez de Anta T. Quinolone-resistance mutations in the topoisomerase IV parC gene of *Acinetobacter baumannii* // *J Antimicrob Chemother.* – 1997. – Vol. 39(6). – P. 757-762.

65. Vila J., Ruiz J., Goni P., Marcos A., Jimenez de Anta T. Mutation in the gyrA gene of quinolone-resistant clinical isolates of *Acinetobacter baumannii* // *Antimicrob Agents Chemother.* – 1995. – Vol. 39(5). – P. 1201-1203.
66. Walther-Rasmussen, Hoiby N. OXA-type carbapenemases // *J Antimicrob Chemother.* – 2006. – Vol. 57(3). – P. 373-383.
67. Wang H., Sun H.L., Ning Y.Z. et al. Molecular mechanism of multiple-drug and pan-drug resistance among *Acinetobacter* species // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* – 2006. – Vol. 86(1). – P. 17-22.
68. Woodford N., Ellington M.J., Coelho J.M. Multiplex PCR for genes encoding prevalent OXA carbapenemases in *Acinetobacter* spp. // *Int J Antimicrob Agents.* – 2006. – Vol. 27(4). – P. 351-353.
69. Yong D., Choi Y.S., Roh K.H. Increasing prevalence and diversity of metallo-beta-lactamases in *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., and *Enterobacteriaceae* from Korea // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2006. – Vol. 50(5). – P. 1884-1886.
70. Yoon J., Urban C., Terzian C., Mariano N., Rahal J.J. In vitro double and triple synergistic activities of polymyxin B, imipenem, and rifampin against multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* // *Antimicrob Agents Chemother.* – 2004. – Vol. 48(3). – P. 753-757.
71. Zarrilli R., Giannouli M., Tomasone F., Triassi M., Tsakris A. Carbapenem resistance in *Acinetobacter baumannii*: the molecular epidemic features of an emerging problem in health care facilities // *J Infect Dev Ctries.* – 2009. – Vol. 3(5). – P. 335-341.

**Р. Халилов, М. Мамедова, Ш. Абдуллаева**  
*Баку мемлекеттік университеті, Баку, Әзірбайжан*

### **Бета-лактамы антибиотиктерге төзімділік механизмі**

**Андатпа.** *Acinetobacter baumannii* инфекциясы осы ауру түрінің ең жиі адам қоздырғышы болып табылады. Бұл шартты-патогенді қоздырғыш өте ауыр инфекцияларды, әсіресе ерекше күтімді қажет ететін науқастарда тудырады және жаңа антибиотиктерге төзімділікті тез дамыту мүмкіндігіне ие. Соңғы уақытта *A. baumannii* инфекцияларын емдеуге бірінші болып карбапенемдерге таңдау жасалды. Бірақ соңғы уақытта клиникаларда *A. baumannii* изоляттары барлық дәстүрлі антибиотиктерге, соның ішінде карбапенемдерге төзімділікті көрсететін жағдайлар көп болуда. *A. baumannii* қарсылық механизмдері туралы бұл мақала білімімізді жаңартуы мүмкін, бірақ оның эволюциясы болашақта жалғасын табады.

**Түйін сөздер:** *Acinetobacter baumannii*, қоздырғыш, микробқа қарсы препараттар, антибиотиктер, штамм.

**Р. Халилов, М. Мамедова, Ш. Абдуллаева**  
*Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан*

### **Механизм резистентности к бета-лактамым антибиотикам**

**Аннотация.** *Acinetobacter baumannii* является наиболее часто ассоциированным человеческим патогеном с инфекциями подобного рода. Этот условно-патогенный возбудитель вызывает довольно серьезные инфекции, особенно у больных, нуждающихся в особом уходе, и обладает способностью быстро вырабатывать устойчивость к новым антибиотикам. В недавнем прошлом карбапенемы были первым выбором в лечении инфекций, вызванных *A. baumannii*. Но в последнее время в клиниках наблюдается множество случаев, когда изоляты *A. baumannii* приобретают устойчивость ко всем традиционным антибиотикам, включая карбапенемы. Эта компиляция о механизмах устойчивости *A. baumannii* может обновить наши знания, однако его эволюция будет продолжаться в будущем.

**Ключевые слова:** *Acinetobacter baumannii*, возбудитель, противомикробные препараты, антибиотики, штамм.



**Information about authors:**

*Khalilov R.* – Professor, Head of Department of Biophysics and Biochemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan.

*Abdullayeva Sh.* – PhD student, Head of Department of Biophysics and Biochemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan.

*Mammadova M.* – PhD student, Head of Department of Biophysics and Biochemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan.

*Халилов Р.* – профессор, биофизика және биохимия кафедрасының меңгерушісі, Баку мемлекеттік университеті, Баку, Әзірбайжан.

*Абдуллаева Ш.* – биофизика және биохимия кафедрасының PhD докторанты, Баку мемлекеттік университеті, Баку, Әзірбайжан.

*Мамедова М.* – биофизика және биохимия кафедрасының PhD докторанты, Баку мемлекеттік университеті, Баку, Әзірбайжан.

Редакторы: **Р.І. Берсімбай**

Компьютерде беттеген: **Ж.Қ. Оспан**

Авторларға арналған нұсқаулықтар,  
жарияланым этикасы журнал сайтында енгізілген: <http://bulbio.enu.kz/>

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.  
Биологиялық ғылымдар сериясы.

- 3(144)/2023 - Астана: ЕҰУ. - 128 б.  
Шартты б.т. - 8,0. Таралымы - 10 дана.  
Басуға қол қойылды: 15.09.2023

Ашық қолданыстағы электронды нұсқа: <http://bulbio.enu.kz>

Мазмұнына типография жауап бермейді

Редакция мекен-жайы: 010008, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сәтбаев көшесі, 2.  
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті Тел.: +7(71-72) 70-95-00 (ішкі 31-428)

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды