

ISSN (Print) 2616-6771  
ISSN (Online) 2617-9962

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

**ХАБАРШЫСЫ**  
**BULLETIN** **ВЕСТНИК**

of L.N. Gumilyov  
Eurasian National University

Евразийского национального  
университета имени Л.Н. Гумилева

**ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ сериясы**

**CHEMISTRY. GEOGRAPHY. ECOLOGY Series**

**Серия ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ**

**№ 3(148)/2024**

**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, 2024

Astana, 2024

**Редакция алқасы: Бас редактор (химия): Копишев Э.Е.**  
х.ғ.к., Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Бас редактор (география): Рамазанова Н.Е.**  
*PhD, қауымдас. проф., Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

**Бас редактор (экология): Берденов Ж.Г.**  
*PhD, қауымдас. проф., Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

**Жауапты хатшы: Уали А.С.**  
*х.ғ.к., қауымдас. проф., Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

**Редакция алқасы:**  
**Химия**

**Айбұльдинов Е.К.** PhD, Жаңа химиялық технологиялар ғылыми-зерттеу институты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Амерханова Ш.К.** х.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Бакибаев А.А.** х.ғ.д., проф., Томск Политехникалық Университеті, Томск, Ресей

**Джакупова Ж.Е.** х.ғ.к., доцент, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Еркасов Р.Ш.** х.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Маскевич А.А.** ф.-м.ғ.д., проф., Я.Купала мемлекеттік университеті, Гродно, Беларусь

**Мустафин Р.И.** PhD, доцент., Қазан Мемлекеттік Медициналық Университеті, Қазан, Ресей

**Султанова Н.А.** х.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Филиппов В.** PhD, Або Академия университеті, Турку, Финляндия

**Хуторянский В.В.** PhD, проф., Рединг Университеті, Ұлыбритания

**Шатрук М.** PhD, проф., Флорида Мемлекеттік Университеті, Талахасси, АҚШ

**Адекенов С.М.** х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі, Фитохимия халықаралық ғылыми-өндірістік холдингі, Қарағанды, Қазақстан

**Байкенов М.** х.ғ.д., проф., Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан

**География**

**Атасой Е.** PhD, проф., Бурса-Улудаг Университеті, Бурса, Турция

**Джаналеева К.М.** г.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Сапаров К.Т.** г.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Саипов А.А.** п.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

- Озгелдинова Ж.О.** PhD, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
- Жангужина А.А.** PhD, доцент м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
- Дунец А.Н.** г.ғ.д., проф., Алтай мемлекеттік университеті, Барнаул, Ресей
- Самарханов К.Б.** г.ғ.к., «Астана» халықаралық ғылыми кешені, Астана, Қазақстан
- Иржи Хлахула** PhD, проф., А.Мицкевич Университеті, Познань, Польша
- Останин О.В.** г.ғ.к., доцент, Алтай мемлекеттік университеті, Барнаул, Ресей
- Абдиманапов Б.Ш.** г.ғ.д., проф., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
- Алагуджаева М.А.** PhD, «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК АҚ, Астана, Қазақстан

### **Экология**

- Сафаров Р.З.** х.ғ.к., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
- Саспугаева Г.Е.** PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
- Инкарова Ж.И.** б.ғ.к., доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
- Зандыбай А.** б.ғ.к., доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
- Илеш А.** PhD, проф., Орадя университеті, Орадя, Румыния
- Ян А. Вент** Хабилит. докторы, проф., Гданьск университеті, Гданьск, Польша
- Мендыбаев Е.Х.** б.ғ.к., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
- Жамангара А.К.** б.ғ.к., доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
- Ахмеденов К.М.** г.ғ.к., проф., М. Өтемісұлы атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал, Қазақстан

**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 33-207). **E-mail:** vest\_chem@enu.kz  
**Техникалық хатшы:** Әділбектегі Гүлмира Әділбекқызы

**Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. Химия. География. Экология сериясы**

Меншіктенуші: КеАҚ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті"

Мерзімділігі: жылына 4 рет

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 02.02.2021 ж. № KZ81VPY00031939 тіркеу куәлігімен тіркелген

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

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 33-207). Сайт: <http://bulchmed.enu.kz>

**Editorial board: Editor-in-Chief (Chemistry): Kopsishev E.E.**  
*Cand.Chem.Sci., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

**Editor-in-Chief (Geography): Ramazanova N.E.**  
*PhD, Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

**Editor-in-Chief (Ecology): Berdenov Zh.G.**  
*PhD, Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

**Executive Secretary: Uali A.S.**  
*Cand.Chem.Sci., Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

### **Editorial board Chemistry**

**Aibuldinov E.K.** PhD, Research Institute of New Chemical Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Amerkhanova Sh.K.** Dr.Chem.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Bakibayev A.A.** Dr.Chem.Sci., Prof., Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

**Jakupova Zh.E.** Cand.Chem.Sci., Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Erkassov R.Sh.** Dr.Chem.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Maskevich A.A.** Dr.Phys.-Math.Sci., Prof., Ya. Kupala State University, Grodno, Belarus

**Mustafin R.I.** PhD, Assoc.Prof., Kazan State Medical University, Kazan, Russia

**Sultanova N.A.** Dr.Chem.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Filippov V.** PhD, Prof., Abo Akademi University, Turku, Finland

**Khutoryanskiy V.V.** PhD, Prof., University of Reading, Great Britain

**Shatruk M.** PhD, Prof., Florida State University, Tallahassee, USA

**Adekenov S.M.** Dr.Chem.Sci., Prof., Academician of NAS RK, International Research & Production Holding Phytochemistry, Karaganda, Kazakhstan

**Baikenov M.I.** Dr.Chem.Sci., Prof., Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan

### **Geography**

**Atasoy E.** PhD, Prof., Bursa Uludağ University, Bursa, Turkey

**Dzhanaleyeva K.M.** Dr.Geogr.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Saparov K.T.** Dr.Geogr.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Saipov A.A.** Dr.Ped.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Ozgeldinova Zh.** PhD, Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan



<b>Zhanguzhina A.A.</b>	PhD, acting Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
<b>Dunetc A.N.</b>	Dr.Geogr.Sci., Prof., Altai State University, Barnaul, Russia
<b>Samarkhanov K.B.</b>	Cand.Geogr.Sci., International Science Complex «Astana», Astana, Kazakhstan
<b>Jiří Hlahula</b>	PhD, Prof., A. Mickiewicz University, Poznan, Poland
<b>Ostanin O.V.</b>	Cand.Geogr.Sci., Assoc.Prof., Altai State University, Barnaul, Russia
<b>Abdimanapov B.Sh.</b>	Dr.Geogr.Sci., Prof., Abay Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
<b>Alagudzhaeva M.A.</b>	PhD, JSC NC "Kazakhstan Garysh Sapary", Astana, Kazakhstan

### Ecology

<b>Safarov R.Z.</b>	Cand.Chem.Sci., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
<b>Saspugayeva G.E.</b>	PhD, Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
<b>Inkarova J.I.</b>	Cand.Biol.Sci., Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
<b>Zandybai A.</b>	Cand.Biol.Sci., Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
<b>Ilesh A.</b>	PhD, Prof., University of Oradea, Oradea, Romania
<b>Jan A. Wendt</b>	Dr.habil., Prof., Gdansk University, Poland
<b>Mendibaev E.Kh.</b>	Cand.Biol.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
<b>Zhamangara A.K.</b>	Cand.Biol.Sci., Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
<b>Akhmedenov K.M.</b>	Cand.Geogr.Sci., Prof., M. Otemiusly West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan

**Editorial address:** 2, Satpayev str., of. 402,  
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, 010008  
**Tel.:** +7 (7172) 709-500 (ext. 33-207), **E-mail:** vest\_chem@enu.kz  
**Technical secretary:** Adilbektegi Gulmira Adilbekkizi

#### **Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.**

#### **Chemistry. Geography. Ecology 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

Registration certificate № KZ81VPY00031939 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. 33-207). Website: <http://bulchmed.enu.kz>

**Редакционная коллегия: Главный редактор (химия): Копишев Э.Е.**

к.х.н., Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

- Главный редактор (география): Рамазанова Н.Е.**  
*PhD, ассоц.проф., Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Казахстан*
- Главный редактор (экология): Берденов Ж.Г.**  
*PhD, ассоц.проф., Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Казахстан*
- Ответственный секретарь: Уали А.С.**  
*к.х.н., ассоц.проф., Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*

**Редакционная коллегия:**

**Химия**

- Айбульдинов Е.К.** PhD, НИИ новых химических технологий, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
- Амерханова Ш.К.** д.х.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
- Бакибаев А.А.** д.х.н., проф., Томский политехнический университет, Томск, Россия
- Джакупова Ж.Е.** к.х.н., доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
- Еркасов Р.Ш.** д.х.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
- Маскевич А.А.** д.ф.-м.н., профессор, Гродненский государственный университет имени Я. Купалы, Гродна, Беларусь
- Мустафин Р.И.** PhD, доцент, Казанский государственный медицинский Университет, Казань, Россия
- Султанова Н.А.** к.х.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
- Филиппов В.** PhD, проф., Университет Академия Або, Турку, Финляндия
- Хуторянский В.В.** PhD, проф., Университет Рединга, Великобритания
- Шатрук М.** PhD, проф., Государственный университет Флориды, Талахасси, США
- Адекенов С.М.** д.х.н., проф., академик НАН РК, Международный научно-производственный холдинг Фитохимия, Караганда, Казахстан
- Байкенов М.И.** д.х.н., проф., Карагандинский университет им. Е.А.Букетова, Караганда, Казахстан

**География**

- Атасой Е.** PhD, проф., Университет Бурсы-Улудаг, Бурса, Турция
- Джаналеева К.М.** д.г.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
- Сапаров К.Т.** д.г.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
- Саипов А.А.** д.п.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
- Озгелдинова Ж.О.** PhD, ассоц.проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<b>Жангужина А.А.</b>	PhD, и.о. доцента, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<b>Дунец А.Н.</b>	д.г.н., проф., Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия
<b>Самарханов К.Б.</b>	к.г.н., Международный научный комплекс «Астана», Астана, Казахстан
<b>Иржи Хлагула</b>	PhD, проф., Университет им. А. Мицкевича, Познань, Польша
<b>Останин О.В.</b>	к.г.н., доцент, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия
<b>Абдиманапов Б.Ш.</b>	д.г.н., проф., Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан
<b>Алағуджаева М.А.</b>	PhD, АО НК «Қазақстан Ғарыш Сапары», Астана, Казахстан

### **Экология**

<b>Сафаров Р.З.</b>	к.х.н., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<b>Саспугаева Г.Е.</b>	PhD, ассоц.проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<b>Инкарова Ж.И.</b>	к.б.н., доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<b>Зандыбай А.</b>	к.б.н., доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<b>Илеш А.</b>	PhD, проф., Университет Орадя, Орадя, Румыния
<b>Ян А. Вент</b>	д.г.н., проф., Университет Гданьска, Гданьск, Польша
<b>Мендыбаев Е.Х.</b>	к.б.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<b>Жамангара А.К.</b>	к.б.н., доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<b>Ахмеденов К.М.</b>	к.г.н., проф., Западно-Казахстанский университет им. М.Утемисова, Уральск, Казахстан

**Адрес редакции:** 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сағпаева, 2,  
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402  
**Тел.:** +7(7172) 709-500, (вн. 33-207). **E-mail:** vest\_chem@enu.kz  
**Технический секретарь:** Адильбектеги Гульмира Адильбекқызы

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

**Серия Химия. География. Экология**

Собственник: НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева»

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Регистрации-онное свидетельство № KZ81VPY00031939 от 02.02.2021 г.

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажымукана, 13/1, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Тел.: +7(7172)709-500 (вн.33-207). Сайт: <http://bulchmed.enu.kz>

- Ж.М. Асирбаева, Ы. Бақыткәрім, Ж.С. Мұқатаева, Е. Тілеуберді, Н.А. Шадин, Л.А. Жусупова**  
*Электрохимиялық әдістерді қолдана отырып жемістер мен көкөністер құрамындағы пестицид қалдықтарын жылдам анықтау*  
**Ж.М. Асирбаева, Ы. Бақытқарим, Ж.С. Мукатаева, Е. Тилеуберди, Н.А. Шадин, Л.А. Жусупова**  
*Быстрое обнаружение остатков пестицидов во фруктах и овощах с помощью электрохимических методов*  
**Zh.M. Assirbayeva, Y. Bakytkarim, Zh.S. Mukataeva, Ye. Tileuberdi, N.A. Shadin, L.A. Zhusupova**  
*The rapid detection of pesticide residues in fruits and vegetables using electrochemical methods* 11
- М. Балан**  
*Никель гидроксидіндегі жетістіктер: құрылымдар және заманауи қолданбалар (шолу)*  
**М. Балан**  
*Достижения в области гидроксида никеля: структуры и современные применения (обзор)*  
**M. Balan**  
*Advances in Nickel Hydroxide: Structures and Modern Applications (review)* 24
- Б.Д. Балгышева, Г.А. Боранбаева, Г.М. Баймаханова, С.Б. Ерубай, М.М. Ақтоты, С.Қ. Ақторғын**  
*Фосфогипс және Каратау фосфоритін механохимиялық активтеу арқылы тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алу*  
**Б.Д. Балгышева, Г.А. Боранбаева, Г.М. Баймаханова, С.Б. Ерубай, М.М. Ақтоты, С.К. Ақторғын**  
*Получение продукции с удобрительными свойствами путем механохимической активации фосфогипса и каратауского фосфорита*  
**B.D. Balgysheva, G.A. Boranbaeva, G.M. Baimakhanov, S.B. Erubay, M.M. Aktoty, S.K. Aktorgyn**  
*Production of products with fertilizing properties by mechanochemical activation of phosphogypsum and Karatau phosphorite* 38
- А.Б. Нұрғабыл, А.Ғ. Сыздық, Г.Ж. Сейтенова, Р.М. Дюсова, Ф. Хошноу, А.Е. Джексембаева**  
*Полимерлер мен олардың модификацияларын қолдану арқылы тұтқыр материалдардың қасиеттерін арттыру технологиясы*  
**А.Б. Нұрғабыл, А.Ғ. Сыздық, Г.Ж. Сейтенова, Р.М. Дюсова, Ф. Хошноу, А.Е. Джексембаева**  
*Технология улучшения характеристик вяжущих материалов с использованием полимеров и их модификаций*  
**A.B. Nurgabyly, A.G. Syzdyk, G.J. Seitenova, R.M. Dyussova, F. Khoshnaw, A.E. Jexembayeva**  
*Technology to improve the characteristics of binders using polymers and their modifications* 54

МАЗМҰНЫ/ CONTENT/ СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОГРАФИЯ/ GEOGRAPHY

- Ж.Г. Берденов, Е.С. Кәкімжанов, Н.Б. Курманов**  
*Астана қаласы аумағының демографиялық әлеуетін талдау*  
**Ж.Г. Берденов, Е.С. Какимжанов, Н.Б. Курманов**  
*Анализ демографической ёмкости территории города Астаны*  
**Zh.G. Berdenov, E.S. Kakimzhanov, N.B. Kurmanov**  
*Analysis of demographic capacity of the territory of the city of Astana* 67
- Т.М. Гусейнова**  
*Халықтың көбеюі өмір сапасының көрсеткіші ретінде (Әзірбайжан Республикасының Үлкен Кавказ провинциясы мысалында)*  
**Т.М. Гусейнова**  
*Воспроизводство населения как показатель качества жизни (на примере Большой Кавказской провинции Азербайджанской Республики)*  
**Т.М. Huseynova**  
*Population reproduction as an indicator of quality of life (on the example of the Greater Caucasus province of the Republic of Azerbaijan)* 80
- А.Е. Егинбаева, К.Т. Сапаров, А.Г. Абдуллина, Н.Ж. Женсикбаева, Е. Атасой, Е.К. Кейкин**  
*Сарыарқаның гидрографиялық атаулары мен терминдері*  
**А.Е. Егинбаева, К.Т. Сапаров, А.Г. Абдуллина, Н.Ж. Женсикбаева, Е. Атасой, Е.К. Кейкин**  
*Гидрографические названия и термины Сарыарки*  
**A.Ye. Yeginbayeva, K.T. Saparov, A.G. Abdullina, N.Zh. Zhensikbayeva, E. Atasoy, Ye.K. Keikin**  
*Hydrographic names and terms of Saryarka* 93
- Н.Н. Жағпарова, Л.Б. Базарбай**  
*Каспий теңізінің қазақстандық бөлігі үшін теңіз деңгейінің альтиметриялық деректеріне шолу*  
**Н.Н. Жағпарова, Л.Б. Базарбай**  
*Обзор альтиметрических данных уровня моря для казахстанской части Каспийского моря*  
**N.N. Zhagparova, L.B. Bazarbay**  
*Overview of altimetric sea level data for the Kazakh part of the Caspian Sea* 111

МАЗМҰНЫ/ CONTENT/ СОДЕРЖАНИЕ  
ЭКОЛОГИЯ/ ECOLOGY

- Ж.Г. Берденов, Ж.И. Инкарова, Г.Е. Мендыбаева, А.Т. Бекетова,  
Г.Ә. Әділбектегі**  
*Ақтөбе облысы Мәртөк ауданындағы далалық аймақтың өнімділік динамикасын талдау*
- Ж.Г. Берденов, Ж.И. Инкарова, Г.Е. Мендыбаева, А.Т. Бекетова,  
Г.Ә. Әділбектегі**  
*Анализ динамики продуктивности степной зоны Мартукского района Актыубинской области*
- Zh.G. Berdenov, Zh.I. Inkarova, G.E. Mendybaeva, A.T. Beketova,  
G.A. Adilbektegi**  
*Analysis of productivity dynamics of the steppe zone of Martuk district of Aktobe region* 124
- Н.Б. Бескузов, Н.Е. Айкенова**  
*Өнеркәсіптік ағынды суларды мұнай мен мұнай өнімдерінен карбонатты шламмен тазарту*
- Н.Б. Бескузов, Н.Е. Айкенова**  
*Очистка промышленных сточных вод от нефти и нефтепродуктов карбонатным шламом*
- N.B. Beskuzov, N.E. Aikenova**  
*Industrial wastewater treatment from oil and petroleum products with carbonate sludge* 142
- А.И. Григорьев**  
*Көкшетау қаласы атмосферасының аэротехногендік ластану деңгейін бағалау*
- А.И. Григорьев**  
*Оценка уровня аэротехногенного загрязнения атмосферы г. Кокшетау*
- A.I. Grigoriev**  
*Assessment of the level of aerotechnogenic atmospheric pollution in Kokshetau* 150
- Н.С. Сиханова, Е.А. Шынбергенов, Г.Т. Алдамбергенова**  
*Қазақстан Республикасындағы эрозиялық үдерістер*
- Н.С. Сиханова, Е.А. Шынбергенов, Г.Т. Алдамбергенова**  
*Эрозионные процессы в Республике Казахстан*
- N.S. Sihanova, Y.A. Shynbergenov, G.T. Aldambergenova**  
*Erosion processes in the Republic of Kazakhstan* 158









IRSTI 31.19.29

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-11-23>

Review

## The rapid detection of pesticide residues in fruits and vegetables using electrochemical methods

Zh.M. Assirbayeva<sup>1\*</sup>, Y. Bakytkarim<sup>2</sup>, Zh.S. Mukataeva<sup>3</sup>, Ye. Tileuberdi<sup>4</sup>,  
N.A. Shadin<sup>5</sup>, L.A. Zhusupova<sup>6</sup>,

<sup>1,2,3,4,5</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>6</sup>Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

(E-mail: <sup>1</sup>asirbaeva.j88@gmail.com, <sup>2</sup>Rysgul\_01\_88@mail.ru,  
<sup>3</sup>zh.mukatayeva@abaiuniversity.edu.kz, <sup>4</sup>er.tileuberdi@gmail.com, <sup>5</sup>nurgen\_87@mail.ru,  
<sup>6</sup>Laila@korkyt.kz)

**Abstract.** To meet global demand, pesticides play a very important role in the control of pests that damage agricultural products. However, overuse of pesticides threatens both ecosystems and human health. In recent years, gas chromatography (GC), liquid chromatography (LC), gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS), capillary chromatography (CCH), and capillary electrophoresis (CE) have been used to determination of pesticides. Although these methods have high specificity, selectivity and sensitivity for detection of pesticides, they also have some shortcomings, for example, expensive instrument, sample prepared process is complex and time-consuming. Therefore, electrochemical sensors and biosensor have become good analytical methods for the detection of pesticides due to their many advantages such as simple manufacturing process of the detection system, high sensitivity and selectivity. In this paper describes the latest results used for in situ detection of pesticide residues in fruits and vegetables obtained in the fields of cyclic voltammetry, square wave voltammetry, differential pulse voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy. In addition, the development of electrochemical methods and real-time smartphone monitoring techniques and their integration with detection platforms are discussed. For readers with a scientific and technological focus, this article will provide additional valuable information for understanding the creation of portable electrochemical devices, rapid detection of pesticides, the role of electrochemical sensitive methods and contributing to their further development.

\* Corresponding author

**Keywords:** Pesticides, electrochemical methods, sensors, nanoparticles, modifications. smartphone monitoring, electrochemical devices.

Received: 19.08.2024. Accepted: 16.09.2024. Available online: 30.09.2024

## Introduction

Pesticides are synthetic or natural compounds or additives used to control, destroy, regulate, prevent diseases, weeds, insects and pests that affect plant growth. These compounds can often be categorized by their chemical structure, mode of action, hazard level, route of application, and time of application (Figure 1). Crop yields have increased significantly over the past decades due to the introduction of chemical pesticides. The global demand for pesticides has increased dramatically and steadily since the mid-1940s, mainly due to commercial farming [1, 2]. However, excessive and uncontrolled use of pesticides has led to contamination of food and environment, agriculture and water resources. Pesticide waste is becoming a serious public health problem due to penetration into food through fruits, vegetables, processed foods, water, air and soil, and acute and chronic effects on human health. Chemical pesticides can have cytotoxic, mutagenic and carcinogenic effects on human health [3, 4].

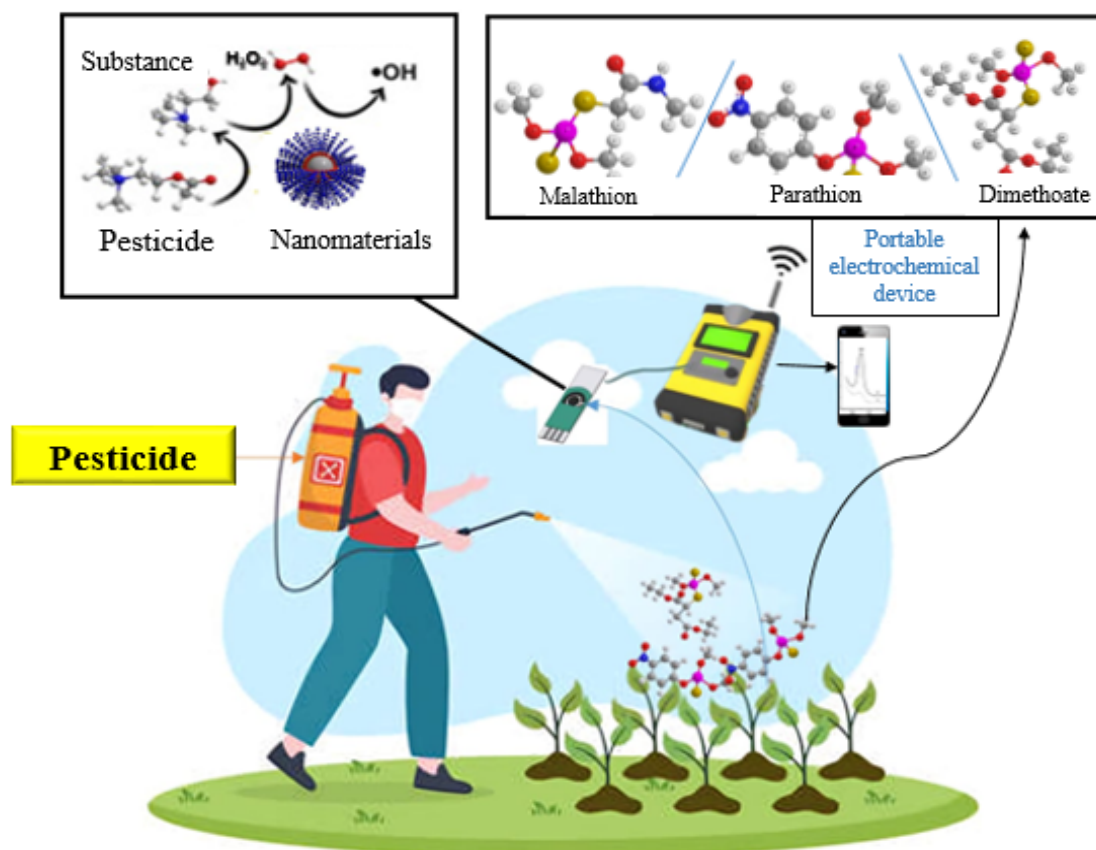


Figure 1. Schematic plan of pesticide determination



Many papers discuss laboratory-scale pesticide detection methods for the effective detection of adulterant residues and hazardous chemicals in food products. For example, Kim *et al.* developed aptamer-based fluorescent methods for the detection of fipronil using carboxyfluorescein-labeled aptamers [5]. The analysis showed that linear labeling of fipronil in 25-300 ppb range with limit of detection (LOD) of 53.8 ppb ( $10^{-7}$ ) and a recovery rate of 94.7-114.4%. Yang *et al.* and many others wrote about methods of fluorescent sensor based on cadmium telluride quantum dots (CdTe QDs) for detection of residues of pesticide methidathion ( $C_6H_{11}N_2O_4PS$ ) in Chinese cabbage with the limit of detection 0.027 ng/mL [6].

Capoferri A.D. *et al.* [7] illustrated similarity-based sensory approaches for screening pesticide residues in food products. In particular, they focused on optical (surface plasmon resonance, fluorescence, surface-enhanced Raman scattering and colorimetric) and electrochemical (amperometric, voltmetric, impedance and potentiometric) aptasensors, immunosensors and molecular polymer sensors. Tsagkaris A.S., Pulkrabova J., Hajslova J. [8] considered the achievements and new trends in optical methods for monitoring pesticide residues in food products, Chen K. *et al.* summarized the advances in the field of organophosphorus pesticides (OPs) and colorimetric and fluorescent sensors for the detection of their substances in the nervous system. Patel H., Rawtani D., Agrawal Y.K. [9] published articles on new trends in the development of chitosan-based sensor platforms for organophosphorus pesticides using acetylcholinesterase (AChE), particularly detection methods for various pesticides (colorimetric, potentiometric and amperometric), transducers combined with chitosan and modifications of AChE and can be effectively used for the detection of catalytic and biocatalytic organophosphate hydrolases using in situ detection devices. For hydrolysis reactions, square wave voltammetry has additional selective parameters compared to amperometric sensors for organophosphorus compounds at a given potential. And Weston M., Geng S., Chandrawati R. [10] investigated the opportunities and challenges of replacing nutrition sensors with more sophisticated models based on the latest advances in modern electronic and optical nutrition sensors targeting pesticides, humidity, gases, pathogens, temperature and pH. The development of electrochemical methods and the integration of smartphone technologies with electrochemical sensor platforms for real-time monitoring were also discussed.

Pérez-Fernandez B., Costa-Garcia A., Muniz A.E. [11] screen-printed discussed electrodes (SPEs) as an analytical (bio)sensor for electrochemical detection of pesticide residues for food traceability. Wang W. *et al.* [12] reviewed the advances in the development of electrochemical biosensors for pesticide identification with emphasis on the use of nanomaterials and molecular biology. H. [1] demonstrated the use of biomolecules, 3D printing and smartphone-based electrochemical biosensors for the detection of organophosphorus compounds. All these studies were conducted in laboratory conditions and are based on the development of electrochemical sensors.

**Literature review.** Electrochemical analysis methods are relatively low-cost and simple equipment and are versatile and powerful approaches that provide accuracy, high sensitivity and selectivity. Electrochemical sensing is based on the measurement of electrical quantities such as potential, current, or charge that result from the interaction between an electrode and the substance being analyzed. Typically, an electrochemical cell consists of a counter electrode (CE), a working electrode (WE) and a reference electrode (RE). In voltammetric methods, a time-dependent variable voltage (for example, Ag/AgCl) is used on the reference electrode (RE) and the current response between WE and CE is measured, where a redox reaction occurs.

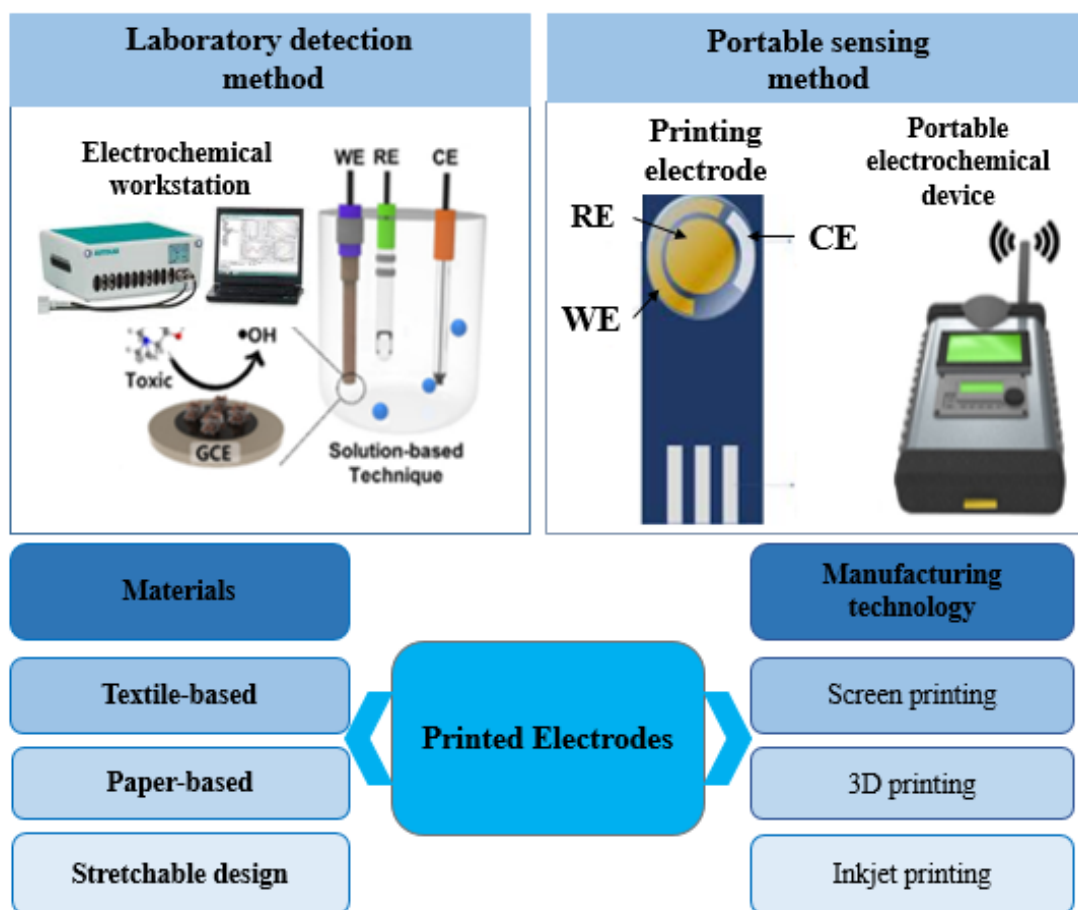


Figure 2. Electrochemical detection methods [13]

García-Miranda Ferrari A. *et al.* in this review explores and discusses the current advances related to electrochemical methods, electrode materials and modifications that have the potential to be the foundations of a new generation of portable electrochemical sensors towards trace-level ion in situ heavy metal sensors. The three-electrode system, as shown in Figure 2, can be placed in a single solution, which in turn allows the device to be automated using a small amount of reagent mixtures and a small sample volume to be examined [13, 14]. Methods for electrochemical sensitivity determination are shown schematically in Figure 2, comparing a laboratory scale electrochemical device with a portable electrochemical device, screen printed electrode (SPE) and classical type electrode fabrication methods.

Screen printed electrode (SPE) is considered to be the first type of electrode that has become a good alternative, overcoming the problems and limitations of traditional electrochemical systems and electrodes. Screen printing electrodes are characterized by single-use, simplicity, portability and fast operation. Due to its versatility and wide use, SPE is widely used as a platform for electrochemical methods for real-time determination of food, gases, pesticides, pharmaceutical additives, environmental contaminants and biomolecules. It should be noted that electrodes fabricated by screen printing technology are generally manufactured in a wide range because the manufacturing process is automated and economically designed. Inkjet printing can be made of plastic or ceramic substrates and different types of inks (usually graphite, carbon, gold and silver) are used for printing. In recent years, the inks used to improve the chemical, electrochemical, analytical and electroanalytical properties of sensors and biosensors based on the above method are modified with various enzymes or nanomaterials. Inkjet printing is created using computer

software and grouting method which results in a negative image of the intended electrode geometry [15-17]. Table 1 summarizes the comparative advantages and disadvantages of the above types of electrodes [18].

Kaur *et al.* [1] demonstrated the use of biomolecules, three-dimensional (3D) printing and smartphone-based electrochemical biosensors for the detection of organophosphorus compounds.

**Table 1. Overview of the advantages and disadvantages of electronic printing technology [18]**

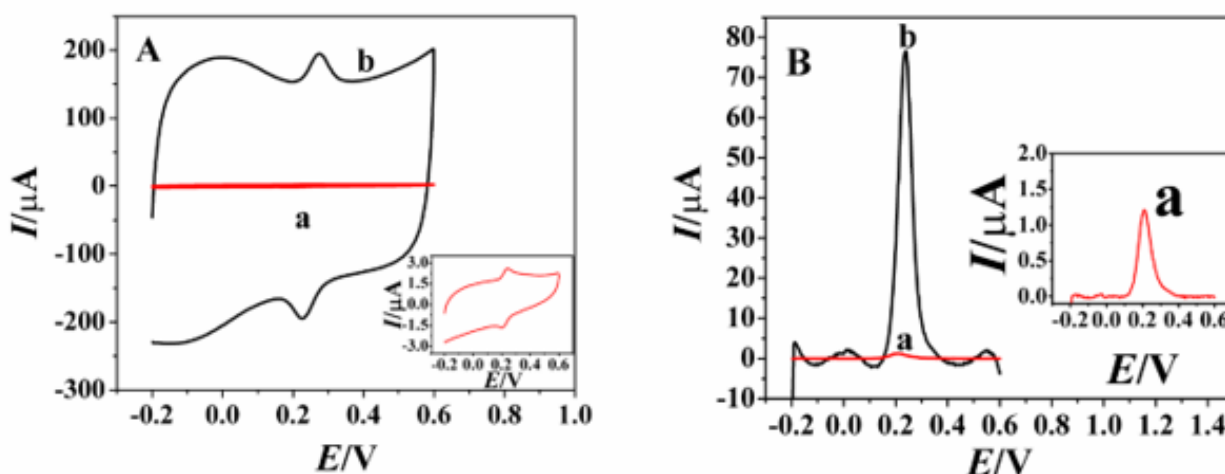
	<b>Advantages</b>	<b>Disadvantages</b>
<b>Inkjet printing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cost-effective, simple and convenient</li> <li>- No need to make a pattern or ink in advance</li> <li>- Less material required</li> <li>- Forms thin layers &lt;1 micron thick</li> <li>- High quality, productivity and speed of gel formation</li> <li>- Ease of mass production</li> <li>- Electronic control of ejection rate and drop size</li> <li>- Thin layers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Highly viscous bio-inks cannot be use</li> <li>- Conductivity problems</li> <li>- Poor mechanical strength</li> <li>- Low structural reliability</li> <li>- Clogging of nozzle</li> <li>- Difficult to apply ink to the substrate</li> </ul>
<b>Screen printing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibility to produce different electrodes with high reproducibility</li> <li>- Process simplicity</li> <li>- Portability, versatility, simplicity, low cost, reliability and ease of operation</li> <li>- Thick layers</li> <li>- For small batch laboratory analysis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficult to use on a large scale</li> <li>- Low quality</li> <li>- Separate screen required for each print template</li> <li>- Use of templates, photomasks or other physical props to facilitate template use</li> </ul>
<b>3D printing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Computer-aided design</li> <li>- Cost-effective</li> <li>- No need for external electrodes</li> <li>- Can be miniaturized</li> <li>- Enables the creation of complex structures with precise dimensional control</li> <li>- Suitable for on-site analysis</li> <li>- Easy installation or customization</li> <li>- Electrodes can be printed without substrate</li> <li>- Light weight, high flexibility and roughness</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Low quality</li> <li>- Limited quantity of raw materials</li> <li>- Application surface cannot be accessible</li> <li>- Difficulty in using materials other than polymer matrices</li> <li>- Difficulty in manufacturing integrated electrodes</li> </ul>

**Voltammetric detection method.** The voltammetric detection method determines the current in the potential difference used by analyzing. The characteristic advantages of voltammetric sensors are high sensitivity to detect and measure several substances simultaneously [19]. The basis of the voltammetric detection method is potential control. There are various methods and forms of potential change such as line scan, polarography (constant voltage), differential ladder, reverse pulse, normal pulse, differential pulse, etc. Among them, cyclic voltammetry, square wave voltammetry, differential pulse voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy are the most commonly used methods for

electrochemical detection of pesticide residues in food.

**Cyclic voltammetry (CV)** is an electroanalytical method that is mainly used to measure electroactive redox forms by linearly varying the potential between the working electrode and the reference electrode. In cyclic voltammetry, the peak current is directly proportional to the concentration of the substance, and the position of the peak is mainly dependent on the chemical and physical species involved in the redox reactions. When scanned, the chemical species either gains an electron (reduction) or loses an electron (oxidation) depending on the direction of change in potential. The voltage is scanned between the working electrode and the reference electrode, and the current is tested between the opposite electrode and the working electrode. The resulting electrochemical analysis can be referred to as current-voltage relationship or voltammetry method. For example, an increase in the concentration of certain enzymes interacting at a given scan rate results in an increase in current compared to a non-catalytic reaction. The cyclic voltammetry method can be used for local analysis of pesticide residues [11, 12].

Bakytkarim Y. *et al.* [20] used the methods of cyclic voltammetry and differential pulse voltammetry to study and compare the electrochemical behaviour of chlorogenic acid on electrodes with different modifications. Figure 4A shows the CV plots of  $20\mu\text{mol dm}^{-3}$  chlorogenic acid on bare GCE and Pt@r-GO@MWCNTs/GCE-containing in 0.1 M PBS buffer solution at pH 6.0. As can be seen, when bare GCE was the working electrode, a pair of redox peaks appeared around 0.21 V, which indicated that GCE had some catalytic effect on the oxidation and reduction of chlorogenic acid. When the Pt@r-GO@MWCNTs nanocomposites were modified onto GCE, we observed a large back current and the electrochemical signal of chlorogenic acid was enhanced. As can be seen in Figure 4B, compared with bare GCE, chlorogenic acid showed a very obvious oxidation peak on Pt@r-GO@MWCNTs/GCE, and the current signal of the oxidation peak was amplified nearly 60 times. This is attributed to the relatively large specific surface area, good electrical conductivity and catalytic properties of the Pt@r-GO@MWCNTs nanocomposites. Therefore, Pt@r-GO@MWCNTs/GCE can be used for the detection of chlorogenic acid.



**Figure 4. (A, B) Cyclic voltammograms of  $20\mu\text{mol dm}^{-3}$  chlorogenic acid in 0.1 M PBS (pH = 6.0) buffer on bare GCE and Pt@r-GO@MWCNTs/GCE Differential pulse voltammograms [20]**

Zhao *et al.* [21] developed a sensor based on the retardation of AchE enzyme activity. This sensor often monitored the thiocholine oxidation current through a three-electrode potentiostat with its structure. For pesticide analysis, AchE/MWNTs-SnO<sub>2</sub>-chitosan/Au was immersed in phosphate-buffered saline (pH 7.5) with different concentrations of pesticide

solution for 10 min and then transferred to an electrochemical laboratory. The sensor developed signal processing and detection modules to reduce system drift and interference as it emitted low current signals. The value of the obtained detection threshold for chlorpyrifos was 2 mg/l, which indicates the high stability and accuracy of the device. This system proved its efficiency in the determination of pesticide residues in fruit and vegetable samples. To validate the developed portable device, the current signal responses for chlorpyrifos were compared with the electrochemical device at different concentrations. As a result, the authors proposed a portable instrument developed for rapid monitoring of pesticide residues in fruits and vegetables, which was economical and characterised by the possibility of use in the field [21].

**Differential pulse voltammetry (DPV)** is a pulse method for reducing background charge currents. It uses amplitude pulses of linear potential and the basis of this method is the value of the basic potential, which is not a Faraday reaction in an electrochemical system. The basic potential value is increased equally and in equal increments between pulses. In this case, the current is measured before the pulse is transmitted and the difference between the pulses is noted at the end of the pulse. Differential pulse voltammetry is also used for chemical quantitative analysis as well as for studying the mechanism, thermodynamics and kinetics of chemical reactions. This method as an analytical tool has several advantages over other electrochemical methods. This method as an analytical tool has several advantages over other electrochemical methods. It is a sensitive method that often allows direct analysis at the ppb ( $10^{-7}$ ). When the voltage attenuation mode is used, ppt ( $10^{-8}$ ) can be measured. The sensitivity of this method depends on differential analysis and relatively short pulse times. Differential analysis allows the differentiation of background procedures, and the relatively short pulse time amplifies the measured currents [2, 11, 12].

**Electrochemical impedance spectroscopy (EIS)** is an efficient detection method used to study electrolyte/electrode surface modification and analyze the interactions between bioreceptor and analyte on the electrode surface by observing the changes in the surface resistance of the solution/electrode. In the past few years, the EIS method has been widely used in the field of electrochemistry, especially for the classification of sensor systems. In addition, EIS is also used as an analytical and quantitative determination method. The EIS method can evaluate the intrinsic material properties that affect the resistance, conductivity or capacitance of an electrochemical system. Thus, the EIS method is an effective tool for the design and development of materials for sensors and biosensors [19].

As most sensing systems are inherently heterogeneous at the nanoscale, with their variability in the interfacial region of the sensing electrodes heterogeneity may not be apparent using pulse voltammetric methods, square wave voltammetry or cyclic voltammetry. The EIS method makes it easy to study this problem as well as see it through a wide range of time scales. The sensors and biosensors underlying the EIS method have great advantages over other modern signal transducers used to detect pesticide residues.

**Square wave voltammetry (SWV)** is the most sensitive method of differential and fast pulse voltammetry with large amplitude. The detection limit values of real samples obtained by square wave voltammetry can be relatively better than spectroscopic and chromatographic methods. The values of the current potential peaks are usually well defined and present symmetrical plots. This method is due to the fact that all currents are investigated only at the end of a single half-period and to differences in the width and height of the potential pulse. Square wave voltammetry is a sensitive electrochemical detection method used for recognition on paper or integrated devices based on the signal-to-noise phenomenon. An increase in the square root of the scan rate results in an increase in the signal-to-noise ratio. This increase in signal is a function of the time between current measurement and pulse transmission. The method-time is frequency-dependent; increasing the frequency results in a

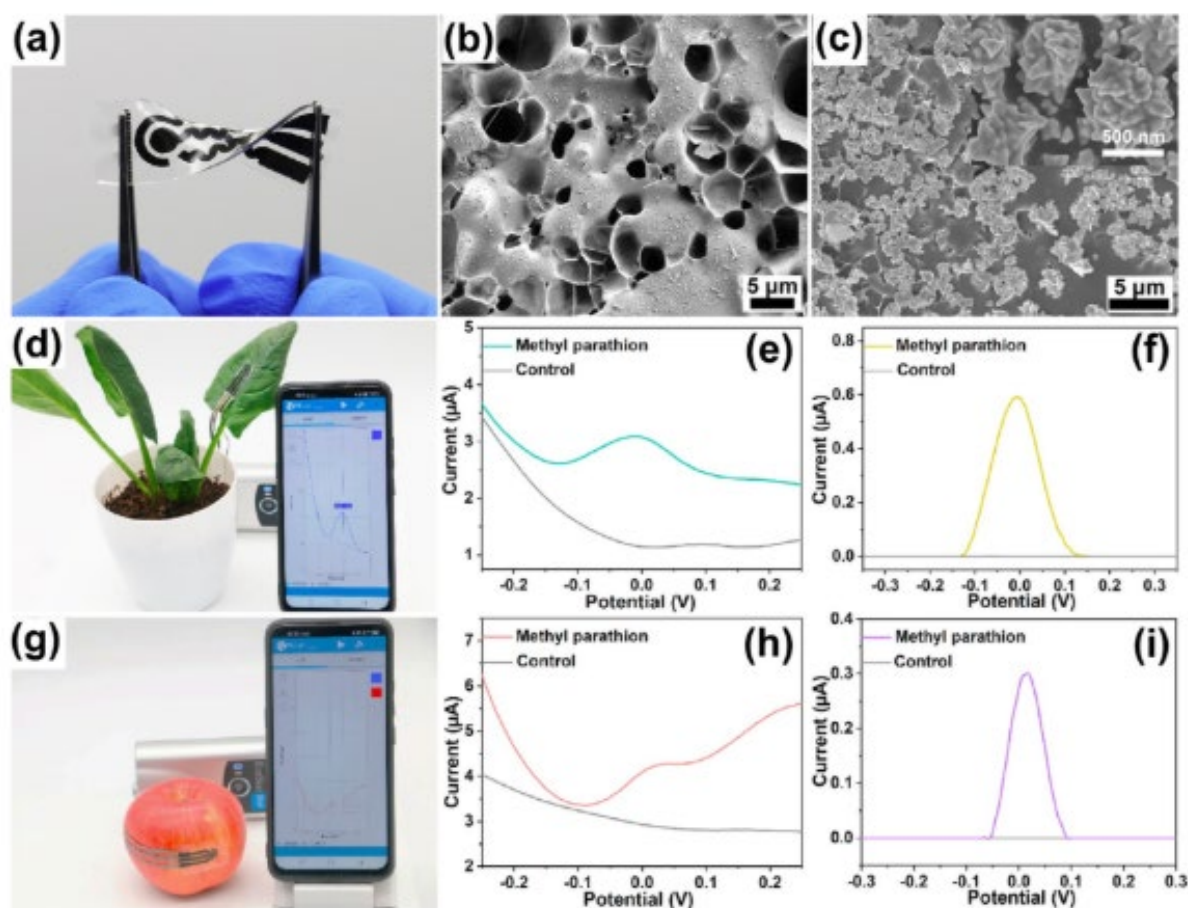
decrease in the time constant and an increase in the measured Faraday current, which in turn makes it possible to quickly display specific pulses on the voltammetry. There will be fast delivery of the obtained voltammetry results to the consumer via smartphone. Recent advances in the creation of the material that will form the basis for sensors such as flexible, portable and elastic electronic devices are gradually improving the quality of human life.

Today's wearable sensors can be attached directly to the user's body or to the surface of an object to perform real-time laboratory and chemical analyses. Inspired by this approach, Zhao et al. In situ developed a smart hand-worn plant sensor that enables fast, sensitive and non-destructive detection of pesticide residues on plant surfaces [22]. A serpentine three-electrode system was designed by laser-induced graphene technology. This handheld portable electrochemical system can wirelessly deliver real-time info about pesticide residue to a smartphone connected to the handheld workstation via Bluetooth. Pesticides were determined between 0.6 V and + 0.4 V in a solution of different concentrations using SWV analysis method at a frequency of 8 Hz with an equilibrium time of 30 seconds.

Spinach and apples were selected as specific samples for in situ methyl parathion analysis. Using the developed approach, 100  $\mu\text{M}$  of methyl parathion was detected in agricultural samples. Figure 4 (a) shows a digital photograph of elongated and flexible polydimethylsiloxane laser-induced graphene (PDMS LIG). SEM images of PDMS/LIG electrodes 7 (b) and (c) are presented before and after modification with gold nanoparticles (AuNPs). Inset (c) shows a magnified image of the SEM after modification with AuNPs. Figure 4 (d) and (g) compared to control experiments, p-nitrophenol peaks were observed in samples coated with methyl parathion indicating the presence of pesticide residues at a specific location. The smart wearable sensor device demonstrates advances and transformative approaches to in situ pesticide residue analysis in agricultural products. The system can be used on uneven surfaces that selectively recognise and capture pesticide residues on crop surfaces [23].

The information of pesticide residues as shown in Figure 1 can be obtained via smartphone at the same time. Compared to control experiments, peaks of p-nitrophenol were observed in the samples coated with methyl parathion, indicating the presence of pesticide residues at a specific location. A smart, lightweight, wearable sensor device demonstrates progress and innovative approaches to in situ analysis of pesticide residues in agricultural foods. Such devices can be used to selectively detect pesticide residues on the surface of plants located on uneven surfaces.





**Figure 4.** *a* - Digital photograph of the stretchable and flexible (PDMS-LIG) electrode, *b, c* - SEM images of the electrode before and after modification with gold nanoparticles (PDMS-LIG) (AuNPs), enlarged SEM image after modification *c* - AuNPs. *d, g* - flexible semi-rigid apple/spinach electrolyte biosensor timely information on pesticide residues obtained by smartphone adhered to the leaf surface. *e, h* - square wave voltammetry curves and corresponding *f, i*-base corrected square wave voltammetry curves [22]

## Conclusion

This review article focuses on electrochemical methods for the investigation of pesticide residues in fruits and vegetables based on cyclic voltammetry, square-wave voltammetry, differential pulse voltammetry, potentiometry and electrochemical impedance spectroscopy. It has been recorded that nano- and microelectrode array chips, paper sensors, paper strips and electroanalytical devices have been developed for rapid and high-throughput multiplexed investigation of complex matrices. Many attempts have been made to develop portable and user-friendly printed electrode devices, cost-effective integrated microsensors, glove-attached sensors, paper/strip/card-based electrochemical sensing platforms. Electroanalytical and electrochemical processes have been significantly improved for in situ testing and detection of pesticides in agricultural products.

**Acknowledgment:** This study was funded by the Scientific Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (AP19676917 "Preparation of sensor by electrochemical methods for the determination of pesticides).

**Conflict of interests:** no conflict of interest.

**Contributions of the authors:** Zh.M. Assirbayeva worked with references and manuscripts, experimental studies. Y. Bakytkarim approved the final version of the article for publication. Zh.S. Mukataeva is for general editing of the article.

## References

1. Kaur N., Khunger A., Wallen S.L., Kaushik A., Chaudhary G.R., Varma R.S. Advanced green analytical chemistry for environmental pesticide detection // *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. - 2021. - № 30. - P. 100488. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2021.100488>
2. Umapathi R., Sonwal S., Lee M.J., Mohana Rani G., Lee E.S., Jeon T.J., Kang S.M., Oh M.H., Huh Y.S. Colorimetric based on-site sensing strategies for the rapid detection of pesticides in agricultural foods: New horizons, perspectives, and challenges // *Coordination Chemistry Reviews*. - 2021. - № 446. - P. 214061. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2021.214061>
3. Ben-Zur R., Hake H., Hassoon S., Bulatov V., Schechter I. Optical analytical methods for detection of pesticides // *Reviews in Analytical Chemistry*. - 2011. - № 30. - P. 123-139. <https://doi.org/10.1515/REVAC.2011.104>
4. Bilal M., Iqbal H.M.N., Barceló D. Persistence of pesticides-based contaminants in the environment and their effective degradation using laccase-assisted biocatalytic systems // *Science of The Total Environment*. - 2019. - № 695. - P. 133896. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133896>
5. Kim K.H., Kabir E., Jahan S.A. Exposure to pesticides and the associated human health effects // *Science of The Total Environment*. - 2017. - № 575. - P. 525-535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009>
6. Yang Q., Li Q., Li H., Li F. pH-Response Quantum Dots with Orange-Red Emission for Monitoring the Residue, Distribution, and Variation of an Organophosphorus Pesticide in an Agricultural Crop // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. - 2021. - № 69(9). - P. 2689-2696. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c08212>
7. Tsagkaris A.S., Pulkrabova J., Hajslova J. Optical Screening Methods for Pesticide Residue Detection in Food Matrices: Advances and Emerging Analytical Trends // *Journal of Foods*. - 2021. - №10 (1). - P. 88-109. <https://doi.org/10.3390/foods10010088>
8. Chen Q., Sun Y., Liu S., Zhang J., Zhang C., Jiang H., Han X., He L., Wang S., Zhang K. Colorimetric and fluorescent sensors for detection of nerve agents and organophosphorus pesticides // *Sensors and Actuators B: Chemical*. - 2021. - № 344. - P. 130278. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.130278>
9. Patel H., Rawtani D., Agrawal Y.K. A newly emerging trend of chitosan-based sensing platform for the organophosphate pesticide detection using Acetylcholinesterase- a review // *Trends in Food Science & Technology*. - 2019. - № 85. - P. 78-91. <https://doi.org/10.1016/j.TIFS.2019.01.007>
10. Weston M., Geng S., Chandrawati R. Food Sensors: Challenges and Opportunities // *Advanced Materials Technologies*. - 2021. - № 6(5). - P. 2001242. <https://doi.org/10.1002/admt.202001242>
11. Pérez-Fernández B., Costa-García A., Muñoz A. de la E. Electrochemical (Bio) Sensors for Pesticides Detection Using Screen-Printed Electrodes // *Biosensors*. - 2020. - № 10(4). - P. 32-58. <https://doi.org/10.3390/BIOS10040032>
12. Wang W., Wang X., Cheng N., Luo Y., Lin Y., Xu W., Du D. Recent advances in nanomaterials-based electrochemical (bio)sensors for pesticides detection // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. - 2020. - № 132. - P. 116041. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116041>
13. García-Miranda Ferrari A., Carrington P., Rowley-Neale S.J., Banks C.E. Recent advances in portable heavy metal electrochemical sensing platforms // *Environmental Science: Water Research & Technology*. - 2020. - № 6(10). - P. 2676-2690. <https://doi.org/10.1039/D0EW00407C>
14. Usmani Z., Sharma M., Awasthi A.K., Sharma G.D., Cysneiros D., Nayak S.C., Thakur V. K., Naidu R., Pandey A., Gupta V.K. Minimizing hazardous impact of food waste in a circular economy – Advances in resource recovery through green strategies // *Journal of Hazardous Materials*. - 2021. - № 416. - P. 126154. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126154>



15. Kalyani N., Goel S., Jaiswal S. On-site sensing of pesticides using point-of-care biosensors: a review // *Environmental Chemistry Letters*. - 2020. - № 19(1). - P. 1-10. <https://dx.doi.org/10.1007/s10311-020-01070-1>
16. Kaushik A.K., Dhau J.S., Gohel H., Mishra Y.K., Kateb B., Kim N.Y., Goswami D.Y. Electrochemical SARS-CoV-2 Sensing at Point-of-Care and Artificial Intelligence for Intelligent COVID-19 Management // *ACS Applied Bio Materials*. - 2020. - №3 (11). - P. 7306–7325. <https://doi.org/10.1021/acsabm.0c01004>
17. Sfragano P.S., Laschi S., Palchetti I. Sustainable Printed Electrochemical Platforms for Greener Analytics // *Frontiers in Chemistry*. - 2020. - № 8. - P. 644. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00644>
18. Ambaye A.D., Kefeni K.K., Mishra S.B., Nxumalo E.N., Ntsendwana B., Recent developments in nanotechnology-based printing electrode systems for electrochemical sensors // *Talanta*. - 2021. - № 225. - P. 121951. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121951>
19. Simões F.R., Xavier M.G. Electrochemical Sensors // *Nanoscience and its Applications*. - 2017. - P. 155–178. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-49780-0.00006-5>
20. Bakytkarim Y., Tursynbolat S., Zeng Q., Huang J., Wang L. Nanomaterial ink for on-site painted sensor on studies of the electrochemical detection of organophosphorus pesticide residuals of supermarket vegetables // *Electroanalytical Chemistry*. - 2019. - № 841. - P. 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2019.03.063>
21. Zhao X. Sun, Y. Guo, X. Wang, Y. Jia, A Portable Instrument Based on Acetylcholinesterase Biosensor for the Rapid Detection of Pesticides Residues // *Sensors & Transducers*. - 2014. - № 182(11). - P. 1-9. ISSN: 2306-8515.
22. Zhao G., He J., Li X., Bai Y., Ying Y., Ping J. Smart plant-wearable biosensor for in-situ pesticide analysis // *Biosensors and Bioelectronics*. - 2020. - № 17. - P. 112636. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112636>

**Ж.М. Асирбаева<sup>1</sup>, Ы. Бақыткәрім<sup>2</sup>, Ж.С. Мұқатаева<sup>3</sup>,  
Е. Тілеуберді<sup>4</sup>, Н.А. Шадин<sup>5</sup>, Л.А. Жусупова<sup>6</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>6</sup>Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан

### **Электрохимиялық әдістерді қолдана отырып жемістер мен көкөністер құрамындағы пестицид қалдықтарын жылдам анықтау**

**Андатпа.** Әлемдік сұранысты қамтасыз ету үшін пестицидтер ауылшаруашылық өнімдеріне зиян келтіретін зиянкестермен күресуде өте маңызды роль атқарады. Алайда пестицидтерді шамадан тыс қолдану экожүйелер мен адам денсаулығына қауіп төндіруде. Соңғы жылдары пестицидтерді анықтауда Газ хроматографиясы, сұйық хроматография, газ хроматографиясы-масса-спектрометрия, сұйық хроматография-масса-спектрометрия, капиллярлық хроматография және капиллярлық электрофорез қолданылады. Бұл әдістердің пестицидтерді анықтау үшін ерекшелігі, селективтілігі және сезімталдығы жоғары болғанымен, олардың кейбір кемшіліктері де бар, мысалы, қымбат құрал, сынама дайындау процесі күрделілігі және көп уақытты қажет етеді. Бұл мақалада жемістер мен көкөністердегі пестицидтердің қалдықтарын орнында анықтауға арналған портативті электрохимиялық сенсорлар жасау әдістері, яғни циклдік вольтамметрия, квадрат-толқындық вольтамметрия, дифференциалды импульстік вольтамметрия және электрохимиялық импеданс спектроскопиясының соңғы жылдардағы жетістіктері туралы баяндалған. Сонымен қатар, көрсетілген әдістердің негізгі механизмі мен электрохимиялық сезгіштігі туралы толық ақпарат берілген. Электрохимиялық әдістердің дамуы және смартфон технологиясын нақты уақыт режимінде бақылау, сонымен бірге оларды анықтау платформаларымен интеграциялау талқыланады. Ғылыми және технологиялық бағыттағы оқырмандар үшін бұл мақала, портативті электрохимиялық құрылғыларды жасауды, пестицидтерді жылдам анықтауды, электрохимиялық сезгіш әдістерінің рөлін түсіну және олардың әрі қарай дамуына ықпал ету үшін қосымша құнды ақпарат болады деген ойдамыз.

**Түйін сөздер:** пестицидтер, электрохимиялық әдістер, сенсорлар, нанобөлшектер, модификация, смартфон арқылы мониторинг, электрохимиялық құрылғылар.

**Ж.М. Асирбаева<sup>1</sup>, Ы. Бакыткарим<sup>2</sup>, Ж.С. Мукатаева<sup>3</sup>,**

**Е. Тилеуберди<sup>4</sup>, Н.А. Шадин<sup>5</sup>, Л.А. Жусупова<sup>6</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

<sup>6</sup>Қызылординский университет имени Коркыт ата, Қызылорда, Казахстан

### **Быстрое обнаружение остатков пестицидов во фруктах и овощах с помощью электрохимических методов**

**Аннотация.** Для удовлетворения мирового спроса пестициды играют очень важную роль в борьбе с вредителями, наносящими ущерб сельскохозяйственной продукции. Однако чрезмерное использование пестицидов угрожает экосистемам и здоровью людей. В последние годы для определения пестицидов используются газовая хроматография (ГХ), жидкостная хроматография (ЖХ), газовая хроматография-масс-спектрометрия (ГХ-МС), жидкостная хроматография-масс-спектрометрия (ЖХ-МС), капиллярная хроматография (КХ) и капиллярный электрофорез (КЭ). Хотя эти методы обладают высокой специфичностью, селективностью и чувствительностью для обнаружения пестицидов, они также имеют некоторые недостатки, например, дорогостоящий прибор, сложный и трудоемкий процесс подготовки проб. Поэтому электрохимические сенсоры и биосенсоры стали хорошими аналитическими методами для обнаружения пестицидов благодаря их многочисленным преимуществам, таким как простота изготовления системы обнаружения, высокая чувствительность и селективность. В данной статье описаны последние результаты, полученные в области циклической вольтамперометрии, квадратно-волновой вольтамперометрии, дифференциальной импульсной вольтамперометрии и электрохимической импедансной спектроскопии, используемые для *in situ* обнаружения остатков пестицидов в овощах и фруктах. Кроме того, обсуждаются вопросы развития электрохимических методов и технологий мониторинга с помощью смартфонов в режиме реального времени, а также их интеграции с платформами обнаружения. Читателям с научно-технической направленностью эта статья предоставит дополнительную ценную информацию для понимания создания портативных электрохимических устройств, быстрого обнаружения пестицидов, роли электрохимических чувствительных методов и внесения вклада в их дальнейшее развитие.

**Ключевые слова:** пестициды, электрохимические методы, сенсоры, наночастицы, модификация, мониторинг с помощью смартфона, электрохимические устройства.

#### **Information about the authors:**

**Assirbayeva Zhanar Muratkyzy** - corresponding author, 1st year doctoral student of the specialty "8D05301-Chemistry" of Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazybek bi str., 30, 0500006, Almaty, Kazakhstan

**Bakytkarim Yrysgul** - corresponding author, Doctor Ph.D, Senior Lecturer of the Department of Chemistry, Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazybek bi str., 30, 0500006, Almaty, Kazakhstan

**Mukatayeva Zhazira Sagatbekovna** - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the chemical department of Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazybek bi str., 30, 0500006, Almaty, Kazakhstan

**Tileuberdi Yerbol** - Doctor Ph.D, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department of Chemistry, Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazybek bi str., 30, 0500006, Almaty, Kazakhstan

**Shadin Nurgul Adyrbekkyzy** - Doctor Ph.D, Senior Lecturer of the Department of Chemistry, Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazybek bi str., 30, 0500006, Almaty, Kazakhstan

**Zhussupova Laila Azhibayevna** - Candidate of Technical Sciences, Art. Lecturer at the Department of Biology, Geography and Chemistry, NJSK Korkyt Ata Kyzylorda University, Aiteke bi str., 29 A, Kyzylorda, Kazakhstan

**Асирбаева Жанар Муратқызы** - хат-хабар авторы, Абай атындағы ҚазҰПУ «8D05301-Химия» мамандығының 1 курс докторанты, Қазыбек би көшесі, 30, 0500006, Алматы, Қазақстан.

**Бақыткәрім Ырысгүл** - хат-хабар авторы, PhD докторы, Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, химия кафедрасының аға оқытушысы.

**Мұқатаева Жазира Сағатбековна** - химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, химия кафедрасының меңгерушісі, Қазыбек би көшесі, 30, 0500006, Алматы, Қазақстан.

**Тілеуберді Ербол** - PhD докторы, қауымдастырылған профессор, Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, химия кафедрасының оқытушысы, Қазыбек би көшесі, 30, 0500006, Алматы, Қазақстан.

**Шадин Нүргүл Адырбекқызы** - PhD докторы, Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, химия кафедрасының аға оқытушысы, Қазыбек би көшесі, 30, 0500006, Алматы, Қазақстан.

**Жусупова Ләйля Ажибаевна** - техника ғылымдарының кандидаты, биология, география және химия кафедрасының аға оқытушысы, Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Әйтеке би 29 А, Қызылорда, Қазақстан.



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



IRSTI 31.17.15  
Article review

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-24-37>

## Advances in Nickel Hydroxide: Structures and Modern Applications (review)

M. Balan 

*Department of Chemistry and Materials Science, Technical University of Bucharest, Bucharest, Romania,*

*(E-mail: mihai.balan.tub@gmail.com)*

**Abstract.** This review article summarises decades of research on nickel hydroxide. Nickel hydroxide is an important material in both physics and chemistry, especially in technical applications such as batteries. First, the structures of two known polymorphs,  $\alpha$ -Ni(OH)<sub>2</sub> and  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub>, are described. The article also examines common types of disorder in nickel hydroxide, such as hydration, stacking faults, mechanical stresses and the presence of ionic impurities. Related materials such as intercalated  $\alpha$ -derivatives and basic nickel salts are also discussed. Various synthetic methods of nickel hydroxide synthesis are reviewed, including chemical and electrochemical precipitation, sol-gel synthesis, chemical ageing, hydrothermal and solvothermal processes, electrochemical oxidation, microwave-assisted techniques and sonochemical methods. The article discusses the physical properties of nickel hydroxide, including its magnetic, vibrational, optical, electrical and mechanical properties. Finally, the article highlights the promising properties of these materials and approaches for the identification and characterization of unknown nickel hydroxide-based samples.

**Keywords:** Nickel hydroxide, Battery technologies, Electrocatalysis, Photocatalysis, Nanostructures, Supercapacitors, Electrochemical sensors, Structural disorder, Synthesis methods, Microwave-assisted synthesis, Sonochemistry, Electrochromic devices.

## **Introduction**

When we began to write this review of nickel hydroxides, our goal was to identify the most valuable aspects of these industrially important materials for the scientific community. At that time, research was mainly concerned with water, hydroxyl and oxyhydroxyl concentrations in nickel oxide thin and bulk films [1]. This led to concepts such as bound water, structural water, compositional water, and adsorbed water, all of which are essential for understanding corrosion and battery performance. However, advanced analytical techniques were not yet available. Recent developments have significantly improved the understanding of these materials. A simple online search using the keyword "nickel hydroxide" reveals thousands of publications, highlighting their importance. This wealth of literature can be daunting, especially for new students or researchers unfamiliar with the experimental methods in question [2, 3].

## **Materials and methods**

Nickel hydroxides have a wide range of applications in chemistry, physics and engineering. They have been used since the early 20th century as electrode materials in battery technologies. They also play an essential role in the electrochemical processes of nickel and nickel-based alloys or in surface layers formed during corrosion [4, 5]. Research in the late 20th century focused mainly on these two areas. In the late 1960's, Bode et al. proposed a simple model to explain the electrochemical oxidation of nickel hydroxides to nickel(III) oxyhydroxide and subsequent reduction to nickel(II) hydroxide. This model includes two nickel hydroxide phases,  $\alpha$ - and  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub>, and two oxidized phases,  $\beta$ - and  $\gamma$ -NiOOH. Although the complete mechanism is more complex, this model and some modifications (such as the transition from  $\gamma$ -NiOOH to  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> still provide a useful framework for understanding the processes occurring in nickel hydroxide battery electrodes [6, 7].

Nickel-based batteries, including nickel-cadmium (NiCd) and nickel-metal hydride (NiMH), are widely used in modern technology [8, 9]. Recently, McBreen examined the importance of nickel hydroxides in contemporary battery applications. However, the use of nickel hydroxides has expanded beyond traditional battery and corrosion research into areas such as photocatalysis, electrocatalysis, electrosynthesis, supercapacitors, electrochromic devices and electrochemical sensors. Extensive research has deepened the understanding of these materials beyond the basic two-phase model [10]. Innovations in nanotechnology have led to the development of complex structures such as nanoflowers and nanoribbons, and hundreds of synthesis methods are now available, including advanced techniques such as microwave-assisted synthesis and stereochemistry.

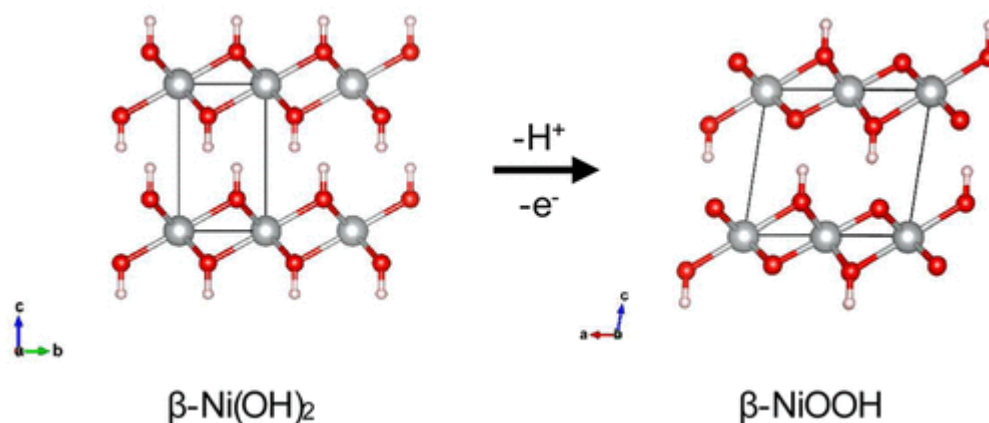
This increasing complexity makes nickel hydroxides both fascinating and challenging. Detailed understanding of structures and properties can be difficult, and choosing the right synthesis method for particular chemical or physical attributes at an appropriate scale can be overwhelming [11]. To help overcome these challenges, this review provides an overview of nickel hydroxide materials and their modern applications, aimed at an interdisciplinary audience that does not require specialized knowledge. It begins by discussing the different nickel hydroxide structures and common structural disorders, followed by a categorization of common synthesis methods with advice on their appropriate use. Finally, the physical properties and analytical characterization of nickel hydroxides are evaluated [9, 12].

## Results and discussion

The structure of nickel hydroxides, especially nickel (II) hydroxide ( $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ), has attracted considerable interest due to its unique properties and applications in a variety of fields including catalysis, energy storage, and environmental remediation. Nickel hydroxides can exist in various polymorphic forms, primarily  $\alpha$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$  and  $\beta$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , each with unique structural characteristics and stability [13, 14].

$\beta$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$  is isostructurally related to brucite ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) and occurs naturally as the mineral theophrastite. This phase is characterized by trigonal symmetry, meaning that the **a** and **b** axes are not orthogonal, forming an angle of  $120^\circ$ . The unit cell parameters for  $\beta$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$  are determined using X-ray and neutron diffraction. The  $\beta$ -phase structure consists of layers of nickel hydroxide that are arranged in a specific manner, giving it unique properties [6, 7].

$\alpha$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$  is a polymorph consisting of layers of  $\beta$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$  intercalated with water molecules. The degree of hydration ( $x$ ) can vary, typically ranging from 0.41 to 0.7. Although the material is initially hydrated, water molecules are often omitted from the formula, resulting in the designation  $\alpha$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$ . The  $\alpha$ -Phase is known for its structural disorganization, which can affect its physical properties [15, 16].



**Figure 1. Structure of  $\alpha$ - and  $\beta$ - forms of nickel hydroxide [17]**

These differences in the structures of the  $\alpha$ - and  $\beta$ -forms of nickel hydroxide determine their stability and characteristics, making them important for applications in various technologies [18].

Both forms of nickel hydroxides,  $\alpha$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$  and  $\beta$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , have unique structural characteristics and behavior, making them important for various applications, especially in the fields of energy storage and catalysts. Structural disorder in nickel hydroxides refers to the various types of irregularities and variations in the crystal structure that can occur in the  $\alpha$  and  $\beta$  phases, and this disorder can significantly affect the properties and behavior of the material [19].

The main aspects of structural disorder include the inclusion of foreign ions, variable hydration, and crystal defects. The presence of impurities or foreign ions can disrupt the regular arrangement of nickel and hydroxyl ions in the crystal lattice. The degree of hydration can vary, leading to differences in the arrangement of water molecules within the structure, affecting the stability and reactivity of the material. Crystalline defects, such as irregularities in the crystalline layer stacking sequence, can lead to broadening of X-ray diffraction peaks and affect the overall crystallinity of the material [20].

X-ray diffraction (XRD) analyses showed that the presence of a structural disorder results in peak widths, indicating inhomogeneities in the crystal structure. Neutron diffraction further confirmed the presence of these crystal defects and revealed the arrangement and distribution of atoms in the different phases (Figure 2). Different notations, such as  $\alpha_{am}$ ,  $\alpha^*$ ,  $\alpha'$ , IS, and  $\beta_{bc}$ , are used to describe the disorder types in nickel hydroxides, which helps identify the parent structure and the disorder types observed. For example, some samples identified as  $\beta_{bc}$  were found to be  $\beta\text{-Ni(OH)}_2$  with a layer stacking disorder [20–22]. These designations help researchers identify the parent structure and characteristic types of disorder that can affect the physical and chemical properties of a material.

The designations have the following meaning:  $\alpha_{am}$  indicates amorphous or partially crystalline forms of  $\alpha\text{-Ni(OH)}_2$ ,  $\alpha^*$  may indicate specific variations in the structure of  $\alpha\text{-Ni(OH)}_2$  that may be related to changes in hydration or impurities,  $\alpha'$  is often used to indicate modifications of  $\alpha\text{-Ni(OH)}_2$  with specific structural changes, IS can indicate intercalated structures where ions or molecules are located between layers, and  $\beta_{bc}$  indicates  $\beta\text{-Ni(OH)}_2$  with disorder in the stacking of the layers, which can affect its electrolytic properties.

For each of these designations, differences in the XRD spectra can be expected. For example, samples identified as  $\beta_{bc}$  may show broader peaks compared to well crystallised  $\beta\text{-Ni(OH)}_2$ , indicating the presence of structural disorder. Variations in the intensity and width of the peaks can be observed in the spectra, which may be due to differences in crystal structure and the presence of defects.

For a more detailed analysis, specific XRD spectra for the samples identified as  $\alpha_{am}$ ,  $\alpha^*$ ,  $\alpha'$ , IS and  $\beta_{bc}$  should be given. This will allow a visual comparison of their characteristics such as peak positions, peak widths and intensities. For example, the spectrum of  $\beta_{bc}$  may show peaks that are wider and less intense compared to pure  $\beta\text{-Ni(OH)}_2$ , indicating the presence of layer stacking disorder.

Thus, a comparative analysis of XRD results for different labelling can provide valuable information on the structural characteristics of nickel hydroxides and their potential applications. For a deeper understanding, it is necessary to perform experimental studies and compare the obtained data with the known characterisation of different forms of  $\text{Ni(OH)}_2$ .

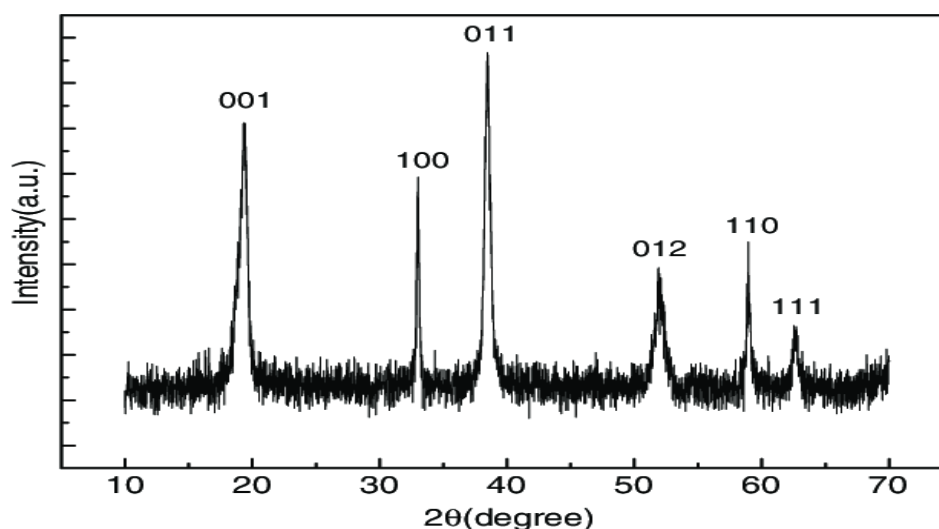
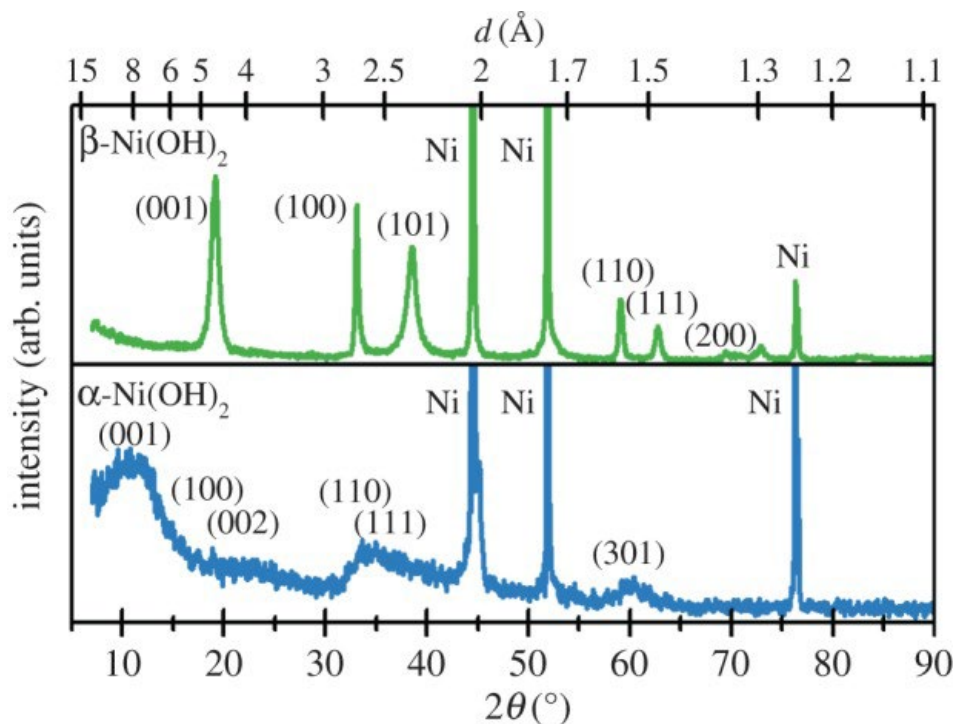


Figure 2. XRD pattern of the as-prepared  $\text{Ni(OH)}_2$  [23]



The peaks in the XRD spectrum correspond to certain planes of the crystal lattice. For  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub>, for example, one can expect peaks corresponding to planes (003), (006), (009) and others, which indicate periodicity in the crystal structure. The width of the peaks may indicate the presence of structural disorder. Wider peaks often indicate less crystal homogeneity and more defects in the crystal lattice. This may be due to mechanical stresses, hydration or the presence of impurities.



**Figure 3. X-ray diffraction patterns of Ni(OH)<sub>2</sub> films on Ni substrates collected using a Cu K<sub>α</sub> X-ray source [24]**

The intensity of the peaks can vary depending on the degree of crystallinity and the presence of different phases in the sample. For example, if both  $\alpha$ - and  $\beta$ -forms of Ni(OH)<sub>2</sub> are present in the sample, this can lead to variations in the intensity of certain peaks. For a more accurate analysis, it is important to compare the peaks obtained with reference data for Ni(OH)<sub>2</sub> to determine which peaks correspond to specific planes and how they change depending on the synthesis conditions.

The presence of structural disorder in nickel hydroxides can lead to significant changes in the physical and chemical properties, including their electrochemical behavior, stability, and reactivity. Understanding and controlling this disorder is key to optimizing the performance of nickel hydroxides in applications such as batteries and catalysts. Overall, structural disorder is an important factor in the study of nickel hydroxides, influencing their synthesis, characterization, and applications in various fields.

These effects have important practical implications. For example, well-crystallized  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> exhibits lower electrochemical activity compared to disorganized  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> materials. However, the relationship between structural disorder and measured properties is not always clear. Replacing nickel sites with cobalt improves the proton conductivity of  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub>, but it is unclear whether this is due to an increase in proton vacancies or to an increase in stacking distortion, which also affects the electrochemical activity of nickel hydroxide electrodes [21, 25–27]. It is therefore important to identify all possible forms of the distortion.



Stacking distortion in nickel hydroxides is a significant structural phenomenon that affects the properties and performance of the material, especially in electrochemical applications such as batteries and supercapacitors. Stacking implies the presence of disturbances in the arrangement of crystalline layers, which can disrupt the ideal stacking sequence of hydroxide layers in the crystal structure [21]. In nickel hydroxides, especially in the  $\beta$ -phase, the structure consists of stacked layers of  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  [28]. Ideally, these layers are arranged in a specific sequence, but stacking distortion can introduce variations such as rotations or displacements of the layers. For example, stacking can occur when a layer rotates around the  $c$ -axis or is displaced in the  $ab$ -plane, resulting in a disordered arrangement. This disorder can be characterized by different stacking motifs that can be visualized by X-ray diffraction (XRD), showing peak broadening due to the loss of long-range order [20, 29].

The presence of stacking defects can significantly affect the physical and chemical properties of nickel hydroxides. For example, they can alter the ionic conductivity and electrochemical performance of the material by changing the pathways available for ion transport. In addition, stacking disruptors can lead to changes in the vibrational modes of the material that can be detected using spectroscopic techniques such as Raman and infrared spectroscopy. These techniques often reveal additional O–H stretching modes associated with the disruptor, providing insight into the structural changes occurring in the material [30, 31].

Stacking distortion can also affect the stability and reactivity of nickel hydroxides. The presence of defects can improve the material's ability to accommodate foreign ions or facilitate the hydration process, which can be beneficial in certain applications. However, excessive stacking distortion can lead to decreased crystallinity and poor electrochemical performance [26, 32, 33]. Overall, stacking distortion is an important aspect of the structural performance of nickel hydroxides. Understanding this distortion is critical to optimizing the design and functionality of nickel hydroxide-based materials, especially in energy storage and conversion applications where structural integrity and electrochemical efficiency are of utmost importance [34–36].

Hydration is a critical aspect that significantly affects the structural and electrochemical properties of nickel hydroxides. Hydrated nickel hydroxides, especially  $\beta$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , play important roles in various applications, especially in energy storage systems such as batteries. The hydrated form of nickel hydroxide can be represented as  $\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_x$ , where  $x$  typically ranges from 0.1 to 0.4, indicating the presence of water molecules loosely bound to the nickel cations [19].

The hydration process affects the interlayer spacing in the crystal structure of nickel hydroxides. When water molecules are incorporated, the interlayer spacing can increase by approximately 0.1 Å. This widening is critical to the electrochemical activity of the material, as it facilitates ion transport during redox reactions. However, the role of stacking disruptors in these measurements is not fully understood, complicating the interpretation of hydration effects [30, 33, 37, 38].

Thermogravimetric analysis (TGA) is a common method used to assess hydration levels in nickel hydroxides [39]. This technique involves measuring the mass of a sample while gradually increasing the temperature. For  $\beta$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , TGA shows that surface water can be removed at relatively low temperatures (around 80–90°C), while embedded water is completely removed at higher temperatures (around 160°C). Water removal through thermal dehydration can result in a 10–14% reduction in the charging capacity of nickel hydroxide battery electrodes, highlighting the importance of hydration in maintaining the performance of these materials.

Thermogravimetric analysis (TGA) can show how the mass of a sample changes with heating. For example, for  $\alpha$ - $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , one would expect to see a loss of water associated with dehydration at around 100–200°C, which would be seen as a sharp decrease in mass. Upon further heating,

e.g., to 300-400°C, the decomposition of nickel hydroxide to form nickel oxide (NiO) may be observed, which would also be reflected in the TGA as an additional mass loss [40].

Nickel hydroxide (Ni(OH)<sub>2</sub>) exists in two polymorphic forms: alpha (α) and beta (β), each with specific properties and reactivity. The alpha form of Ni(OH)<sub>2</sub> is often used as the positive electrode in nickel metal hydride (NiMH) and nickel-cadmium (NiCd) batteries due to its high electrochemical activity resulting from its larger surface area and better conductivity compared to the beta form. Also, α-Ni(OH)<sub>2</sub> serves as a catalyst for the oxidation of organic compounds and can be used in hydrogenation reactions, accelerating the processes due to its layered structure. Another important application of nickel alpha hydroxide is in carbon dioxide absorption, where reaction with CO<sub>2</sub> produces nickel carbonate, which finds application in environmental carbon capture projects.

The beta form Ni(OH)<sub>2</sub> is more stable in alkaline environments and is often used to produce nickel oxide (NiO) when heated, which is then used in catalysis and as a pigment. Although α-Ni(OH)<sub>2</sub> is generally preferred in batteries, β-Ni(OH)<sub>2</sub> can also be used, especially in systems with lower capacity requirements and reversible processes. The beta form demonstrates its reactivity in acidic environments, where it reacts with acids to form nickel salts and water, emphasising its flexibility in chemical processes when the pH changes.

Thus, α-Ni(OH)<sub>2</sub> is more reactive and finds applications in batteries, catalysis and carbon dioxide capture, while β-Ni(OH)<sub>2</sub> is more stable and is used in the production of nickel oxide and other applications requiring reactions in acidic environments [16].

The presence of embedded water can also be detected using vibrational spectroscopic techniques such as X-ray and infrared (IR) spectroscopy. These techniques allow the identification of additional O–H vibrational modes associated with hydration, providing insight into the structural changes that occur during hydration and dehydration [41]. Hydration is thus a key characteristic of nickel hydroxides that affects their structural integrity, electrochemical performance, and overall functionality in various applications, especially in energy storage technologies. Understanding the hydration dynamics is critical to optimize the performance of nickel hydroxide-based materials [42].

Infrared spectroscopy (IR) can be used to identify functional groups in a sample. For example, in the IR spectrum for α-Ni(OH)<sub>2</sub> one can expect to see characteristic absorption bands in the 3200-3600 cm<sup>-1</sup> region, which is associated with O-H bond vibrations, as well as bands in the 500-600 cm<sup>-1</sup> region corresponding to Ni-O vibrations. For β-Ni(OH)<sub>2</sub>, similar bands can be observed, but with differences in intensity and width, which may indicate differences in crystal structure and degree of hydration [43].

Ion exchange and foreign ion incorporation are key processes that significantly affect the structural, electrochemical, and functional properties of nickel hydroxides, especially in applications such as batteries, supercapacitors, and catalysts [42]. These processes involve the replacement of nickel ions in the hydroxide lattice by other cations or the introduction of anions into the interlayer spaces, which results in a variety of structural modifications and increases in material performance.

Ionic substitution involves the replacement of nickel ions (Ni<sup>2+</sup>) in the nickel hydroxide lattice by other cations such as cobalt (Co<sup>2+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>), or aluminum (Al<sup>3+</sup>). This substitution can occur in varying proportions, resulting in materials with the general formula Ni<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub>(OH)<sub>2</sub>, where M represents the replaced metal and x indicates the degree of substitution. The introduction of foreign cations can lead to several beneficial effects [21]. For example, replacing nickel with cobalt improves the electrochemical activity of nickel hydroxides, probably due to increased proton conductivity or increased layer stacking distortion, which facilitates ion transport.

Ion substitution effects are often associated with changes in the crystal structure and lattice parameters. For example, the interplanar spacing (c-axis) can decrease with increasing cobalt

content due to the smaller ionic radius of  $\text{Co}^{2+}$  compared to  $\text{Ni}^{2+}$  [44]. This change can affect the electrochemical properties of the material, such as charge capacity and cycle stability. In addition, the presence of foreign cations can introduce new active sites for redox reactions, which further improves the electrochemical performance of the material [13].

Insertion of foreign ions involves the introduction of anions or other ionic species into the interlayer spaces of nickel hydroxides. This process can significantly change the structural and functional characteristics of the material. Common anions that can be incorporated include nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), and various organic anions [11]. Incorporation of these anions can result in an increase in the interlayer distance, often referred to as the "gallery height", which can facilitate ion transport and improve the electrochemical performance of the material. For example, replacing hydroxide ions with sulfate ions can significantly increase the interlayer distance, which improves ion access to active sites during reactions.

The stability of the incorporated anions is influenced by their size and charge. Larger anions tend to occupy the interlayer spaces more stably, leading to significant structural expansion. For instance, the incorporation of adipate anions can result in an interlayer spacing increase of up to 65% compared to the parent structure. This expansion can enhance the accessibility of the hydroxide layers for ion exchange and improve the overall electrochemical activity [7].

Moreover, ionic substitution and foreign ion incorporation can also affect the thermal stability and mechanical properties of nickel hydroxides. The presence of foreign ions can lead to changes in the bonding characteristics within the lattice, potentially enhancing the material's resistance to thermal degradation. In summary, ionic substitution and foreign ion incorporation are essential processes that modify the structural and functional properties of nickel hydroxides [16]. These modifications can lead to enhanced electrochemical performance, improved stability, and greater versatility in applications. Understanding these processes is crucial for the design and optimization of nickel hydroxide-based materials, particularly in the context of energy storage and conversion technologies, where performance and efficiency are paramount. By tailoring the ionic composition of nickel hydroxides, researchers can develop advanced materials that meet the demands of modern energy applications [16].

Internal mechanical stress can arise from several factors. One significant cause is the incorporation of large polyatomic anions, such as nitrate, into the lattice sites or intercalation spaces of  $\alpha\text{-Ni}(\text{OH})_2$ , which is likely to induce mechanical stress. During the chemical aging process from  $\alpha$ - to  $\beta\text{-Ni}(\text{OH})_2$ , internal stress develops due to the changes in the unit cell  $c$ -parameter (from 8.0 to 4.6 Å), resulting in compressive and tensile forces along the  $c$ -direction in the  $\alpha$ - and  $\beta$ -phases, respectively [6]. Mechanical stress has also been observed in dried nickel hydroxide films, where the shifting of lattice vibrational modes indicates that water removal alters the material's density and induces internal stresses. Furthermore, mechanical stress occurs during the redox cycling of nickel hydroxide electrodes in batteries due to the density differences between nickel hydroxide and nickel oxyhydroxide [21, 25–27].

$\alpha$ -Derivative structures of nickel hydroxide ( $\alpha\text{-Ni}(\text{OH})_2$ ) are modified versions of the original  $\alpha$ -phase. They are characterized by the incorporation of various guest species, such as surfactants or anions, into the interlayer spaces of the nickel hydroxide lattice. While these derivatives maintain the fundamental structure of  $\alpha\text{-Ni}(\text{OH})_2$ , they exhibit altered physical and chemical properties as a result of the presence of these intercalated species [10].

One common type of  $\alpha$ -derivative structure involves surfactant-intercalated  $\alpha\text{-Ni}(\text{OH})_2$ , where surfactant molecules replace interlayer water. This modification results in a hydrophobic interlayer space, which can influence the material's electrochemical behavior and stability [45]. Surfactants such as cetyltrimethylammonium bromide and dodecyl sulfate have been used to create these structures, enhancing their applicability in various fields, including catalysis and energy storage [45–47].

Another important aspect of  $\alpha$ -derivative structures is their potential for enhanced performance in electrochemical applications [48]. The incorporation of different anions or surfactants can improve the conductivity and electrochemical activity of the material, making them suitable for use in batteries, supercapacitors, and sensors [49, 50]. Moreover, the structural diversity of  $\alpha$ -derivative nickel hydroxides allows for the tuning of their properties, such as morphology, porosity, and surface area, which are critical for optimizing their performance in specific applications. Overall,  $\alpha$ -derivative structures represent a significant advancement in the study of nickel hydroxides, offering new avenues for research and development in materials science and electrochemistry [34, 46, 51].

Exfoliated  $\alpha$ -derivatives of nickel hydroxide ( $\alpha$ -Ni(OH)<sub>2</sub>) represent a unique class of materials derived from the parent  $\alpha$ -phase through the separation of its layered structure into individual sheets. This process, known as exfoliation, significantly alters the properties of the material, making it distinct from both  $\alpha$ -Ni(OH)<sub>2</sub> and  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> [9, 52].

The exfoliation of  $\alpha$ -Ni(OH)<sub>2</sub> can be achieved through two primary methods. The first involves intercalating surfactants into the interlayer space, rendering the material organophilic. When an organic solvent is introduced, such as formamide or 1-butanol, the surfactant-stabilized layers can be spontaneously exfoliated, resulting in a colloidal suspension of individual nickel hydroxide sheets [18, 52, 53]. This method enhances the material's surface area and reactivity, making it suitable for various applications, including catalysis and energy storage. The second method utilizes amphoteric molecules, which possess both acidic and basic functional groups. For example, p-aminobenzoic acid can be intercalated into the  $\alpha$ -derivative structure. When the pH of the solution is altered, the molecule transitions to a zwitterionic form, leading to Coulombic repulsion between adjacent layers and driving the exfoliation process [7].

Exfoliated  $\alpha$ -derivatives exhibit unique properties, such as increased electrical conductivity and enhanced electrochemical performance, making them promising candidates for use in batteries, supercapacitors, and other advanced materials applications. Their ability to maintain structural integrity while providing high surface area and reactivity positions exfoliated  $\alpha$ -derivatives as valuable materials in the fields of nanotechnology and energy storage.

## Conclusion

Nickel hydroxides, particularly in their  $\alpha$ -derivative and exfoliated forms, represent a significant area of research due to their versatile properties and wide-ranging applications. The structural modifications achieved through intercalation and exfoliation not only enhance the material's electrochemical performance but also expand its potential uses in energy storage, catalysis, and advanced materials development. The ability to tailor the properties of these derivatives by incorporating various guest species allows for the optimization of their functionality in specific applications. As research continues to explore the synthesis and characterization of nickel hydroxides and their derivatives, the insights gained will likely lead to innovative solutions in technology and materials science. The ongoing advancements in understanding the synthesis methods, structural characteristics, and properties of these materials underscore their importance in addressing contemporary challenges in energy efficiency and sustainable technologies. Overall, the study of nickel hydroxides, particularly the  $\alpha$ -derivatives and their exfoliated forms, holds great promise for future developments in various scientific and industrial fields.

**Acknowledgement:** I would like to extend my deepest gratitude to my colleagues and the administration of the Technical University of Bucharest for their invaluable support in the process of writing this article. The collaborative environment and access to cutting-edge resources at the Department of Chemistry and Materials Science played a critical role in shaping

this research. I am especially thankful to my fellow researchers for their insights, feedback, and encouragement throughout this journey. This achievement is a testament to the spirit of teamwork and innovation that defines our university, and I am truly grateful to be part of such an inspiring academic community. Thank you for making this work possible.

**Funding:** at the expense of the authors.

**Conflict of interest:** There is no conflict of interest.

**The contribution of the authors:** Dr. Mihai Bălan made significant contributions to the development of this article through his extensive expertise in inorganic chemistry and materials science. His innovative approach to catalysis and sustainable technologies provided a solid foundation for the research. Dr. Bălan's meticulous analysis and thoughtful interpretation of experimental data were instrumental in drawing meaningful conclusions.

## References

- 1 Grams J., Ruppert A.M. Development of heterogeneous catalysts for thermo-chemical conversion of lignocellulosic biomass // *Energies*. - 2017. - Vol. 10, № 4. <https://doi.org/10.3390/EN10040545>
- 2 Blanco P.H., Wu C., Williams P.T. Influence of Ni/SiO<sub>2</sub> catalyst preparation methods on hydrogen production from the pyrolysis/reforming of refuse derived fuel // *International Journal of Hydrogen Energy*. - 2014. - Vol. 39, № 11. - P. 5723–5732. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.01.150>
- 3 Chen X., Jiang J., Yan F., Li K., Tian S., Gao Y., Zhou H. Dry Reforming of Model Biogas on a Ni/SiO<sub>2</sub> Catalyst: Overall Performance and Mechanisms of Sulfur Poisoning and Regeneration // *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. - 2017. - Vol. 5, № 11. - P. 10248–10257. <https://doi.org/10.1021/ACSSUSCHEMENG.7B02251>
- 4 Yun Y.H., Kim K., Lee C., An B.S., Kwon J.H., Lee S., Kim M.J., Seo J., Park J.H., Kim B.H., Cho H.S. Electrochemical partial reduction of Ni(OH)<sub>2</sub> to Ni(OH)<sub>2</sub>/Ni via coupled oxidation of an interfacial NiAl intermetallic compound for robust hydrogen evolution // *Journal of Energy Chemistry*. - 2023. - Vol. 82. - P. 560–571. <https://doi.org/10.1016/j.jecchem.2023.03.023>
- 5 Li J., Jing Z., Bai H., Chen Z., Osman A.I., Farghali M., Rooney D.W., Yap P.S. Optimizing hydrogen production by alkaline water decomposition with transition metal-based electrocatalysts // *Environmental Chemistry Letters*. - 2023. - Vol. 21, № 5. - P. 2583–2617. <https://doi.org/10.1007/S10311-023-01616-Z>
- 6 Kanhaiya K., Nathanson M., in 't Veld P.J., Zhu C., Nikiforov I., Tadmor E.B., Choi Y.K., Im W., Mishra R.K., Heinz H. Accurate Force Fields for Atomistic Simulations of Oxides, Hydroxides, and Organic Hybrid Materials up to the Micrometer Scale // *Journal of Chemical Theory and Computation*. - 2023. - Vol. 19, № 22. - P. 8293–8322. <https://doi.org/10.1021/ACS.JCTC.3C00750>
- 7 Kretzmer I., Stuve E.M. Electrochemical Oxide Growth on Nickel and Commercial Nickel Alloys: Influence of Chromium and Molybdenum // *Journal of The Electrochemical Society*. - 2023. - Vol. 170, № 6. - P. 066502. <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ACD7A6>
- 8 Bogomolov K., Ein-Eli Y. Alkaline Ni–Zn Rechargeable Batteries for Sustainable Energy Storage: Battery Components, Deterioration Mechanisms, and Impact of Additives // *ChemSusChem*. - 2024. - Vol. 17, № 1. <https://doi.org/10.1002/CSSC.202300940>
- 9 Kovalenko V., Kotok V. Nickel Hydroxides: Requirements, Targeted Construction and Choice of Characteristics and Industrially Applicable Synthesis for Targeted Use in Electrochemical Devices // *ChemistrySelect*. - 2024. - Vol. 9, № 4. <https://doi.org/10.1002/SLCT.202303302>
- 10 Yang J.Y., Ahn J.G., Ko B., Park T., Hong S.J., Han D.K., Lee D., Li C.A., Song S.H. Green and sustainable bifunctional carbonized wood electrodes decorated with controlled nickel/ $\alpha(\beta)$ -nickel(ii) hydroxide to boost overall water splitting // *Journal of Materials Chemistry A*. - 2023. - Vol. 11, № 48. - P. 26672–26680. <https://doi.org/10.1039/D3TA05519A>
- 11 Yang H., Deng J., Li R., Zhang R., Tang X., Chen Y. Hierarchical  $\alpha$ -Ni(OH)<sub>2</sub> with tunable by interlayer anion exchange for degradation of hydroxypropyl guar gum synergistic H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> // *Sustainable Materials and Technologies*. - 2024. - Vol. 41. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.E01075>
- 12 Shelte A.R., Patil R.D., Karan S., Bhadu G.R., Pratihari S. Nanoscale Ni–NiO–ZnO Heterojunctions for Switchable Dehydrogenation and Hydrogenation through Modulation of Active Sites // *ACS Applied*

- Materials and Interfaces. - 2023. - Vol. 15, № 20. - P. 24329–24345. <https://doi.org/10.1021/ACSAMI.3C00985>
- 13 Sasamura Y., Kojima T., Uekawa N. Preparation of electrochromic nickel hydroxide (II) thin film by drying sol obtained by dialysis of solution with precipitate formed from nickel nitrate aqueous solution with ammonia and sorbitol // Journal of Sol-Gel Science and Technology. - 2023. - Vol. 108, № 3. - P. 588–597. <https://doi.org/10.1007/S10971-023-06244-1>
- 14 Hashemi N., Nandy S., Aleshkevych P., Chae K.H., Najafpour M.M. Reaction between Nickel Hydroxide and Cerium(IV) Ammonium Nitrate in Aqueous Solution // Inorganic Chemistry. - 2023. - Vol. 62, № 30. - P. 12157–12165. <https://doi.org/10.1021/ACS.INORGCHEM.3C01868>
- 15 Ebrahimi S., Rezvani Jalal M., Pishdast M. Synthesis of  $\alpha$ -Ni(OH)<sub>2</sub> nanocrystals using air-plasma electrolysis method and its characterization // Bulletin of Materials Science. - 2024. - Vol. 47, № 3. <https://doi.org/10.1007/S12034-024-03272-7>
- 16 Sanchis-Gual R., Jaramillo-Hernández C., Hunt D., Seijas-Da Silva Á., Mizrahi M., Marini C., Oestreicher V., Abellán G. Influence of Crystallographic Structure and Metal Vacancies on the Oxygen Evolution Reaction Performance of Ni-based Layered Hydroxides // Chemistry - A European Journal. - 2024. - Vol. 30, № 5. <https://doi.org/10.1002/CHEM.202303146>
- 17 Tkalych A.J., Yu K., Carter E.A. Structural and Electronic Features of  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> and  $\beta$ -NiOOH from First Principles // The Journal of Physical Chemistry C. - 2015. - Vol. 119, № 43. - P. 24315–24322. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.5b08481>
- 18 Lee M., Jang Y., Yoon G., Lee S., Ryu G.H. Synthesis and electrochemical evaluation of nickel hydroxide nanosheets with phase transition to nickel oxide // RSC Advances. - 2024. - Vol. 14, № 15. - P. 10172–10181. <https://doi.org/10.1039/D4RA01120A>
- 19 Yi X., Celorrio V., Zhang H., Robertson N., Kirk C.  $\alpha/\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> phase control by F-ion incorporation to optimise hybrid supercapacitor performance // Journal of Materials Chemistry A. - 2023. - Vol. 11, № 41. - P. 22275–22287. <https://doi.org/10.1039/D3TA04731H>
- 20 Luis-Sunga M., González-Orive A., Calderón J.C., Gamba I., Ródenas A., de Los Arcos T., Hernández-Creus A., Grundmeier G., Pastor E., García G. Nickel-Induced Reduced Graphene Oxide Nanoribbon Formation on Highly Ordered Pyrolytic Graphite for Electronic and Magnetic Applications // ACS Applied Nano Materials. - 2024. - Vol. 7, № 10. - P. 11088–11096. <https://doi.org/10.1021/ACSANM.3C05949>
- 21 Ulu I., Ulgut B., Dag Ö. Fabrication of mesoporous nickel pyrophosphate electrodes and their transformation to nickel hydroxide with decent capacitance in alkaline media // Journal of Materials Chemistry A. - 2023. - Vol. 11, № 41. - P. 22384–22395. <https://doi.org/10.1039/D3TA05578G>
- 22 Bassil S., Caillot T., Cadete Santos Aires F.J., Meunier F.C., Kaddouri A. Methane steam reforming over Ni/YSZ cermet anode materials synthesized by different methods // Reaction Chemistry and Engineering. - 2024. - Vol. 9, № 5. - P. 1251–1260. <https://doi.org/10.1039/D3RE00679D>
- 23 Wang D., Xu R., Wang X., Li Y. NiO nanorings and their unexpected catalytic property for CO oxidation // Nanotechnology. - 2006. - Vol. 17, № 4. - P. 979–983. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/17/4/023>
- 24 Hall D.S., Lockwood D.J., Bock C., MacDougall B.R. Nickel hydroxides and related materials: a review of their structures, synthesis and properties // Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. - 2015. - Vol. 471, № 2174. <https://doi.org/10.1098/RSPA.2014.0792>
- 25 Kimmel S.W., DeBlock R.H., Manley J.A., Silguero C.M., Rolison D.R., Rhodes C.P. The role of cathode architecture and anion interactions on the performance of Al-substituted  $\alpha$ -Ni(OH)<sub>2</sub> in rechargeable Ni–Zn cells // Materials Today Energy. - 2024. - Vol. 44. <https://doi.org/10.1016/J.MTENER.2024.101609>
- 26 Govindarajan D., Etesami M., Nootong K., Kirubaharan K., Murugadoos G., Theerthagiri J., Choi M.Y., Kheawhom S. Nano-tablets and rods-shaped Fe and Ni oxide/hydroxide encapsulated graphene for asymmetric supercapacitor and OER applications // Journal of Energy Storage. - 2023. - Vol. 74. <https://doi.org/10.1016/J.EST.2023.109435>
- 27 Chu Q., Su Y., Xu Q., Wang X., Zhou Y., Liu X. Anisotropic strain induced fracture of Ni(OH)<sub>2</sub> nanosheet electrodes for supercapacitors through a charge-ordered mixed-valent intermediate // Materials Science and Engineering: B. - 2023. - Vol. 296. <https://doi.org/10.1016/J.MSEB.2023.116671>
- 28 Zhang X., Liu Y., Noréus D. Phosphide-Enhanced Hierarchical NiMoO<sub>4</sub> Composite in Binder-Free



- Ni-Electrodes for High-Capacity Aqueous Rechargeable NiZn Batteries // ACS Applied Energy Materials. - 2024. - Vol. 7, № 2. - P. 517–527. <https://doi.org/10.1021/ACSAEM.3C02450>
- 29 Debnath A., Bera S., Mahapatra G., Kapuria A., Saha S.K. Giant enhancement of coercivity in  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> decorated Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene nanosheets // Journal of Physics D: Applied Physics. - 2024. - Vol. 57, № 35. <https://doi.org/10.1088/1361-6463/AD518A>
- 30 Naduvil Kovilakath M.S., Alex C., Rao N.N., Bagchi D., Tayal A., Peter S.C., John N.S. Unfolding the Significance of Regenerative Active Species in Nickel Hydroxide-Based Systems for Sustained Urea Electro-Oxidation // Chemistry of Materials. - 2024. - Vol. 36, № 11. - P. 5343–5355. <https://doi.org/10.1021/ACS.CHEMMATER.3C03062>
- 31 Chen J., Shen Y. Effects of Manganese Doping into Nickel Hydroxides for the Electrochemical Conversion of KA Oil // ACS Sustainable Chemistry and Engineering. - 2024. - Vol. 12, № 15. - P. 5907–5916. <https://doi.org/10.1021/ACSSUSCHEMENG.3C08543>
- 32 Loiacono A., Díaz-Coello S., García G., Lacconi G.I., Luis Rodriguez J., Pastor E., Franceschini E.A. Nickel-based composites using tungsten carbides as enhancers for electroactivity for the hydrogen evolution reaction // Journal of Electroanalytical Chemistry. - 2024. - Vol. 952. <https://doi.org/10.1016/J.JELECHEM.2023.117973>
- 33 Watson N.I., Keegan M., van den Bosch B., Yan N., Rothenberg G. The Influence of Metal Impurities on NiOOH Electrocatalytic Activity in the Oxygen Evolution Reaction // ChemElectroChem. - 2024. - Vol. 11, № 13. <https://doi.org/10.1002/CELC.202400223>
- 34 Streichhan N., Goonetilleke D., Li H., Soleymanibrojeni M., Hoffrogge P.W., Schneider D., Nestler B., Wenzel W. Surface energies control the anisotropic growth of  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> nanoparticles in stirred reactors // Surfaces and Interfaces. - 2024. - Vol. 51. <https://doi.org/10.1016/J.SURFIN.2024.104736>
- 35 Gui Z., Jia Y., Liao X., Yan T., Gao B., Zhang W., Chen L., Gao Q., Zhang Y., Tang Y. Redox regulation of Ni hydroxides with controllable phase composition towards biomass-derived polyol electro-refinery // Chemical Science. - 2024. - Vol. 15, № 21. - P. 8145–8155. <https://doi.org/10.1039/D4SC01221F>
- 36 Abdelrahim A.M., Abd El-Moghny M.G., El-Deab M.S. Interface construction of Ni(OH)<sub>2</sub>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> heterostructure decorating in-situ defected graphite felt for enhanced overall water splitting // International Journal of Hydrogen Energy. - 2024. - Vol. 81. - P. 173–186. <https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2024.07.266>
- 37 Hajilo M., Taherinia D. Electrodeposited CoNi-LDH nanosheets supported on halloysite nanotubes as a robust and highly efficient electrocatalyst for water oxidation // New Journal of Chemistry. - 2024. - Vol. 48, № 15. - P. 6997–7006. <https://doi.org/10.1039/D3NJ05370A>
- 38 Marquez R.A., Kalokowski E., Espinosa M., Bender J.T., Son Y.J., Kawashima K., Chukwunke C.E., Smith L.A., Celio H., Dolocan A., Zhan X., Miller N., Milliron D.J., Resasco J., Mullins C.B. Transition metal incorporation: electrochemical, structure, and chemical composition effects on nickel oxyhydroxide oxygen-evolution electrocatalysts // Energy and Environmental Science. - 2024. - Vol. 17, № 5. - P. 2028–2045. <https://doi.org/10.1039/D3EE03617K>
- 39 Gao N., Sipra A.T., Quan C. Thermogravimetric analysis and pyrolysis product characterization of municipal solid waste using sludge fly ash as additive // Fuel. - 2020. - Vol. 281. - P. 118572. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2020.118572>
- 40 Ziminska M., Wilson J.J., McErlean E., Dunne N., McCarthy H.O. Synthesis and Evaluation of a Thermoresponsive Degradable Chitosan-Grafted PNIPAAm Hydrogel as a “Smart” Gene Delivery System // Materials. - 2020. - Vol. 13, № 11. - P. 2530. <https://doi.org/10.3390/ma13112530>
- 41 Manso R.H., Hong J., Wang W., Acharya P., Hoffman A.S., Tong X., Wang F., Greenlee L.F., Zhu Y., Bare S.R., Chen J. Revealing Structural Evolution of Nickel Phosphide-Iron Oxide Core-Shell Nanocatalysts in Alkaline Medium for the Oxygen Evolution Reaction // Chemistry of Materials. - 2024. - Vol. 36, № 13. - P. 6440–6453. <https://doi.org/10.1021/ACS.CHEMMATER.4C00379>
- 42 Fujita S., Baranton S., Coutanceau C., Jerkiewicz G. Design, Synthesis, and Characterization of Carbon-Supported  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> Nanosheets for Miniaturized Nickel–Metal Hydride Batteries // Energy Technology. - 2024. - Vol. 12, № 4. <https://doi.org/10.1002/ENTE.202301268>
- 43 Kanaujia P.K., Sharma Y.K., Garg M.O., Tripathi D., Singh R. Review of analytical strategies in the production and upgrading of bio-oils derived from lignocellulosic biomass // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. - 2014. - Vol. 105. - P. 55–74. <https://doi.org/10.1016/J.JAAP.2013.10.004>
- 44 Rea A.J.G., Pauls A.L., Taylor A.K., Gates B.D. Enhancing the Performance of Nickel Electrocatalysts for the Oxygen Evolution Reaction Using Arrays of Self-Cleaning Linear Ridges // ACS

Applied Energy Materials. - 2024. - Vol. 7, № 8. - P. 3187–3200.  
<https://doi.org/10.1021/ACSAEM.3C03187>

45 Mitchell J.B., Chagnot M., Augustyn V. Hydrous Transition Metal Oxides for Electrochemical Energy and Environmental Applications // Annual Review of Materials Research. - 2023. - Vol. 53. - P. 1–23. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-MATSCI-080819-124955>

46 Abe K., Kubota T., Jian Z. Conduction-type conversion in Ni(OH)<sub>2</sub> by intercalation of eosin Y // MRS Advances. - 2024. <https://doi.org/10.1557/S43580-024-00881-6>

47 Mavrič A., Valant M. In Situ Techniques for Characterization of Layered Double Hydroxide-Based Oxygen Evolution Catalysts // Inorganics. - 2023. - Vol. 11, № 7. <https://doi.org/10.3390/INORGANICS11070296>

48 Zheng D.J., Görlin M., McCormack K., Kim J., Peng J., Xu H., Ma X., LeBeau J.M., Fischer R.A., Román-Leshkov Y., Shao-Horn Y. Linker-Dependent Stability of Metal-Hydroxide Organic Frameworks for Oxygen Evolution // Chemistry of Materials. - 2023. - Vol. 35, № 13. - P. 5017–5031. <https://doi.org/10.1021/ACS.CHEMMATER.3C00316>

49 Boicea V.A. Energy storage technologies: The past and the present // Proceedings of the IEEE. - 2014. - Vol. 102, № 11. - P. 1777–1794. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2014.2359545>

50 Chawla A., Sudhaik A., Sonu, Kumar R., Raizada P., Khan A.A.P., Ahamad T., Nguyen V.H., Selvasembian R., Kaushik A., Singh P. Recent advances in synthesis methods and surface structure manipulating strategies of copper selenide (CuSe) nanoparticles for photocatalytic environmental and energy applications // J. Environ. Chem. Eng. - 2024. - Vol. 12, № 4. - P. 113125. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.113125>

51 Xu K., Wang L., Ge C., Wang L., Wang B., Wang Z., Zhang C., Liu G. Surface Deposition of Ni(OH)<sub>2</sub> and Lattice Distortion Induce the Electrochromic Performance Decay of NiO Films in Alkaline Electrolyte // Energy and Environmental Materials. - 2024. - Vol. 7, № 3. <https://doi.org/10.1002/EEM2.12652>

52 Wang J., Hong Y., Pan Y., Zhu J., Xu X., Choi W.M., Yang J. Ni-foam supported Ni(OH)<sub>2</sub> sheets decorated by MXene quantum dots for high performance supercapacitors // Materials Chemistry and Physics. - 2024. - Vol. 312. <https://doi.org/10.1016/j.MATCHEMPHYS.2023.128634>

53 Gao H., Xue C., Hu G., Zhu K. Production of graphene quantum dots by ultrasound-assisted exfoliation in supercritical CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O medium // Ultrason. Sonochem. - 2017. - Vol. 37. - P. 120. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.01.001>

### М. Балан

*Бухарест техникалық университетінің химия және материалтану кафедрасы, Бухарест, Румыния*

### Никель гидроксидіндегі жетістіктер: құрылымдар және заманауи қолданбалар (шолу)

**Аңдатпа.** Бұл шолу мақаласында соңғы бірнеше онжылдықта никель гидроксиді бойынша жүргізілген зерттеулерге шолу жасалады, бұл физикада да, химияда да маңызды инженерлік қолданбалы, әсіресе батареяларда маңызды материал. Ол екі белгілі полиморфтардың, α-Ni(OH)<sub>2</sub> және β-Ni(OH)<sub>2</sub> құрылымдарын сипаттаудан басталады. Мақалада сонымен қатар никель гидроксидінде жиі кездесетін гидратация, қабаттасу ақаулары, механикалық кернеулер және иондық қоспалардың қосылуы сияқты әртүрлі бұзылулар зерттеледі. Байланысты материалдар, соның ішінде интеркалирленген α-туындылары мен негізгі никель тұздары да талқыланады. Шолу никель гидроксидін синтездеудің химиялық және электрохимиялық тұндыру, золь-гель синтезі, химиялық қартаю, гидротермиялық және солвотермиялық синтез, электрохимиялық тотығу, микротолқын көмегімен синтездеу және сонохимиялық әдістер сияқты бірнеше әдістерін жинақтайды. Соңында никель гидроксидінің белгілі физикалық қасиеттері - магниттік, дірілдік, оптикалық, электрлік және механикалық - зерттеледі. Қорытынды бөлім осы материалдардың әлеуетті құнды қасиеттерінің қысқаша мазмұнын және никель гидроксиді негізіндегі белгісіз үлгілерді анықтау және сипаттау әдістерін ұсынады.

**Түйін сөздер:** никель гидроксиді, аккумуляторлық технологиялар, электрокатализ, фотокатализ, наноқұрылымдар, суперконденсаторлар, электрохимиялық датчиктер,



құрылымдық бұзылулар, синтез әдістері, микротолқынды синтез, сонохимия, электрохромдық құрылғылар.

**М. Балан**

*Кафедра химии и материаловедения, Технический университет Бухареста, Бухарест, Румыния*

### **Достижения в области гидроксида никеля: структуры и современные применения (обзор)**

**Аннотация:** В этой обзорной статье представлен обзор исследований, проведенных за последние несколько десятилетий по гидроксиду никеля, важнейшему материалу как в физике, так и в химии с заметными инженерными приложениями, особенно в аккумуляторах. Она начинается с описания структур двух известных полиморфов,  $\alpha$ -Ni(OH)<sub>2</sub> и  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub>. В статье также рассматриваются различные типы беспорядка, обычно встречающиеся в гидроксиде никеля, такие как гидратация, дефекты упаковки, механические напряжения и включение ионных примесей. Также обсуждаются связанные материалы, включая интеркалированные  $\alpha$ -производные и основные соли никеля. Далее в обзоре обобщаются несколько методов синтеза гидроксида никеля, таких как химическое и электрохимическое осаждение, золь-гель синтез, химическое старение, гидротермальный и сольвотермальный синтез, электрохимическое окисление, синтез с использованием микроволн и сонохимические методы. Наконец, рассматриваются известные физические свойства гидроксида никеля — магнитные, вибрационные, оптические, электрические и механические. В заключительном разделе представлено краткое изложение потенциально ценных свойств этих материалов и методов идентификации и характеристики неизвестных образцов на основе гидроксида никеля.

**Ключевые слова:** Гидроксид никеля, Аккумуляторные технологии, Электрокатализ, Фотокатализ, Наноструктуры, Суперконденсаторы, Электрохимические датчики, Структурный беспорядок, Методы синтеза, Синтез с использованием микроволнового излучения, Сонохимия, Электрохромные устройства.

#### **Information about the authors:**

**Bălan Mihai** – corresponding author, PhD in chemistry, Associate Professor of Technical University of Bucharest, Department of Chemistry and Materials Science, Politehnicii Street 1-3, Block G, 4th Floor, Office 412, 060042, Bucharest, Romania

**Балан Михай** – хат-хабар авторы, химия ғылымдарының кандидаты, Бухарест техникалық университеті, химия және материалтану факультетінің доценті, ст. Политехници 1-3, G блогы, 4 қабат, кеңсе 412, 060042, Бухарест, Румыния



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



ХҒТАР 31.17.15  
Ғылыми мақала

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-38-53>

## Фосфогипс және Қаратау фосфоритін механохимиялық активтеу арқылы тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алу

Б.Д. Балгышева<sup>1\*</sup> , Г.А.Боранбаева<sup>2</sup> , Г.М. Баймаханова<sup>3</sup> ,

С.Б. Ерубай<sup>4</sup> , М.М. Ақтоты<sup>5</sup> , С.Қ. Ақторғын<sup>6</sup> 

<sup>1,4,5,6</sup> ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> С.Д.Асфендияров атындағы Қазақ медициналық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup> Ө. Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

(E-mail: <sup>1</sup>beikut2013@mail.ru, <sup>2</sup>gulsaya.b@mail.ru, <sup>3</sup>baimahan-gukanai@mail.ru,  
<sup>4</sup>Sayazhan.erubay.18@gmail.com, <sup>5</sup>aktoty.manatbek2020@mail.ru,  
<sup>6</sup>aktorgynsauyr@gmail.com)

**Аңдатпа.** Қаратау бассейнінің фосфат кен орындарын ұзақ уақыт пайдалану  $P_2O_5$  құрамындағы бай кендердің қорларының сарқылуына алып келді. Сондықтан фосфориттердің құрамын реагенттер қатысында байыту әдістерін қолданып қажетті материалдар алу өзекті мәселе болып табылады.

Жұмыстың мақсаты - фосфогипс пен Қаратау фосфориті қоспасын қышқылдық тұз негізінде механохимиялық активтендіру көмегімен тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алу.

Фосфат шикізатын механикалық белсендіріп қажетті өнім алудың ғылыми және практикалық маңызы зор. Сондықтан фосфогипс пен Қаратау фосфориті және қышқылдық тұз ( $Na_2SO_4$ ) қатысында механохимиялық активтеу арқылы тыңайтқыштық қасиеті бар өнімдер алу кезіндегі өзгеру заңдылықтарын зерттеудің маңызы зор өзекті мәселе болып табылады.

Фосфогипс пен Қаратау фосфориті қоспасы қышқылдық тұзбен әртүрлі шарлар өлшемдерімен және шар мен қоспаның (фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз) 10:1 массалық қатынастарында түрлендірілді.

Қышқылдық тұз ( $NaHSO_4$ ) және Қаратау фосфориті қатысында модификацияланған фосфогипстің фазалық құрамын анықтау және алынған өнімді идентификациялау үшін физика-химиялық, химиялық, талдау әдістері, сканерлеуші электронды микроскоп (СЭМ), энергодисперсті анализ (ЭДС) қолданылды.

Фосфогипс-Қаратау фосфориті- $NaHSO_4$  (3:6:1) жүйесінен механохимиялық активтеу (МХА) арқылы алынған тыңайтқыштық

\*автор-корреспондент

қасиеті бар өнім алуда планетарлы диірменде 20 минут өңдеу оңтайлы жағдай екені анықталды:  $P_2O_5$  жалпы=55%,  $P_2O_5$  лим.қышқ., =44%,  $P_2O_5$ цит.ер.,=82%.

Рентгенфазалық талдау бойынша реакция өнімі ретінде кремний диоксиді, натрий-кальций гидроксофосфатты карбонат, екі молекулалы суы бар кальций гидрофосфаты және үш молекулалы суы бар натрий-кальций сульфаты және екі молекулалы суы бар кальций гидрофосфат ( $CaPO_3(OH) \cdot 2H_2O$ ) тыңайтқышы түзілгені көрсетілді.

Энергия-дисперсиялық спектроскопиялық талдау нәтижесінде элементтік фосфордың мөлшері 4,97%, оттегінің мөлшері 46,87% екені анықталды. Яғни, қоршаған ортада алынған өнім біршама өзгерістерге ұшырайды.

**Түйін сөздер:** фосфогипс, фосфорит, қышқылдық тұздар, механохимиялық өңдеу, тыңайтқыш, планетарлы диірмен.

Түсті: 30.04.2024. Мақұлданды: 08.08.2024. Онлайн қолжетімді: 30.09.2024

## Кіріспе

Ресурстардың саны мен әртүрлілігі бойынша Қазақстанның минералдық-шикізат кешені әлемдегі жетекші орындардың бірін алады және Қазақстан экономикасын дамытуға инвестициялар тартудың маңызды бағыттарының бірі болып қала береді. Алайда, пайдалы қазбаларды өндіру және байыту қоршаған ортаға зиянды техногендік жүктемені арттыратын қалдықтардың үлкен көлемінің пайда болуымен қатар жүреді, оның ішінде оларды сақтауға бөлінген жер учаскелері де бар. Әдетте, бос және сыйымды жыныстардан тұратын бұл қалдықтар жойылмайды және құрылыс материалдары үшін аз мөлшерде ғана қайта өңделеді. Сондықтан оларды технологиялық және экологиялық тұрғыдан өнеркәсіптік қайта бөлуге тарту мәселесі маңызды өзекті міндет болып қала береді.

Мұндай қалдықтарды өңдеудің перспективалы бағыттарының бірі оларды микротыңайтқыштар өндіру үшін шикізат компоненті ретінде пайдалану болып табылады.

Көпжылдық қарқынды пайдалану жағдайында ауылшаруашылық жерлерінің топырағы әбден сарқылған және азоттың, фосфордың және калийдің негізгі қоректік компоненттерін ғана емес, сонымен қатар магний, марганец, бор, мырыш және басқа да микроэлементтерді өтеу арқылы өсімдіктерге қолжетімді түрде қоректік заттарды енгізуді және қоректік режимді оңтайландыруды қажет етеді. Оларды топыраққа күрделі немесе микротыңайтқыштар түрінде енгізу арқылы қол жеткізіледі. Бұл жағдайда қоректік заттардың жетіспеушілігін өтей алатын, бірақ жер жамылғысының айтарлықтай өзгеруіне әкелмейтін тыңайтқыштар қажет [1]. Бұл салада отандастармен бірге шет елдерде көптеген ғылыми жұмыстар жүргізілуде [2-26].

Қаратау бассейнінің фосфат кен орындарын ұзақ уақыт пайдалану  $P_2O_5$  құрамындағы бай кендердің қорларының сарқылуына алып келді. Фосфориттердің күрделі құрамы және фосфат минералдары мен негізгі жыныстардың жақын физика-химиялық қасиеттері белгілі байыту әдістерін қолдануға және қажетті сападағы концентраттарды алуға мүмкіндік бермейді. Бұл өз кезегінде дәстүрлі фосфор тыңайтқыштарының

сапасының төмендеуіне және қалдықтардың едәуір мөлшерінің пайда болуына әкеледі.

Бұл жағдайда реагентсіз өңдеу әдістері, атап айтқанда, фосфат шикізатын механикалық белсендіру белгілі бір ғылыми және практикалық қызығушылыққа ие болады. Бұл ретте механикалық-химиялық өңдеуді іске асырудың екі жолы бар. Бірінші жол немесе құрғақ әдіс – табиғи фосфориттердің реакциясыз механикалық активтенуі (МХА), фосфатты заттың топырақ ерітінділерінде оңай еритін өсімдіктер сіңіретін формаларға ауысуы [1; 22-24].

Екінші жол немесе дымқыл әдіс – сұйық күйдегі реагент қоспалары бар фосфат кенін механохимиялық өңдеу. Сонымен қатар, қатты заттардың механохимиялық активтенуі олардың құрылымының өзгеруімен, фазалық өзгерістермен және компоненттердің мүмкін болатын химиялық өзгерістерімен бірге жүретіндіктен, мүк өнімдерінде сіңімді фосфат формаларының ғана емес, сонымен қатар өсімдіктердің өсуіне және метаболизм процестеріне әсер ететін өсімдіктерге қол жетімді әртүрлі микроэлементтердің пайда болуын болжауға болады [19-21].

Осы айтылғандарға байланысты, фосфогипс пен Қаратау фосфориті және қышқылдық тұз ( $\text{NaSO}_4$ ) қатысында механохимиялық активтеу арқылы тыңайтқыштық қасиеті бар өнімдер алу кезіндегі өзгеру заңдылықтарын зерттеу өзекті мәселе болып табылады.

Жұмыстың мақсаты - Фосфогипс пен Қаратау фосфориті қоспасын қышқылдық тұз негізінде механохимиялық активтендіру көмегімен тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алу.

### Материалдар мен әдістер

Жұмыстың зерттеу нысаны ретінде Тараз қаласындағы “Қазфосфат” ЖШС-нан алынған фосфогипс, Қаратау фосфориті және модификатор ретінде анализ үшін таза (а.ү.т.) маркалы натрий гидросульфаты ( $\text{NaHSO}_4$ ) пайдаланылды.

Фосфогипс пен Қаратау фосфоритінің химиялық құрамы мен минералогиялық құрамы 1,2-кестелерде келтірілді.

Фосфогипсте ұсақ кристалдар түрінде кем дегенде 80% гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  немесе  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) және оның пайдалы компоненттері болып табылатын суда еритін фосфор оксидінің ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 1-2% бар.

### Кесте 1. «Қазфосфат» ЖШС-нан алынып қолданылған фосфогипстің химиялық құрамы (%)

Химиялық құрамы	CaO	MgO	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
Мөлшері, масс. %	29	40	5	2	1	3	20

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [1, 24]

## Кесте 2. Қолданылған Қаратау фосфоритінің химиялық және минералогиялық құрамы (%)

Қаратау фосфоритінің химиялық құрамы, %						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	ылғал
24,7	37,6	0,58	2,06	0,3	2,38	0,1
Pb	Cd	As	K	Na	CO <sub>2</sub>	
0,001	жоқ	0,0012	0,91	0,45	4,38	
Қаратау фосфоритінің минералогиялық құрамы, %						
12% кварц, 77,3% фторапатит, 2% доломит, 3% кальцит, 2% биотит						

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [1, 24]

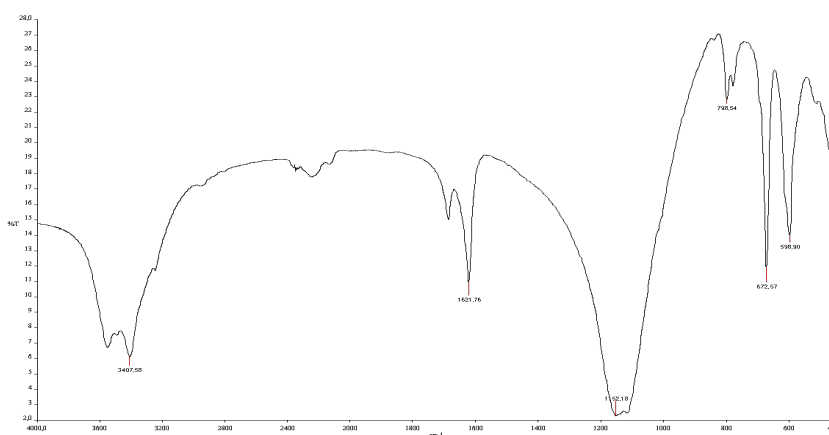
Фосфогипс, Қаратау фосфориті және натрий гидросульфатының (NaHSO<sub>4</sub>) механохимиялық активтенуі планетарлы шарлы диірмен SQM-1L маркалы қондырғысында жүргізілді. Шар массасының өңделетін материал массасына қатынасы: 10:1. Минутына айналым саны: 380 айн/мин, шар материалы болаттан жасалған. Планетарлы шарлы диірмен SQM-1L маркалы қондырғысында бірнеше нанометрге дейінгі бөлшектер мөлшері бар ұнтақтарды алуға болады.

Қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) Қаратау фосфориті қатысында модификацияланған фосфогипстің фазалық құрамын анықтау және алынған өнімді идентификациялау үшін рентгенфазалық талдау (РФА), сканерлеуші электронды микроскоп (СЭМ), энергодисперсті талдау (ЭДС) әдістері қолданылды. Химиялық талдау әдебиетте [21] белгілі әдіспен іс жүзіне асырылды.

Рентген-фазалық талдау “MiniFlex 600” қондырғысында жүргізілді. СЭМ әдісі Япония елінде жасалған “Jeol JSM-6490 LA” маркалы қондырғысында жүргізілді.

### Нәтижелер мен талқылау

Бастапқы жай фосфогипс ИҚ спектроскопиясы Spectron-M80 қондырғысында KBr таблеткасымен 450-4000 см<sup>-1</sup> аралығында жасалды (Сурет 1). Үлгілердің идентификациясы әдебиеттердегі деректермен 3-кестеде салыстырылды.



Сурет 1. Бастапқы фосфогипстің ИҚ спектрі

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [27]

## Кесте 3. Үлгілердің идентификациясы әдебиеттердегі деректермен және ИҚ спектроскопиясынан шыққан фосфогипстің салыстырмалы мәндері

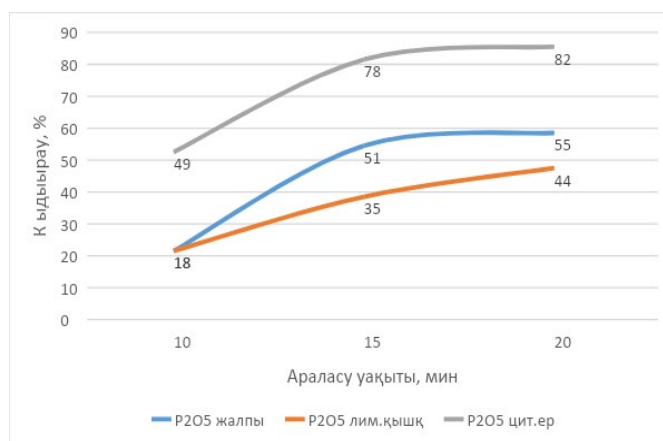
Тербеліс жиіліктері	$\nu$ , см <sup>-1</sup>	Жұтылу жолақтары
Әдеби мәндер [27]	Тәжірибелік мәндер	
3415	3407,58	$\nu(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})$
1630	1621,76	$\nu(\text{POH})$
1130-1190	1152,18	$\nu_{\text{as}}(\text{PO}_2)$
700-900	798,54	$\gamma(\text{POH})$
510-670	672,57	$\delta_{\text{as}}(\text{PO}_4)$
510-670	598,90	$\delta_{\text{as}}(\text{PO}_4)$

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [27]

Тараз қаласындағы “Қазфосфат” ЖШС-нан алынған фосфогипсте 3407,58 см<sup>-1</sup> болатын тербеліс жиіліктері құрамында судың бар екенін көрсетеді. 1621,76; 1152,18; 798,54; 672,57; 598,90 см<sup>-1</sup> тербеліс жиіліктері фосфат иондарының тербеліс жиіліктеріне сәйкес.

Зерттеу барысында фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) 3:6:1 қатынаста болатын қоспа үлгісі өлшеніп алынды. Диірменнің барабанына қоспа үлгілері мен болат шарлардың массалық қатынастары, сәйкесінше 1:10 болатындай өлшеніп салынды ( $m_{\text{қоспа}}=10$  г,  $m_{\text{шар}}=100$  г). Қоспа үлгілері 10, 15, 20 минут уақыт аралығында механохимиялық активтеу жүргізілді.

Механохимиялық активтеуден кейін алынған үлгілерге химиялық (Сурет 2 Кесте 4) талдау жүргізілді.



**Сурет 2. Фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) 3:6:1 қатынасы жүйесінің ыдырау коэффициентінің графигі (4-кесте)**

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған (4-кесте)

Фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) 3:6:1 қатынасындағы тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алудың қолайлы жағдайлары анықталды (20 минут).

**Кесте 4. Фосфогипс:Қаратау фосфориті:қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) 3:6:1 қатынасы жүйесінен МХА арқылы алынған өнімдердің химиялық сипаттамалары**

Жүйе	Массалық үлестері	Араласу уақыты, мин	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> жалпы, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> лим.қышқ., %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> цит.ер., %
Фосфогипс:Қаратау фосфориті:қышқылдық тұз (NaHSO <sub>4</sub> )	3:6:1	10	18	18	49
		15	51	35	78
		20	55	44	82

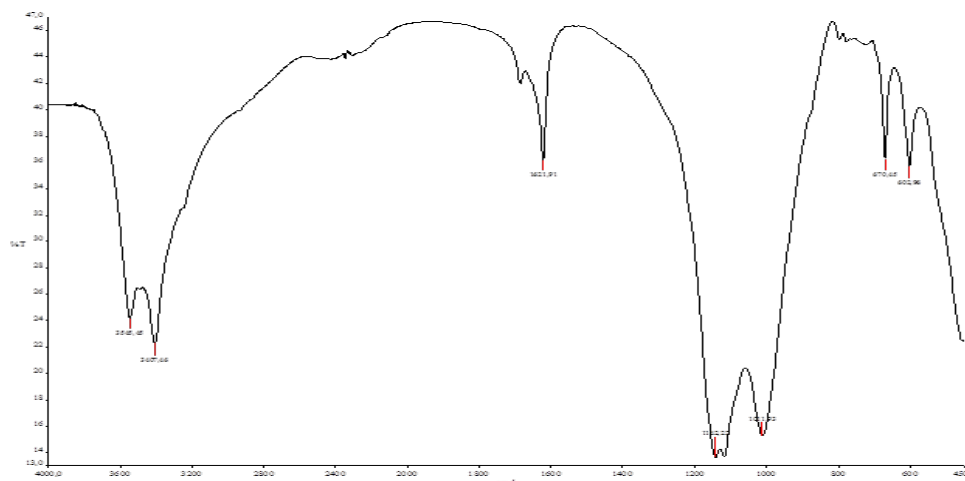
Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [24]

Фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) 3:6:1 қатынасы жүйесіндегі P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ыдырау мөлшері P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>жалпы=55%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>лим.қышқ.,=44%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>цит.ер.,=82% (20 мин.) (Сурет 2).

**Кесте 5. МХА өнделген фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) (3:6:1) (20 мин) жүйесінің ИҚ спектрінің жұтылу жолақтары**

Тербеліс жиіліктері	ν, см <sup>-1</sup>	Жұтылу жолақтары
Әдеби мәндер [27; 29]	Тәжірибелік мәндер	
3415	3507,07-3207,65	ν(OH)(H <sub>2</sub> O)
1630	1621,21	δ(POH)
1130-1190	1161,22	ν <sub>s</sub> (SiO-O-Si)
1030-1090	1011,92	ν <sub>s</sub> (PO <sub>2</sub> )
510-670	670,45	δ <sub>as</sub> (PO <sub>4</sub> )
510-670	602,96	δ <sub>as</sub> (PO <sub>4</sub> )

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [27, 29]



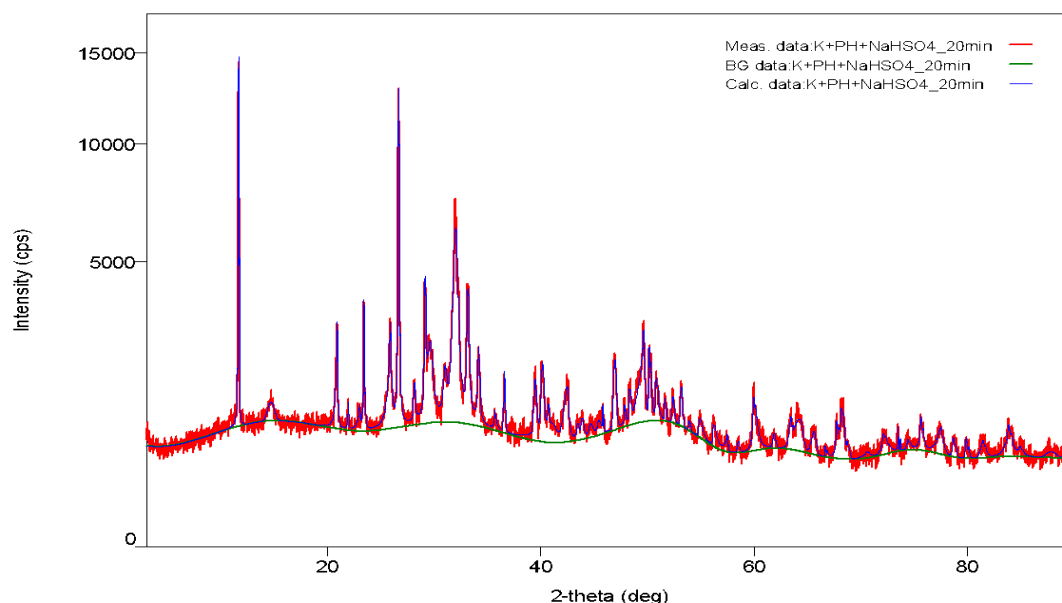
**Сурет 3. МХА өнделген фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) (3:6:1) (20 мин) жүйесінің ИҚ спектрі**

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [27]

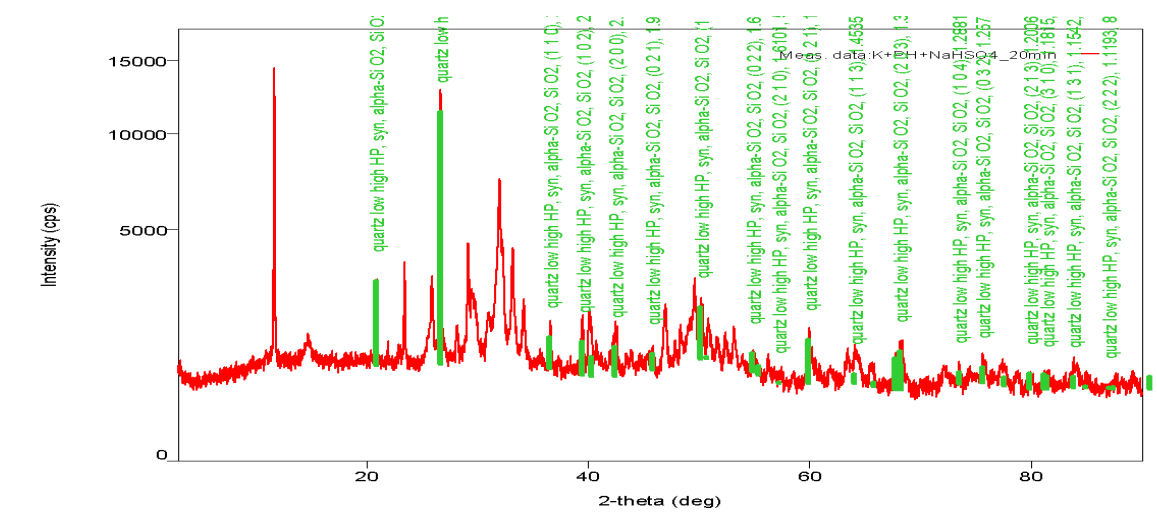


ИҚ спектрлерінен коспа құрамындағы судың мөлшері бастапқы фосфогипске (1-сурет) қарағанда азайғанын байқауға болады. Су және фосфат иондарының жолақтарынан басқа кремний иондарының жолақтары көрінеді (Кесте 5, Сурет 3).

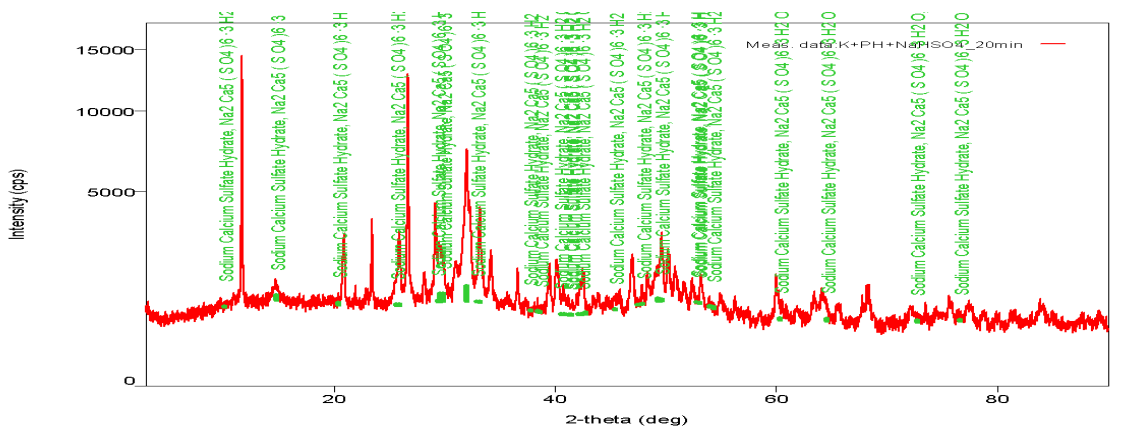
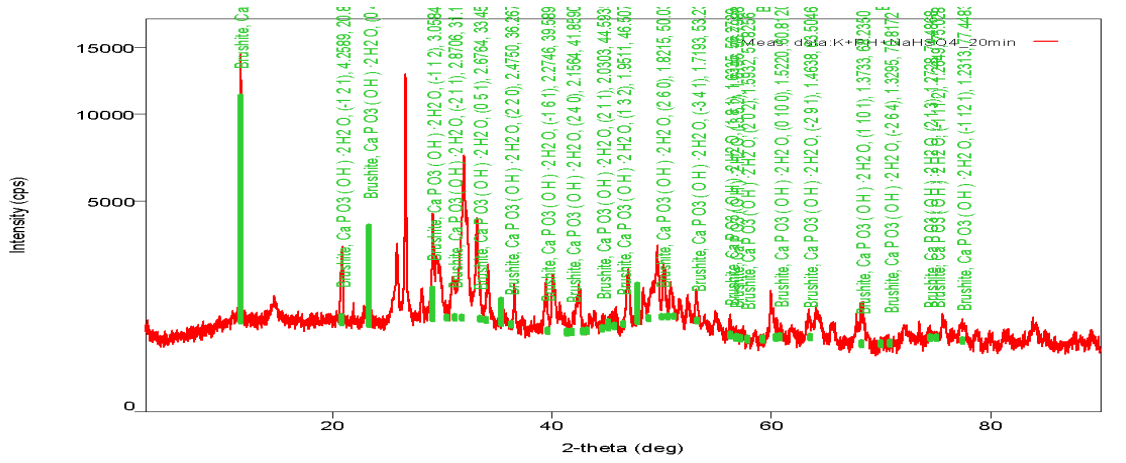
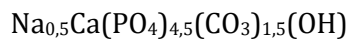
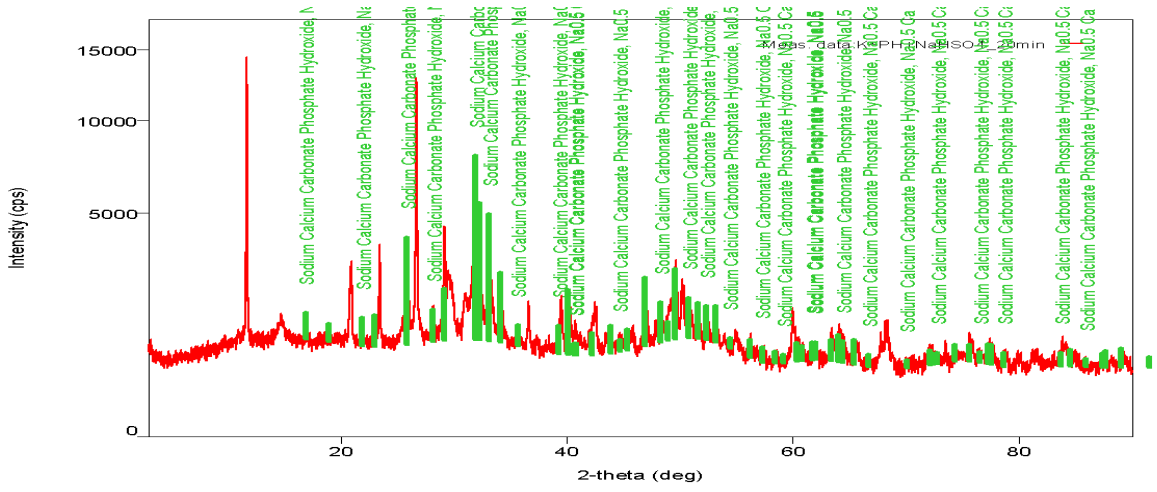
“MiniFlex 600” қондырғысында жүргізілген РФА-талдау нәтижесі бойынша фосфогипс:Қаратау фосфориті:қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) 3:6:1 қатынасы жүйесінде механохимиялық активтеуден кейін  $\text{SiO}_2$  кремний диоксиді,  $\text{Na}_{0,5}\text{Ca}(\text{PO}_4)_{4,5}(\text{CO}_3)_{1,5}(\text{OH})$ -натрий-кальций гидроксофосфатты карбонат,  $\text{CaPO}_3(\text{OH})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  - екі молекулалы суы бар кальций гидроксофосфаты,  $\text{Na}_2\text{Ca}_5(\text{SO}_4)_6\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  - үш молекулалы суы бар натрий-кальций сульфаты түзілетіні белгілі болды 4;5-суреттер [28].



Сурет 4. Фосфогипс: Қаратау фосфориті: қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) (3:6:1) жүйесінің МХА-дан кейінгі рентгендік дифракциясы



$\text{SiO}_2$



Сурет 5. Фосфогипс:Қаратау фосфориті:қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) (3:6:1) жүйесінен МХА-дан кейінгі түзілген өнімдердің рентгендік дифракциясы (20 мин)

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [28]



**Кесте 6. Фосфогипс, Қаратау фосфориті және қышқыл тұздың механоактивтелген үлгісінің энерго-дисперсті спектроскопиялық талдау арқылы анықталған элементтік құрамы**

№	Элементтер	Мөлшері, %
1	C	9,86
2	O	46,87
3	Na	1,81
4	Al	0,99
5	Si	7,48
6	P	4,97
7	S	5,90
8	Ca	22,11

Энерго-дисперсті спектроскопиялық талдау нәтижесінде элементтік фосфордың мөлшері 4,97%, оттектің мөлшері 46,87% екендігі анықталды. Яғни қоршаған ортада алынған өнім біршама өзгерістерге ұшырайды.

### Қорытынды

1. Фосфогипс-Қаратау фосфориті- $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1) жүйесінен МХА арқылы алынған тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алуда планетарлы диірменде 20 минут өңдеу оңтайлы жағдай екені анықталды:  $\text{P}_2\text{O}_5$  жалпы=55%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  лим.қышқ., =44%,  $\text{P}_2\text{O}_5$ цит.ер.,=82%.

2. Фосфогипс-Қаратау фосфориті- $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1) жүйесі 20 минуттық МХА-дан кейін рентгенфазалық талдау бойынша реакция өнімі ретінде кремний диоксиді, натрий-кальций гидроксофосфатты карбонат, екі молекулалы суы бар кальций гидрофосфаты және үш молекулалы суы бар натрий-кальций сульфаты түзілетіндігі анықталды. Түзілген өнімнен құрамында екі молекулалы суы бар кальций гидрофосфат ( $\text{CaPO}_3(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) тыңайтқышы түзілгені анықталды.

**Алғыс айту:** әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті жанындағы физика химиялық талдау әдістері орталығында талдау жүргізуге мүмкіншілік бергені үшін алғыс айтамыз.

**Мүдделер қақтығысы жоқ.**

**Авторлардың қосқан үлесі:** Балғышева Б.Д. – ғылыми жетекші, ғылыми және эксперименттік топтың нәтижелерін талқылады. Боранбаева Г.А. – ізденуші, XRF, IR, термогравиметриялық талдау SDN Q-600, спектрофотометр SF-56, ВЕТ, радиометриялық, атомдық абсорбция әдістерін қолдану арқылы механохимиялық белсендірілген фосфаттардың физика-химиялық сипаттамаларын зерттеді. Баймаханова Г.М. – ізденуші, бейорганикалық материалдарды синтездеу және механикохимиялық технология саласындағы ғылыми және патенттік әдебиеттерге талдау жүргізді. Ерубай С. – ізденуші, эксперименттік жұмыстар жүргізді. Манатбек А. - ізденуші, элементтерге химиялық анализдер жасады. Сәуір А.Қ. – ізденуші, элементтерге химиялық анализдер жасады.

### Әдебиеттер тізімі

1. Куанышева Г.С., Далабаева Н.С., Балғышева Б.Д. Механохимическое воздействие на состав казахстанских фосфоритов в присутствии гидросульфатов и дигидрофосфатов // Известия НАН РК. Серия химическая. - 2005. - № 5. - С. 74-80.

2. Adewuyi A., Oderinde R.A. Chemically modified vermiculite clay: A means to remove emerging contaminant from polluted water system in developing nation // Polymer Bulletin. - 2019. - Vol. 76. Iss. 10. - P. 4967–4989. <http://dx.doi.org/10.1007/s00289-018-2643-0>
3. Hua M., Zhang S., Pan B., Zhang W., Lv L., Zhang Q. Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review // Journal of Hazardous Materials. - 2012. - Vol. 211-212. - P. 317–331. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.10.016>
4. Fan T., Ma T., Wang M., Wang S., Wang X., Lu A. Study on phosphorus release from medium- and low-grade phosphate ore powders by mechanical activation and low molecular weight organic acid activation // Physicochemical Problems of Mineral Processing. - 2024. - № 60(1). - 183275 <https://doi.org/10.37190/ppmp/183275>
5. Minjigmaa A., Oyun-Erdene G., Zolzaya Ts., Davaabal B., Amgalan J., Temuujin J. Phosphorus fertilizer prepared from natural Burenkhaan phosphorite (Mongolia) by a mechanical activation // Geosystem Engineering. - 2016. - Vol. 19, № 3. - P. 119–124. <https://doi.org/10.1080/12269328.2015.1137501>
6. Breijaert T.C., Daniel G., Hedlund D., Svedlindh P., Kessler V.G., Granberg H., Håkansson K., Seisenbaeva G.A. Self-Assembly of ferria – nanocellulose composite fibres // Carbohydrate Polymers. - 2022. - Vol. 291. – P. 119560. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119560>
7. De-qing Z., Wang H., Technology and mechanism of mechanical activation enhancing acid leaching dephosphorization of high phosphorus rough iron ore concentrate // Journal of Central South University (Science and Technology). - 2017. - № 48 (3). – P. 553-561.
8. Zander E., Bresien J., Zhivonitko V.V., Fessler J., Villinger A., Michalik D., Schulz A. Rational Design of Persistent Phosphorus-Centered Singlet Tetradicals and Their Use in Small-Molecule Activation // Journal of the American Chemical Society. - 2023. - Vol. 145, № 26. - P. 14484–14497. <https://doi.org/10.1021/jacs.3c03928>
9. Zhu D., Wang H., Pan J., Yang C. Influence of Mechanical Activation on Acid Leaching Dephosphorization of High-phosphorus Iron Ore Concentrates // Journal of Iron and Steel Research International. - 2016. - Vol. 23, № 7. - P. 661–668. [https://doi.org/10.1016/S1006-706X\(16\)30103-0](https://doi.org/10.1016/S1006-706X(16)30103-0)
10. Kravchenko P., Kulikova O., Volgareva E., Kostylev A., Leschenko M. Prospects for research of phosphogypsum as a material for construction // Proceedings of Petersburg Transport University. - 2024. - Vol. 21, № 1. - P. 7–21. <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2024-01-7-21>
11. Gong X., Liu J., Sun Z., Li F. Effects of Phosphogypsum and Calcined Phosphogypsum Content on the Basic Physical and Mechanical Properties of Portland Cement Mortar // Journal of Testing and Evaluation. - 2020. - Vol. 48, № 5. - P. 3539–3549. <https://doi.org/10.1520/JTE20180380>
12. Novytskyi Y., Topylko N., Composite Materials Based on Phosphogypsum for Constructive Layers of Road Pavement // Chemistry & Chemical Technology. - 2024. - № 2. -18 p.
13. Medennikov O.A., Egorova M.A., Shabelskaya N.P., Rajabov A., Sulima S.I., Sulima E.V., Khliyan Z.D., Monastyrskiy D.I. Studying the Process of Phosphogypsum Recycling into a Calcium Sulphide-Based Luminophor // Nanomaterials. - 2024. - Vol. 14, № 11. - P. 904. <https://doi.org/10.3390/nano14110904>
14. Jin Y., Yang D., Wu Y., Zhou F., Yu J., Chi R., Xiao C. Preparation of Biofertilizer with Phosphogypsum and Straw: Microbial Community Changes and Plant Growth Effects // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. - 2024. - Vol. 24, № 2. - P. 3873–3888. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01806-w>
15. Elbagory M., Shaker E.M., El-Nahrawy S., Omara A.E.-D., Khalifa T.H. The Concurrent Application of Phosphogypsum and Modified Biochar as Soil Amendments Influence Sandy Soil Quality and Wheat Productivity // Plants. - 2024. - Vol. 13, № 11. - P. 1492. <https://doi.org/10.3390/plants13111492>
16. Qi J., Zhu H., Zhou P., Wang X., Wang Z., Yang S., Yang D., Li B. Application of phosphogypsum in soilization: a review // International Journal of Environmental Science and Technology. - 2023. - Vol. 20, № 9. - P. 10449–10464. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04783-2>
17. Medennikov O.A., Egorova M.A., Shabelskaya N.P., Rajabov A., Sulima S.I., Sulima E.V., Khliyan Z.D., Monastyrskiy D.I. Studying the Process of Phosphogypsum Recycling into a Calcium Sulphide-Based Luminophor // Nanomaterials. - 2024. - Vol. 14, № 11. - P. 904. <https://doi.org/10.3390/nano14110904>

18. Onopriienko D., Makarova T. The influence of phosphogypsum on the salt composition of salinated soil // Міжвідомчий тематичний науковий збірник Меліорація і водне господарство. - 2023. - № 1. - Р. 102-113.
19. Балгышева Б.Д. Закономерности физико-химических превращений фосфоритов Каратау и Чилися в процессе механохимического стимулирования и получение соединений с удобрительными и сорбционными свойствами: автореф. - Алматы, 2010. - 44 с.
20. Чайкина М.В. Механохимия природных и синтетических апатитов. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. - 223 с.
21. Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013 - 2020 годы «Агробизнес – 2020».
22. Тургумбаева Х.Х., Т.И.Бейсекова, Лапшина И.З., Тургумбаева Р.Х. и др. Системный анализ утилизации отходов фосфорной промышленности на примере ТОО «Казфосфат» // Журнал «Промышленность Казахстана».- 2003. - №4.- С. 107-111.
23. Блисковский В.З. Вещественный состав и обогатимость фосфоритовых руд. - М.: Недра, 1983. - 200 с.
24. Қуанышева Г.С., Балгышева Б.Д., Далабаева Н.С. Фосфор тыңайтқыштары мен фосфаттар химиясы практикумы. - Алматы: Қазақ Университеті, 2010. - 90 б.
25. Balgysheva B.D., Massalimov I.A., Urakayev F.Kh., Baltabayeva D.G. Study of the composition and properties of vermiculite treated under mechanochemical activation in the presence of acid phosphate ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) // Chemical Journal of Kazakhstan. - 2020. - No. 3(71). - P. 196-207. <https://chemjournal.kz/index.php/journal/article/view/113/95>
26. Beikut Balgysheva, Ismail Massalimov, Farit Urakaev, Larissa Sassykova, Nurbubi Zhakirova, Gulsaya Boranbayeva, Nazgul Dalabayeva, Symbat Azatkyzy. Modified vermiculite of the mugodzhary deposit and its sorption properties // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. - 2022. - 57, 3. - P. 533-544.
27. Накамото К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. - М.: Мир, 1965. - 435 с.
28. Недома А. Расшифровка рентгенограмм порошков. - Металлургия, 1975. - 230 с.
29. Тананаев И.В. Атлас инфракрасных спектров фосфатов: конденсированные фосфаты. - Москва: Наука, 1985.

**Б.Д. Балгышева<sup>1</sup>, Г.А. Боранбаева<sup>2</sup>, Г.М. Баймаханова<sup>3</sup>, С.Б. Ерубай<sup>4</sup>, М.М. Актоты<sup>5</sup>, С.К. Акторғын<sup>6</sup>**

<sup>1,4,5,6</sup> Қазақстан Республикасының ұлттық университеті атындағы Алматы университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> Қазақстан Республикасының медициналық университеті атындағы С.Д. Асфендиярова университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup> Южно-Казахстанский университет имени У.Жанибекова, Шымкент, Қазақстан

### **Получение продукции с удобрительными свойствами путем механохимической активации фосфогипса и каратауского фосфорита**

**Аннотация.** Длительное использование фосфоритных месторождений бассейна Каратау привело к истощению запасов богатых руд, содержащих  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Поэтому получение необходимых материалов методами обогащения состава фосфоритов в присутствии реагентов является актуальной проблемой.

Цель работы – получение продукта с удобрительными свойствами путем механохимической активации смеси фосфогипса и фосфорита Каратау на основе кислой соли.

Получение требуемого продукта путем механической активации фосфатного сырья имеет большое научное и практическое значение. Поэтому очень важно изучить закономерности изменений при получении продуктов с удобрительными свойствами путем механохимической активации в присутствии фосфогипса и фосфорита Каратау и кислой соли ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

Смесь фосфогипса и фосфорита Каратау модифицировали кислой солью с разными размерами шариков и массовым соотношением шарика и смеси 10:1 (фосфогипс-фосфорит Каратау-кислая соль).



Для определения фазового состава модифицированного фосфогипса в присутствии кислотной соли ( $\text{NaHSO}_4$ ) Каратауского фосфорита и идентификации полученного продукта использовались методы рентгенофазного анализа (РФА), сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), энергодисперсного анализа (ЭДС).

Установлено, что оптимальными условиями для получения продукта с удобрительными свойствами, полученного механохимической активацией (МХА) из системы Фосфогипс-Каратау Фосфорит- $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1), является 20-минутная обработка на планетарной мельнице:  $\text{P}_2\text{O}_5$  общее=55%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  лим.кисл. =44%,  $\text{P}_2\text{O}_5$ цит.раст.,=82%.

Рентгенофазный анализ показал, что в качестве продукта реакции образовались диоксид кремния, гидроксофосфатный карбонат натрия-кальция, гидрофосфат кальция с двухмолекулярной водой и сульфат натрия-кальция с трехмолекулярной водой и гидрофосфат кальция ( $\text{CaPO}_3(\text{OH})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) удобрение с двухмолекулярной водой.

Фосфогипс-Каратауский Фосфорит - система  $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1) за счет твердофазных процессов, происходящих в результате 20-минутного МХА, результаты сканирующего электронно-микроскопического анализа ясно показывают структурные изменения исходного образца. Размеры частиц варьируются от 0,5 мкм до 10 мкм.

В результате энергодисперсного спектроскопического анализа установлено, что содержание элементарного фосфора составляет 4,97%, кислорода-46,87%. То есть продукт, полученный в окружающей среде, претерпевает некоторые изменения.

**Ключевые слова:** фосфогипс, фосфорит, кислотные соли, механохимическая обработка, удобрение, планетарная мельница.

**B.D. Balgysheva<sup>1</sup>, G.A. Boranbaeva<sup>2</sup>, G.M. Baimakhanov<sup>3</sup>, S.B. Erubay<sup>4</sup>, M.M. Aktoty<sup>5</sup>, S.K. Aktorgyn<sup>6</sup>**

<sup>1,4,5,6</sup> Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> Kazakh Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup> South Kazakhstan University named after U. Zhanibekov, Shymkent, Kazakhstan

### **Production of products with fertilizing properties by mechanochemical activation of phosphogypsum and Karatau phosphorite**

**Abstract.** The long-term use of phosphorous deposits in the Karatau basin has led to depletion of reserves of rich ores containing  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Therefore, obtaining the necessary materials by methods of enriching the composition of phosphorites in the presence of reagents is an urgent problem.

The aim of the work is to obtain a product with fertilizing properties by mechanochemical activation of a mixture of phosphogypsum and phosphorite Karatau based on acid salt.

Obtaining the required product by mechanical activation of phosphate raw materials is of great scientific and practical importance. Therefore, it is very important to study the patterns of changes in the production of products with fertilizing properties by mechanochemical activation in the presence of phosphogypsum and phosphorite Karatau and acid salt ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

A mixture of phosphogypsum and Karatau phosphorite was modified with acid salt with different ball sizes and a 10:1 mass ratio of the ball and mixture (phosphogypsum-phosphorite Karatau-acid salt).

To determine the phase composition of modified phosphogypsum in the presence of an acid salt ( $\text{NaHSO}_4$ ) of Karatau phosphorite and identify the resulting product, methods of X-ray phase analysis (XRF), scanning electron microscope (SEM), and energy dispersive analysis (EMF) were used.

It was found that the optimal conditions for obtaining a product with fertilizing properties obtained by mechanochemical activation (МХА) from the Phosphogypsum-Karatau Phosphorite- $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1) system are 20-minute processing in a planetary mill:  $\text{P}_2\text{O}_5$ total=55%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  lem. acid=44%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  cite. sol.,=82%.

X-ray phase analysis showed that silicon dioxide, sodium-calcium hydroxophosphate carbonate, calcium hydrophosphate with bicolecular water and sodium-calcium sulfate with tricolecular water and calcium hydrophosphate ( $\text{CaPO}_3(\text{OH})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) fertilizer with bicolecular water were formed as the reaction product.



Phosphogypsum-Karatau Phosphorite -  $\text{NaHSO}_4$  system (3:6:1) due to solid-phase processes occurring as a result of 20-minute MOSS, the results of scanning electron microscopic analysis clearly show structural changes in the initial sample. The particle sizes range from 0.5 microns to 10 microns.

As a result of energy-dispersed spectroscopic analysis, it was found that the content of elemental phosphorus is 4.97%, oxygen is 46.87%. That is, the product obtained in the environment undergoes some changes.

**Keywords:** phosphogypsum, phosphorite, acid salts, mechanochemical treatment, fertilizer, planetary mill

## References

1. Kuanysheva G.S., Dalabaeva N.S., Balgysheva B.D. Mehanohimicheskoe vozdejstvie na sostav kazhastanskikh fosforitov v prisutstvii gidrosul'fatov i digidrofosfatov [Mechanochemical effect on the composition of Kazakhstani phosphorites in the presence of hydrosulfates and dihydrophosphates] // Izvestija NAN RK. Serija himicheskaja. – 2005. - 5. – P. 74-80 [in Russian]
2. Adewuyi A., Oderinde R.A. Chemically modified vermiculite clay: A means to remove emerging contaminant from polluted water system in developing nation // Polymer Bulletin. - 2019. - Vol. 76. Iss. 10. - P. 4967–4989. <http://dx.doi.org/10.1007/s00289-018-2643-0>
3. Hua M., Zhang S., Pan B., Zhang W., Lv L., Zhang Q. Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review // Journal of Hazardous Materials. - 2012. - Vol. 211-212. - P. 317–331. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.10.016>
4. Fan T., Ma T., Wang M., Wang S., Wang X., Lu A. Study on phosphorus release from medium- and low-grade phosphate ore powders by mechanical activation and low molecular weight organic acid activation // Physicochemical Problems of Mineral Processing. - 2024. - № 60(1). – 183275 <https://doi.org/10.37190/ppmp/183275>
5. Minjigmaa A., Oyun-Erdene G., Zolzaya Ts., Davaabal B., Amgalan J., Temuujin J. Phosphorus fertilizer prepared from natural Burenkhaan phosphorite (Mongolia) by a mechanical activation // Geosystem Engineering. - 2016. - Vol. 19, № 3. - P. 119–124. <https://doi.org/10.1080/12269328.2015.1137501>
6. Breijaert T.C., Daniel G., Hedlund D., Svedlindh P., Kessler V.G., Granberg H., Håkansson K., Seisenbaeva G.A. Self-Assembly of ferria – nanocellulose composite fibres // Carbohydrate Polymers. – 2022. - Vol. 291. – P. 119560. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119560>
7. De-qing Z., Wang H., Technology and mechanism of mechanical activation enhancing acid leaching dephosphorization of high phosphorus rough iron ore concentrate // Journal of Central South University (Science and Technology). - 2017. - № 48 (3). – P. 553-561
8. Zander E., Bresien J., Zhivonitko V.V., Fessler J., Villinger A., Michalik D., Schulz A. Rational Design of Persistent Phosphorus-Centered Singlet Tetraradicals and Their Use in Small-Molecule Activation // Journal of the American Chemical Society. - 2023. - Vol. 145, № 26. - P. 14484–14497. <https://doi.org/10.1021/jacs.3c03928>
9. Zhu D., Wang H., Pan J., Yang C. Influence of Mechanical Activation on Acid Leaching Dephosphorization of High-phosphorus Iron Ore Concentrates // Journal of Iron and Steel Research International. - 2016. - Vol. 23, № 7. - P. 661–668. [https://doi.org/10.1016/S1006-706X\(16\)30103-0](https://doi.org/10.1016/S1006-706X(16)30103-0)
10. Kravchenko P., Kulikova O., Volgareva E., Kostylev A., Leschenko M. Prospects for research of phosphogypsum as a material for construction // Proceedings of Petersburg Transport University. - 2024. - Vol. 21, № 1. - P. 7–21. <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2024-01-7-21>
11. Gong X., Liu J., Sun Z., Li F. Effects of Phosphogypsum and Calcined Phosphogypsum Content on the Basic Physical and Mechanical Properties of Portland Cement Mortar // Journal of Testing and Evaluation. - 2020. - Vol. 48, № 5. - P. 3539–3549. <https://doi.org/10.1520/JTE20180380>
12. Novytskyi Y., Topylko N., Composite Materials Based on Phosphogypsum for Constructive Layers of Road Pavement // Chemistry & Chemical Technology. - 2024. - № 2. -18 p.
13. Medennikov O.A., Egorova M.A., Shabelskaya N.P., Rajabov A., Sulima S.I., Sulima E.V., Khliyan Z.D., Monastyrskiy D.I. Studying the Process of Phosphogypsum Recycling into a Calcium Sulphide-Based

- Luminophor // Nanomaterials. - 2024. - Vol. 14, № 11. - P. 904.  
<https://doi.org/10.3390/nano14110904>
14. Jin Y., Yang D., Wu Y., Zhou F., Yu J., Chi R., Xiao C. Preparation of Biofertilizer with Phosphogypsum and Straw: Microbial Community Changes and Plant Growth Effects // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. - 2024. - Vol. 24, № 2. - P. 3873–3888. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01806-w>
15. Elbagory M., Shaker E.M., El-Nahrawy S., Omara A.E.-D., Khalifa T.H. The Concurrent Application of Phosphogypsum and Modified Biochar as Soil Amendments Influence Sandy Soil Quality and Wheat Productivity // Plants. - 2024. - Vol. 13, № 11. - P. 1492. <https://doi.org/10.3390/plants13111492>
16. Qi J., Zhu H., Zhou P., Wang X., Wang Z., Yang S., Yang D., Li B. Application of phosphogypsum in soilization: a review // International Journal of Environmental Science and Technology. - 2023. - Vol. 20, № 9. - P. 10449–10464. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04783-2>
17. Medennikov O.A., Egorova M.A., Shabelskaya N.P., Rajabov A., Sulima S.I., Sulima E.V., Khliyan Z.D., Monastyrskiy D.I. Studying the Process of Phosphogypsum Recycling into a Calcium Sulphide-Based Luminophor // Nanomaterials. - 2024. - Vol. 14, №11. - P. 904. <https://doi.org/10.3390/nano14110904>
18. Onopriienko D., Makarova T. The influence of phosphogypsum on the salt composition of salinated soil // Міжвідомчий тематичний науковий збірник Меліорація і водне господарство. - 2023. - № 1. – P. 102-113.
19. Balgysheva B.D. Zakonomernosti fiziko-himicheskikh prevrashhenij fosforitov Karatau i Chilisaja v processe mehanohimicheskogo stimulirovaniya i poluchenie soedinenij s udobritel'nymi i sorbcionnymi svojstvami [Regularities of physico-chemical transformations of Karatau and Chilisai phosphorites in the process of mechanochemical stimulation and production of compounds with fertilizing and sorption properties] abstract. (Almaty, 2010. 44 p.) [in Russian]
20. Chaikina M.V. Mehanohimija prirodnyh i sinteticheskikh apatitov [Mechanochemistry of natural and synthetic apatites]. (Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002, 223 p.) [in Russian]
21. Programma po razvitiju agropromyshlennogo kompleksa v Respublike Kazahstan na 2013 - 2020 gody «Agrobiznes – 2020» [The program for the development of the agro-industrial complex in the Republic of Kazakhstan for 2013-2020 "Agribusiness 2020"] [in Russian]
22. Turgumbaeva H.H., T.I.Beisekova, Lapshina I.Z., Turgumbaeva R.H., etc. Sistemnyj analiz utilizacii othodov fosfornoj promyshlennosti na primere TOO «Kazfosfat» [Systematic analysis of waste disposal of the phosphorus industry on the example of Kazphosphate LLP] // Journal "Industry of Kazakhstan". - 2003. – No 4.- P. 107-111. [in Russian]
23. Bliskovsky V.3. Veshhestvennyj sostav i obogatimost' fosforitovyh rud [Material composition and enrichment of phosphorite ores] (M.: Nedra, 1983, 200 p.) [in Russian]
24. Kuanysheva G.S., Balgysheva B.D., Dalabaeva N.S. Fosfor tuñajtkyshtary men fosfattar himijasy praktikumy [Phosphorus fertilizers and phosphates chemistry workshop] (Almaty: Kazakh University, 2010, 90 p.) [in Kazakh]
25. Balgysheva B.D., Massalimov I.A., Urakayev F.Kh., Baltabayeva D.G. Study of the composition and properties of vermiculite treated under mechanochemical activation in the presence of acid phosphate ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) // Chemical Journal of Kazakhstan. - 2020. - No. 3(71). - P. 196–207. <https://chemjournal.kz/index.php/journal/article/view/113/95>
26. Beikut Balgysheva, Ismail Massalimov, Farit Urakaev, Larissa Sassykova, Nurbubi Zhakirova, Gulsaya Boranbayeva, Nazgul Dalabayeva, Symbat Azatkyzy. Modified vermiculite of the mugodzhary deposit and its sorption properties // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. - 2022. – 57, 3. – P. 533-544.
27. Nakamoto K. Infkrasnye spektry neorganicheskikh i koordinacionnyh soedinenij [Infrared spectra of inorganic and coordination compounds] (M.: Mir, 1965, 435 p.) [in Russian]
28. Nedoma A. Rasshifrovka rentgenogramm poroshkov [Decoding of radiographs of powders]. (Metallurgy, 1975, 230 p.) [in Russian]
29. Tananaev I.V. Atlas infkrasnyh spektrov fosfatov: kondensirovannye fosfaty [Atlas of infrared spectra of phosphates: condensed phosphates] (Moscow: Nauka, 1985, 135p.) [in Russian]

**Авторлар туралы мәлімет:**

**Балғышева Бейқұт Даутбекқызы** – ғылыми жетекші, химия ғылымдарының докторы, жалпы және бейорганикалық химия кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы 71, 050040, Алматы, Қазақстан.

**Боранбаева Гүлсая Алдабергенқызы** – ізденуші, жаратылыстану ғылымдарының магистрі, биология пәнінің оқытушысы, С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Төле би 94, 050012, Алматы, Қазақстан.

**Баймаханова Гүлжан Мусабековна** – ізденуші, химия ғылымдарының кандидаты, доцент, Ө. Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, А.Байтұрсынов 13, 160012, Шымкент, Қазақстан

**Саяжан Ерубай** – ізденуші, магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы 71, 050040, Алматы, Қазақстан.

**Ақтоты Манатбек** – ізденуші, магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы 71, 050040, Алматы, Қазақстан.

**Сәуір Ақторғын Құрманбекқызы** – ізденуші, магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы 71, 050040, Алматы, Қазақстан.

**Balgysheva Beikut Dautbekkyzy** - scientific supervisor, Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry, Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi 71, 050040, Almaty, Kazakhstan

**Boranbayeva Gulsaya Aldabergenkyzy** – Performer, Senior Researcher, Master of Natural Sciences, Biology Teacher, Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Tole bi 94, 050012, Almaty, Kazakhstan

**Baymakhanova Gulzhan Musabekovna** - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, South Kazakhstan Pedagogical University named after U.Zhanibekov, A.Baitursynova 13, 160012, Shymkent, Kazakhstan

**Sayazhan Erubay** – researcher, master’s student, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Ave., 050040, Almaty, Kazakhstan

**Aktoty Manatbek** - researcher, master's student, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Ave., 050040, Almaty, Kazakhstan

**Sauir Aktorgyn Kurmanbekkyzy** - researcher, master's student, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Ave., 050040, Almaty, Kazakhstan









**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



XFTAP 61.59.37  
Ғылыми мақала

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-54-66>

## Полимерлер мен олардың модификацияларын қолдану арқылы тұтқыр материалдардың қасиеттерін арттыру технологиясы

А.Б. Нұрғабұл<sup>1</sup> , А.Ф. Сыздық<sup>2</sup> , Г.Ж. Сейтенова<sup>3</sup> , Р.М. Дюсова<sup>4\*</sup> ,  
Ф. Хошноу<sup>5</sup> , А.Е. Джексембаева<sup>6</sup> 

<sup>1,2,3,6</sup> КеАҚ «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті», Астана, Қазақстан

<sup>4</sup>КеАҚ «Торайғыров университет», Павлодар, Қазақстан Республикасы

<sup>5</sup>De Montfort University, Ұлыбритания

(e-mail: <sup>1</sup>nurgabulakma@mail.ru, <sup>2</sup>ayazhanka.syzdyk@gmail.com,  
<sup>3</sup>gainiseitenova@gmail.com, <sup>4</sup>riza92@bk.ru, <sup>5</sup>fuadmkhoshnaw@gmail.com,  
<sup>6</sup>dzheksembayeva\_ae@mail.ru)

**Аңдатпа.** Бұл мақалада битумның өнімділігін жақсарту үшін полимерлі қоспаны қолдану қарастырылды. Полимерлер тұтқыр битумдардың беріктігін, ыстыққа төзімділігін және химиялық төзімділігін арттыруда шешуші рөл атқарады. Зерттеудің мақсаты полимерлерді және олардың модификацияларын пайдалана отырып, тұтқыр материалдардың өнімділігін жақсарту болып табылады. Сондай-ақ, мақалада бір өңірдің қазақстандық өндірушілерінің шикізатынан полимерлі-модификацияланған битум өндірудің қағидатты жаңа технологиясы және соның салдарынан шикізат пен дайын өнімді тасымалдауға жұмсалатын шығындарды азайтуға ықпал ететін бір өңірде өндірісті ұйымдастыру ұсынылған, бұл өз кезегінде энергия тұтынудың төмендеуіне және жалпы өндірістік процестерді оңтайландыруға алып келеді. Зерттеу нәтижелері полипропиленді қолдану арқылы жол битумының өнімділігін арттырудың жақсы динамикасын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** технология, тұтқыр материалдар, полимерлер, полипропилен, битум.

Түсті: 31.05.2024. Мақұлданды: 26.09.2024. Онлайн қолжетімді: 30.09.2024

\* автор-корреспондент

## Кіріспе

Бүгінгі таңдағы әлемдік ақпараттық агенттердің мәлімдемесі бойынша битумның әлемдік нарығы 2023-2030 жылдар аралығында өсетіні анықталған (Кесте 1, 2) [1-2].

### Кесте 1. Битум нарығы, аймақтар бойынша, млрд. АҚШ

Континент	2020	2027
Солтүстік Америка	12	16
Еуропа	10	13
Азиялық Тынық мұхит аймағы	27	37
Онтүстік Америка	2	5
Таяу Шығыс және Африка	3	5

### Кесте 2. ҚР битум нарығы көлемінің динамикасы

Жыл	2019	2020	2021	2022	2023
Берілгені, мың тонна	830	961	980	1200	1373

Қазіргі уақытта автомобиль жолдары Қазақстан Республикасы үшін маңызды мәнге ие, өйткені олар көлік қозғалысының жоғары деңгейін қамтамасыз етеді және ел ішінде де, халықаралық деңгейде де байланыстың негізгі буыны болып табылады. Қазақстанда жыл сайын жол жүру қозғалысының көбейіп, ауыр салмақтағы жүк көліктерінің артуынан және температураның ауысымдық өзгерісі нәтижелерінде жол сапасының төмендеуіне әсер етілуде. Сол үшін де жол сапасын жақсартуда елімізде көптеген жаңа технологиялар іске асырылуда. Сондай технологиялардың бірі ол – асфальтбетон жабындарына полимерлер мен олардың модификациясын тұтқыр материалдарға қосу арқылы қасиеттерін, сапасын арттыру болып табылады. Осылайша тұтқыр материалдардың деформациялық қасиеттерін арттыруға, климаттық және температурадағы маусымдық өзгерістерге тұрақты болуға, жол төсемдерінің ұзақ әрі сапалы болуын қамтамасыз етуге болады. Сондай-ақ полимерлерді тұтқыр материалдарға қосу олардың физикалық және механикалық өзгерістерге ұшыратады. Зерттеулер көрсеткендей, полимерлерді модификациялау арқылы қысу беріктігін, икемділігін және су эрозиясына төзімділігін арттыруға болады. Асфальтбетон жабындарының ерте жойылуының негізгі себептері: сапасы және біздің өңірде қолданылатын тұтқыр битумды мұнай жолының физика-механикалық қасиеттері. Мұнай өңдеу зауыттары (МӨЗ) шығаратын тұтқыр материалдар, жол жамылғысы жұмыс істейтін жағдайлар нәтижесіндегі температураға сәйкес емес, сондықтан осындай органикалық тұтқыр заттарды жасау қажеттілігі туындауда, соның нәтижесінде бұл суға, аязға төзімділікті арттырады, асфальтбетон жабындарының жарыққа төзімділігі мен беріктігін арттыруға көмектеседі. Көп жағдайда тұтқыр материал ретінде битум қолданысқа енеді [3].

Қазіргі уақытта полимерлер өндірісі ең қарқынды дамып келе жатқан салалардың бірі. Әлемде 2015 полимерлер өндірісі 250 млн. тонна құрады және жыл сайын орта есеппен 5-6 % өсуде. Олардың дамыған елдердегі нақты тұтынуы жылына 85-90 кг (1 адамға шаққанда) жетті және ұлғаюын жалғастыруда. Мұндай қызығушылық полимер өндірушілері, ең алдымен, алу мүмкіндігімен байланысты олардың негізінде әртүрлі техникалық құнды материалдар. Бірегей физика-химиялық, құрылымдық және полимерлі материалдар (ПМ) технологиялық қасиеттері кең халық шаруашылығының,

медицинаның және т. б. түрлі салаларында қолдану. Әр түрлі полимерлі бұйымдар өндірісінің өсуіне байланысты қолдану, осы түрді одан әрі жою мәселесі өткір бола түсуде қалдықтар. Пайдаланудан шыққан полимерлі материалдар әдетте жерлеуге ұшырайды, бірақ іс жүзінде ыдырамайды, қоршаған ортаға үлкен зиян келтіреді. Қазіргі кезеңде перспективті бағыттардың бірі қайта өңделген қалдықтарды полимерлерді пайдалану болып табылады. Оларды мұнай жол битумдарына модификациялық қоспалар ретінде және бұл полимерлі-битумды тұтқыр қоспалар өндірісінде қолдану өте тиімді. Осылайша біз қалдықтарды қайта өңдеу арқылы тиімді жетістіктерге жету жолын аша аламыз [4, 9, 11].

Асфальтбетон жабындарының ерте жойылудың негізгі себептері: сапасы және біздің өңірде қолданылатын тұтқыр битумды мұнай жолының физика-механикалық қасиеттері. Мұнай өңдеу зауыттары (МӨЗ) шығаратын тұтқыр материалдар, жол жамылғысы жұмыс істейтін жағдайлар нәтижесіндегі температураға сәйкес емес, сондықтан осындай органикалық тұтқыр заттарды жасау қажеттілігі туындауда, соның нәтижесінде бұл суға төзімділікті, аязға төзімділікті арттырады, асфальтбетон жабындарының жарыққа төзімділігі мен беріктігін арттыруға көмектеседі.

Екінші реттік полипропиленді (ПП) пайдалану битум модификаторы полимерлі-битумды байланыстырғышты алуға мүмкіндік береді, ол әдеттегі битуммен салыстырғанда жұмыс істеу барысындағы температуралар ауысымына ыңғайлы және серпімділік қасиеттерге ие. Полипропилен (ПП) өте күрделі молекулалық құрылыммен сипатталады, өйткені полипропилен мономердің химиялық құрамы, орташа молекулалық массасы және оған молекулалық таралуы бүйірлік топтардың кеңістіктік орналасуы құрылымға үлкен әсер ететін негізгі тізбек. Физика-химиялық қасиеттеріне байланысты ПП көптеген салаларда қолданыла бастады. Алайда, бір мезгілде ПП қалдықтарын жинақтау және оларды кәдеге жарату проблемасы туындайды. ПП өңдеудің әртүрлі әдістері бар. Қайталама ПП бұйымдарға өздігінен қайта өңделуі мүмкін немесе жаңа шикізатқа қосымша ретінде қолданылады.

Полипропилен полиолефиндер класына жатады және синтетикалық термопластикалық полярлы емес полимер болып табылады. Бұл полипропиленді полимерлеу арқылы алынған ақ түсті қатты өнеркәсіптік зат. Полимерлеу металлоорганикалық катализаторларда төмен және орташа қысымда жүзеге асырылады. Полипропилен тұрақтандырылған, боялған немесе боялмаған. Полипропилен ол қайталанылатын иілу және соққыларға жоғарғы төзімділік көрсеткіш көрсететін пластик. Ол сондай-ақ тозуға төзімділікпен және кең температура диапазонында жақсы электр оқшаулау қасиеттерімен ерекшеленеді. Ол бар жылтыр және жақсы мөлдірлік, химиялық төзімді және қоршаған ортаға әсер еткенде жарылып кетпейді. Полипропилен көптеген өнеркәсіптік полимерлермен салыстырғанда күрделі молекулалық құрылымға ие, өйткені орташа молекулалық массасы және молекулалық-массалық таралуы бар мономердің химиялық құрамынан басқа, оның құрылымына бүйірлік топтардың кеңістіктік тізбек орналасуы салыстырмалы түрде әсер етеді. Техникалық тұрғыдан алғанда, изотактикалық полипропилен ең маңызды және перспективалы болып табылады [5-7, 12, 15].

Өнеркәсіптік полимерлердің модификациясы кең полимерлі материалдарды алу үшін қолданылады, жақсартылған қасиеттері бар. Аз мөлшерде енгізу кең таралды полимерлі қоспалар. Бұл жағдайда қоспалардың құрылымы мен қасиеттеріне кешенді әсері байқалады полимерлер. Модификаторды енгізу жүзеге асырылуы мүмкін синтез процесінде де, полимерлерді өңдеу кезінде де. Модификаторлардың аз мөлшерін енгізген кезде физика-механикалық қасиеттері жақсарады материалдың беріктігі артады, пластмассаның пайдалану сапасы артады бұйымдар. Сонымен қатар, модификация арқылы тұтқырлықты төмендету және тұрақтандыру бұйымдарды



қалыптау сатысында материалдардың өнімділігін жақсартады, өнімділікті арттырады және тозуды азайтады [8].

Зерттеудің мақсаты отандық шикізатты пайдалана отырып, полимерлерді және олардың модификацияларын пайдалана отырып, тұтқыр материалдардың сипаттамаларын жақсарту болып табылады.

### Материалдар мен әдістер

Зерттеу нысаны: мақалада модификатор ретінде полимер – модификацияланған тұтқыр материал, битум – тұтқыр компонент қарастырылды.

Зерттеу барысында тұтқыр материал ретінде битумды алдық. Битум-мұнайды айдау процесінде алынған тұтқыр, қара және жабысқақ зат. Бұл құрылыста, ең алдымен жол жабыны мен шатыр жабыны үшін кеңінен қолданылатын органикалық материал. Битум жабындардың су өткізбейтіндігі мен беріктігін қамтамасыз етеді, сонымен қатар асфальт үшін желім компоненті ретінде қызмет етеді. Битум – көмірсутектер мен олардың азотты, оттекті, күкіртті және құрамында металл туындыларының қоспасы болып табылатын қатты немесе шайыр тәрізді өнім. Битум өте күрделі химиялық құрамға ие. Ол  $C_9H_{20}$ -дан  $C_{30}H_{62}$ -ге дейінгі шекті көмірсутектерден тұрады (Кесте 3) [9-10].

Сегіз түрлі отандық өнім (битум) алынып, осылармен зерттеу жұмыстарын жасап салыстыру жүргізілді. МемСТ 22545-90 бойынша жоғары сападағы мұнай жол битумы (МЖБ) 100/130 таңдалынып алынды. Кестеде битумның бастапқы көрсеткіштері көрсетілген. Зерттеулерде 100/130 маркалы битум қолданылды: МЖБ 1; МЖБ 3; МЖБ 4; МЖБ 5; МЖБ 6 (Кесте 3).

### Кесте 3. Битумның бастапқы көрсеткіштері

Көрсеткіш / битум	МЖБ 0	МЖБ 1	МЖБ 2	МЖБ 3	МЖБ 4	МЖБ 5	МЖБ 6	МЖБ 7
Иненің ену тереңдігі x 0,1 мм, 25°C	76,3	107,9	88,96	106,3	118,4	103,7	104,8	86,6
«Сақина және доп» әдісі бойынша жұмсарту температурасы, °C, төмен емес	46,2	45,2	45,8	45,2	46,2	45,6	45,4	47
Созылу, 25°C температура, төмен емес	81,2	95,07	97,2	83	85,5	95,75	96,5	115,6

Термопластика ретінде ПП Н030 маркалы полипропилен қолданылды.



#### Кесте 4. Полипропиленнің сипаттамалары

	ПП Н030	ПП Н350
Балқыманың өтімділік көрсеткіші, г/10мин	3,3	36,7
Партия шегінде өтімділік көрсеткішінің мәндерінің таралуы, % артық емес	4,6	8,4
Иілу кезіндегі серпімділік модулі, МПа, кем емес	1187	1083
Ұшпа заттардың массалық үлесі, %, артық емес	0,04	0,04
Созылу кезіндегі өтімділік шегі, МПа, кем емес	33,0	30,4
Өтімділік шегі кезіндегі салыстырмалы ұзарту,%, кем емес	11	10
Түйіршіктердің мөлшері, мм	4,3	4,3
Иістің қарқындылығы, балл, артық емес	1	1

Зерттеу барысында отандық өндіруші компаниядан түйіршіктер түрінде алынған таза ПП пайдаланылды. Бұл таңдау полимер модификаторының пішіні мен табиғатының соңғы байланыстырғыштарының қасиеттеріне оң әсер етті. Әдеби шолу мен сынақтар негізінде полимербитумды дайындау технологиясы жасалды [11, 12]. Полимерлі битум механикалық араластырғышпен 2000 айн/мин жылдамдықпен 2 сағат бойы дайындалады. 1-1,5 сағат ішінде дайындалған қоспалар нәтиже бермеді, полипропилен түйіршіктері қоспада біркелкі еріген жоқ. РР өлшемі 2-5 мм түйіршіктер түрінде қолданылған, сондықтан уақытты 2 сағатқа дейін арттыру туралы шешім қабылданды. Араластыру температурасы 165-175°C аралығында сақталды. Таза битумды 165-175°C сұйық күйге дейін қыздыру керек. Содан кейін араластырғышты қосып, үздіксіз араластыра отырып, біртіндеп полипропилен қосылды. Бұл технология қоспаның маркасы немесе түрі өзгерген жағдайда түзетуді қажет етеді.

Иненің ену әдісі қысымның ену тереңдігін өлшеу арқылы полимерлер мен резеңке сияқты материалдардың жұмсақтығы мен сұйықтығын бағалайды. ASTM D5 және AASHTO T49 стандарттары өлшеу дәлдігі үшін маңызды [13].

«Сақина және доп» әдісі битумның жұмсарту температурасын доптың жүктемесі астындағы деформацияны өлшеу арқылы анықтайды. ASTM D36 және AASHTO t53 стандарттары бұл процесті реттейді [14].

Битумның дуктильді әдісі оның икемділігі мен деформациясын сынғанға дейін созылуды өлшеу арқылы бағалайды. Бағалау үшін ASTM d113 және AASHTO T51 стандарттары қолданылады [15].

Осы көрсетілген 3 әдіс бойынша біз тұтқыр материалымыздың қасиетін арттыру барысында полимер мродификациясын қосу арқылы зерттеу жұмысын жасадық. Ең жақсы алынған көрсеткіштер технологиясын анықтау жүзеге асырылды.

Нәтижелерді статистикалық өңдеу өлшенген параметрлердің әрқайсысы үшін орташа мәндерді, стандартты ауытқуларды және сенімділік аралықтарын бағалауды қамтиды (ену тереңдігі, жұмсарту температурасы, созылу). Параллель өлшеулер деректердің дәйектілігін бағалауға және кездейсоқ қателерді азайтуға мүмкіндік береді. Деректердің өзгергіштігін бағалау үшін стандартты ауытқулар, сондай-ақ эксперимент шарттарының өзгеруінен туындаған жүйелік қателіктер есептеледі. Сенімділік аралықтары (95%) полипропилен концентрациясының полимерлі модификацияланған битумның қасиеттеріне әсері туралы статистикалық маңызды қорытындылар үшін негіз болады.

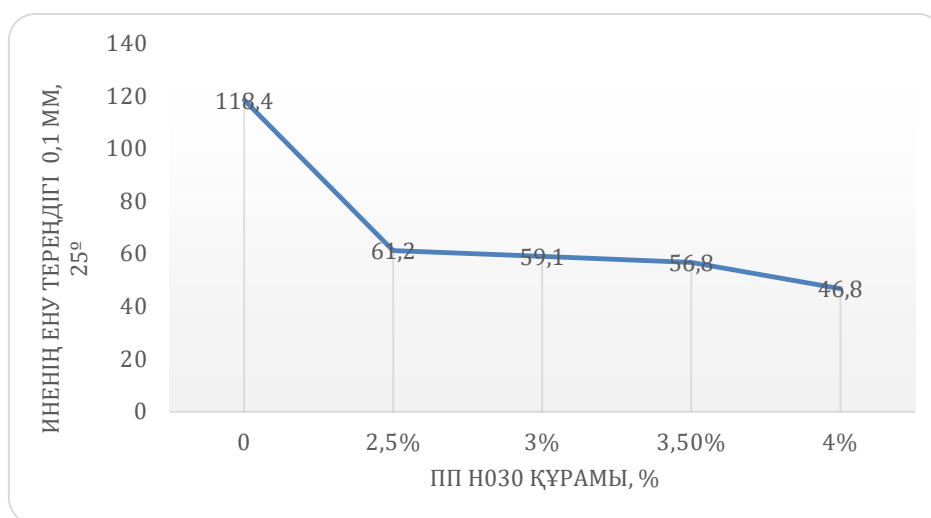
## Нәтижелер мен талқылау

Әрбір РР маркасы үшін пайыздық қатынасы бар әртүрлі қоспалар битум массасы 2,5%, 3%, 3,5%, 4% бойынша дайындалды.

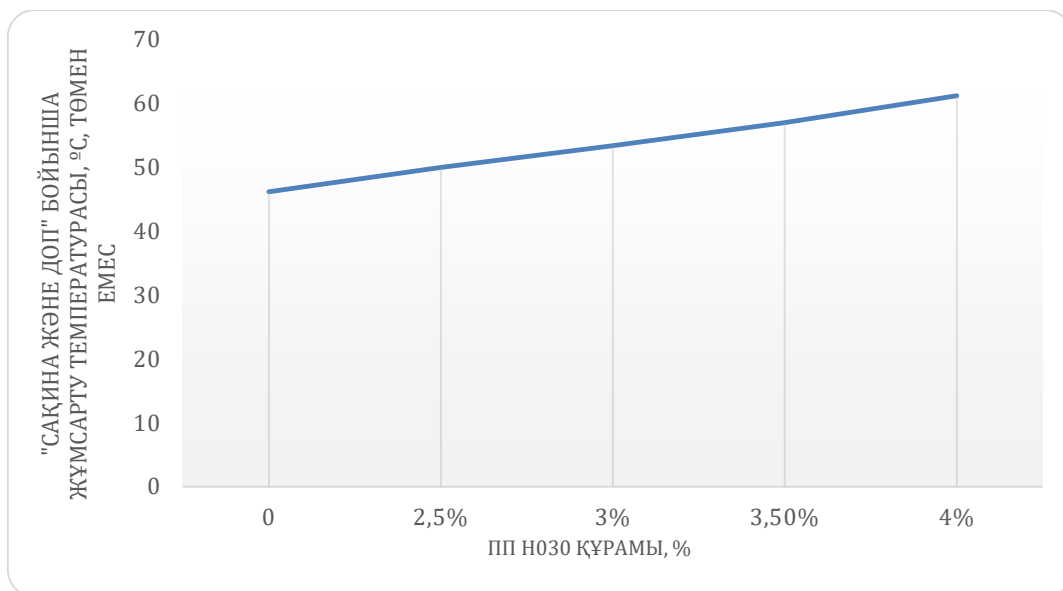
Нәтижелерді статистикалық өңдеу өлшенген параметрлердің әрқайсысы үшін орташа мәндерді, стандартты ауытқуларды және сенімділік интервалдарын бағалауды қамтыды (ену тереңдігі, жұмсарту температурасы, созылу). Параллель өлшеулер деректердің консистенциясын бағалауға және кездейсоқ қателерді азайтуға мүмкіндік берді. Деректердің өзгергіштігін бағалау үшін стандартты ауытқулар, сондай-ақ эксперимент шарттарының өзгеруінен туындаған жүйелік қателіктер есептеледі. Сенімділік аралықтары (95%) полипропилен концентрациясының полимер-модификацияланған битум қасиеттеріне әсері туралы статистикалық маңызды қорытындыларға негіз болды.

### Кесте 5. Битум МЖБ 100/130 және ПП Н030 қоспасын зерттеу нәтижелері

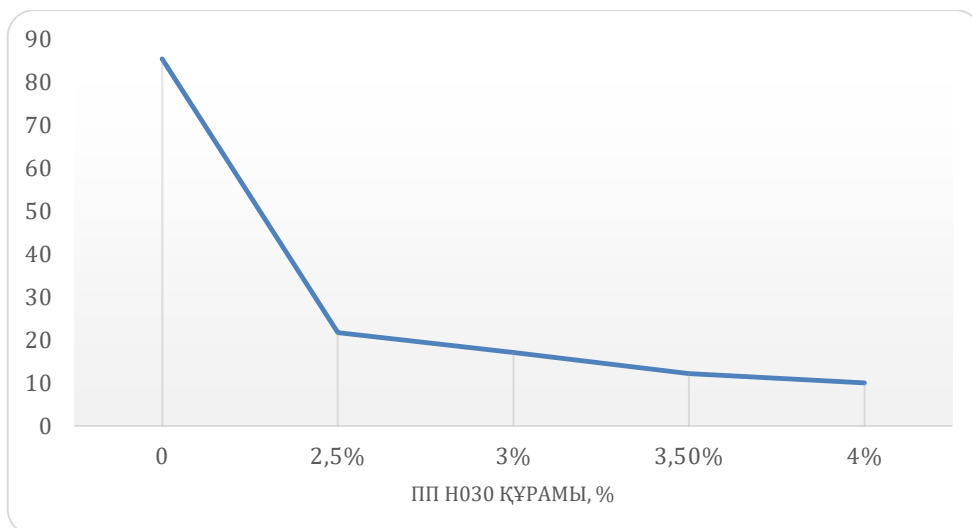
МЖБ 100/130	100	97,5%	97%	96,5%	96%
ПП Н030	0	2,5%	3%	3,5%	4%
Иненің ену тереңдігі x 0,1 мм, 25°C	118,4	61,2	59,1	56,8	46,8%
«Сақина және доп» әдісі бойынша жұмсарту температурасы, °C, төмен емес	46,2	50	53,4	57	61,2
Созылу, 25°C температура, төмен емес	85,5	21,7	17,1	12,2	10,05
Полимер битум маркасы			БМП-50/70	БМП-50/70	БМП-35/50



Сурет 1. ПП Н030 құрамына байланысты иненің ену тереңдігі



**Сурет 2. ПП Н030 құрамына байланысты «Сақина және доп» әдісі бойынша жұмсару температурасы**



**Сурет 3. Созылу температурасы ПП Н030 құрамына байланысты битум полимері**

Төменде МемСТ сәйкес полимербитум үшін стандартты мәндер берілген (Кесте 6).

**Кесте 6. Полимербитум маркалары бойынша стандартты мәндер**

Көрсеткіштер атауы	ПМБ маркасының нормасы						Сынақ әдісіне арналған нормативтік құжаттың коды	
	35/50	50/70	70/100		100/130			130/150
			I	II	I	II		
<b>Негізгі талаптар</b>								
1. Иненің ену тереңдігі x 0,1 мм, 25°C	35-50	51-70	71-100		101-130		131-150	ҚР СТ 1226 МемСТ 33136
2. «Сақина және доп» әдісі бойынша жұмсарту температурасы, °C, төмен емес	65	62	60	58	52	52	52	ҚР СТ1227 МемСТ33142
3. Созылу, 25°C температура, төмен емес	15	20	25	28	35	32	35	ҚР СТ 1374 МемСТ 33138

Зерттеу әртүрлі концентрацияларда полипропилен (ПП) қосудың әсерін көрсететін деректерді алды (2,5%, 3%, 3,5%, 4%) МЖБ 100/130 маркалы битумның пайдалану қасиеттеріне. Иненің ену тереңдігі, жұмсарту температурасы және созылу сияқты негізгі параметрлер ПП мазмұнына байланысты өзгерді.

Полипропилен құрамының ұлғаюымен таза битумда иненің ену тереңдігінің 118,4x0,1 мм 4% ПП кезінде 46,8x0,1 мм дейін айтарлықтай төмендеуі байқалады. Бұл материалдың қаттылығының жоғарылауын көрсетеді, бұл оның жүктемеге төзімділігінің жақсарғанын және икемділіктің төмендеуін растайды (Сурет 4). Төмендеудің жалпы тенденциясы басқа РР маркаларын зерттеген [9, 17] мақалаларда да көрсетілген.

Битумды жұмсарту температурасы таза битум үшін 46,2°C-тан 61,2°C-қа дейін 4% қосылған ПП-де айтарлықтай артады. Бұл өсу битумның термиялық тұрақтылығының жақсарғанын көрсетеді, бұл оны жоғары температура жағдайында қолдануға ыңғайлы етеді (Сурет 5). Сол сияқты жұмсарту температурасының жоғарылауы 4% - дан астам қосылды ПП көзде [9, 17].

Битумның созылуы, керісінше, полипропиленнің максималды концентрациясында таза битумда 85,5 см-ден 10,05 см-ге дейін айтарлықтай төмендейді. Бұл материалдың икемділігінің төмендеуін көрсетеді, бұл оны жоғары деформациялық қабілетті қажет ететін жағдайларда қолдануды шектеуі мүмкін (Сурет 6).

Алынған полимербит қоспалары ПП 2,5% және 3% концентрациясында ПМБ -50/70, ал 3,5% және 4% концентрациясында ПМБ-35/50 ретінде жіктелді [16]. Брендтің бұл өзгеруі полипропиленнің битумның өнімділігіне айтарлықтай әсерін растайды, бұл оның қасиеттерінің жақсаруына әкеледі.

Нәтижелерді статистикалық өңдеу 7 Кестеде келтірілген.

### Кесте 7. Нәтижелерді статистикалық өңдеу

№	Параметр	Орташа мән	Стандартты ауытқу	Сенім аралығы (95%)
1	Иненің ену тереңдігі x 0,1 мм, 25°C	59,1	Орташа арифметикалық мәннің 4%	Орташа арифметикалық мәннің 6 %
2	«Сақина және доп» әдісі бойынша жұмсарту температурасы, °C, төмен емес	53,4	1 °C	1 °C
3	Созылу, 25°C температура, төмен емес	17,1	1 см	2 см

Статистикалық деректерді өңдеу негізінде иненің ену тереңдігі 25°C (59,1 x 0,1 мм) орташа мәннен 4% ауытқуы бар, ал сенімділік аралығы 6% құрайды. "Сақина және доп" әдісімен жұмсарту температурасы (53,4°C) 1°C сенімділік интервалымен стандартты 1°C ауытқуға ие, бұл нәтижелердің жоғары қайталануын көрсетеді. 25°C (17,1 см) созылу 1 см ауытқуы және 2 см сенімділік аралығы бар орташа өзгергіштікті көрсетеді. Бұл деректер зерттелетін материалдың қасиеттерінің тұрақтылығын көрсетеді.

Нәтижелер полипропиленді битумға қосу оның қасиеттерін айтарлықтай өзгертетінін, термиялық тұрақтылықты жақсартатынын және материалдың қаттылығын арттыратынын көрсетеді, бұл жоғары температура мен қарқынды жүктеме жағдайында қолдану үшін пайдалы болуы мүмкін. Алайда, созылудың төмендеуі мұндай материалдарды жоғары икемділікті қажет ететін суық климатта қолдануды шектеуі мүмкін. Осылайша, битумдағы полипропиленнің оңтайлы концентрациясын таңдау нақты жұмыс жағдайларына және соңғы өнімге қойылатын талаптарға байланысты.

### Қорытынды

Жүргізілген зерттеу полимерлі қоспаларды, әсіресе ПП қолдану беріктік, ыстыққа төзімділік және деформацияға төзімділік сияқты битумның негізгі сипаттамаларын айтарлықтай жақсартатынын көрсетті. Қазақстандық шикізат негізінде полимерлі-модификацияланған битум өндірісінің әзірленген технологиясы материалдың пайдалану қасиеттерін жақсартуды ғана емес, сонымен қатар өндірістік процестерді оңтайландыра отырып, тасымалдау және энергия тұтыну шығындарын азайтуға ықпал етеді. Осылайша, ұсынылған технология жол жабындарының сапасын және өңірдегі өндіріс тиімділігін арттыру үшін перспективалы шешім болып табылады. Полипропиленнің басқа сорттарын зерттеу бағытында жұмыс жалғасады, сонымен қатар қайталама полимерлерді пайдалану қарастырылады.

**Алғыс айту:** Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде қаржыландырады (№BR21882278 гранты «Қазақстан Республикасы Құрылыс, жол-құрылыс секторының аккредиттелген қызметтерінің толық циклін көрсету бойынша құрылыс-техникалық инжинирингтік орталық құру»).

**Мүдделер қақтығысы:** Мақала авторлары осы зерттеудің нәтижелері мен қорытындыларына әсер ететін мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

**Авторлардың қосқан үлесі:** А.Б. Нұрғабыл – зерттеу жүргізу кезінде көмек көрсету, мақала мәтінін жазу, зерттеу нәтижелерін талқылау. А.Ф. Сыздық – зерттеу жүргізу кезінде көмек көрсету, мақала мәтінін жазу, зерттеу нәтижелерін талқылау. Г.Ж. Сейтенова – зерттеудің негізгі мақсаты мен бағытын әзірлеу, редакциялау және түзету. Р.М. Дюсова – зерттеу жүргізу, деректерді жинау және талдау, зерттеу нәтижелерін талқылау. Ф. Хошноу – зерттеу нәтижелерін талқылауға қатысты. А.Е. Джексембаева – қаржылық қолдауды қамтамасыз ету.

### Әдебиеттер тізімі

1. Global Bitumen Market Report 2024 Market Size Split by Type (Natural Bitumen, Petroleum Bitumen, Coal Tar Pitch), Application (Roadways, Waterproofing, Adhesives, Insulation), 01.01.2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/natural-bitumen-market-report> (дата обращения: 25.06.2023).
2. Bitumen Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Type, by End-use Industry: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2023-2032 // MC: Renewable, Speciality And Fine Chemicals. Sep 2023. Report Code: A01263. Pages: 212.
3. Sagitova G.F., Ainabekov N.B., Nifontov Yu.A., Daurenbek N.M. Selection of raw materials for the production of bitumen materials based on local resources // Series chemistry and technology. - 2023. - Vol. 4, № 457. - P. 19–30. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.189>
4. Zhu J., Birgisson B., Kringos N. Polymer modification of bitumen: Advances and challenges // European Polymer Journal. - 2014. - Vol. 54. - P. 18–38. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.02.005>
5. Chang X., Zhang R., Xiao Y., Chen X., Zhang X., Liu G. Mapping of publications on asphalt pavement and bitumen materials: A bibliometric review // Construction and Building Materials. - 2020. - Vol. 234. - P. 117370. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117370>
6. Рахимов И.А. Синтез и свойства полифторалкилхлорсульфитов // Соединения фтора. Химия, технология, применение: сборник научных трудов (юбилейный выпуск) / РНЦ «Прикладная химия». - СПб., 2009. - С. 314–321.
7. Уайт Дж. Л., Чой Д.Д. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины / пер. с англ.; под ред. Э.С. Кобкалло. - СПб.: Профессия, 2006. - 256 с.
8. Тераока И. Полимерные растворы: введение в физические свойства. - Бруклин, Нью-Йорк: John Wiley & Sons, Inc., 2002. - 349 с.
9. Habib N.Z., Kamaruddin I., Napiah M., Tan I.M. Rheological Properties of Polyethylene and Polypropylene Modified Bitumen // International Journal of Civil and Environmental Engineering. - 2011. - № 3:2.
10. Корнейчук Н.С., Лескин А.И., Рахимова Н.А. Полимерно-битумное вяжущее на основе вторичного полипропилена для производства асфальтобетонных смесей // Инженерный вестник Дона. - 2017. - № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4240](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4240)
11. Vargas C.A., Lu H.R., Hanandeh A.E. Environmental impact of pavements formulated with bitumen modified with PE pyrolytic wax: A comparative life cycle assessment study // Journal of Cleaner Production. - 2023. - Vol. 419. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138070>
12. Porto M., Caputo P., Loise V., Eskandarsefat S., Teltayev B., Rossi C.O. Bitumen and Bitumen Modification: A Review on Latest Advances // Applied Sciences. - 2019. - Vol. 9. - P. 742. <https://doi.org/10.3390/app9040742>
13. Национальный стандарт Республики Казахстан. СТ РК 1227-2003. Битумы и битумные вяжущие. Определение точки размягчения методом кольца и шара. Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан (Госстандарт). 17 с.
14. Национальный стандарт Республики Казахстан. СТ РК 1226-2003. Битумы и битумные вяжущие. Метод определения глубины проникания иглы. Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан (Госстандарт). 17 с.

15. Habbouche J, Boz I, Diefenderfer B.K., Smith B.C., Adel S.H. State of the Practice for High Polymer-Modified Asphalt Binders and Mixtures // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. - 2021. - Vol. 2675, № 7. - P. 235–247. <https://doi.org/10.1177/0361198121995190>

16. Национальный стандарт Республики Казахстан СТ РК 2534-2014. Битумы нефтяные модифицированные, дорожные. Технические условия. Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан (Госстандарт). 47 с.

17. Munera J.C., Ossa E.A. Polymer modified bitumen: Optimization and selection // Materials & Design (1980-2015). - 2014. - Vol. 62. - P. 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.05.009>

**А.Б. Нұрғабыл<sup>1</sup>, А.Ф. Сыздық<sup>2</sup>, Г.Ж. Сейтенова<sup>3</sup>, Р.М. Дюсова<sup>4</sup>, Ф.Хошноу<sup>5</sup>,  
А.Е. Джексембаева<sup>6</sup>**

*<sup>1,2,3,6</sup> НАО «Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева»,  
Астана, Республика Казахстан*

*<sup>4</sup>НАО «Торайгыров университет», Павлодар, Республика Казахстан*

*<sup>5</sup>De Montfort University, Великобритания*

### **Технология улучшение характеристик вяжущих материалов с использованием полимеров и их модификаций**

**Аннотация:** В этой статье рассматривается использование полимерной добавки для улучшения характеристик битума. Полимеры играют решающую роль в повышении прочности, термостойкости и химической стойкости вязких битумов. Целью исследования является улучшение характеристик вяжущих материалов с использованием полимеров и их модификаций. Также в статье представлена принципиально новая технология производства полимерно-модифицированного битума из сырья казахстанских производителей одного региона и, как следствие, организация производства в одном регионе, способствующая снижению затрат на транспортировку сырья и готовой продукции, что, в свою очередь, приводит к снижению энергопотребления и оптимизации общепроизводственных процессов. Результаты исследования показывают хорошую динамику повышения производительности дорожного битума с использованием полипропилена.

**Ключевые слова:** технология, вязкие материалы, полимеры, полипропилен, битум.

**A.B. Nurgabyly<sup>1</sup>, A.G. Syzdyk<sup>2</sup>, G.J. Seitenova<sup>3</sup>, R.M. Dyussova<sup>4</sup>, F. Khoshnaw<sup>5</sup>,  
A.E. Jexembayeva<sup>6</sup>**

*<sup>1,2,3,6</sup>NPJSC "L. N. Gumilyov Eurasian National University", Astana, Republic of Kazakhstan*

*<sup>4</sup>NPJSC "Toraigyrov Universit", Pavlodar, Republic of Kazakhstan*

*<sup>5</sup>De Montfort University, United Kingdom*

### **Technology to improve the characteristics of binders using polymers and their modifications**

**Abstract.** This article discusses the use of a polymer additive to improve the characteristics of bitumen. Polymers play a crucial role in increasing the strength, heat resistance and chemical resistance of viscous bitumen. The aim of the study is to improve the characteristics of binders using polymers and their modifications. The article also presents a fundamentally new technology for the production of polymer-modified bitumen from raw materials of Kazakhstani producers in one region and, as a result, the organization of production in one region, which helps to reduce the cost of transporting raw materials and finished products, which, in turn, leads to lower energy consumption and optimization of general production processes. The results of the study show a good dynamics of increasing the productivity of road bitumen using polypropylene.

**Keywords:** technology, viscous materials, polymers, polypropylene, bitumen.



## References

1. Global Bitumen Market Report 2024 Market Size Split by Type (Natural Bitumen, / Petroleum Bitumen, Coal Tar Pitch), Application (Roadways, Waterproofing, Adhesives, Insulation) 01.01.2023. - [Electron.resurs] - URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/natural-bitumen-market-report> (accessed: 25.06.2023)
2. Bitumen Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Type, by End-use Industry: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2023-2032 // MC: Renewable, Speciality And Fine Chemicals. Sep 2023. Report Code: A01263. Pages: 212.
3. Sagitova G.F., Ainabekov N.B., Nifontov Yu.A., Daurenbek N.M. Selection of raw materials for the production of bitumen materials based on local resources // Series chemistry and technology. - 2023. - Vol. 4, № 457. - P. 19–30. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.189>
4. Zhu J., Birgisson B., Kringos N. Polymer modification of bitumen: Advances and challenges // European Polymer Journal. - 2014. - Vol. 54. - P. 18–38. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.02.005>
5. Chang X., Zhang R., Xiao Y., Chen X., Zhang X., Liu G. Mapping of publications on asphalt pavement and bitumen materials: A bibliometric review // Construction and Building Materials. - 2020. - Vol. 234. - P. 117370. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117370>
6. Rahimov I.A. Sintez i svoistva poliflorakrbkhlorsulfitov [Synthesis and properties of polyfluoroalkyl chlorosulfites] / Fluorine compounds. Chemistry, technology, application: collection of scientific papers (anniversary issue) / RSC "Applied Chemistry". - SPb., 2009. - B. 314–321. [in Russian]
7. Uaid Dj.L. Polietilen, polipropilen i drugie poliolefini [Polyethylene, polypropylene and other polyolefins] / L. White, D.D. Choi; lane. in English, edited by E.S. Kobkallo. (St. Petersburg: Profession, 2006, 256 p.) [in Russian]
8. Taraoka I. Polimernie rastvori: vvedenie v fizicheskie svoistva [Polymer solutions: an introduction to physical properties] (Brooklyn, New York: John Wiley & Sons, Inc. 2002, 349 p.) [in Russian]
9. Habib N.Z., Kamaruddin I., Napiah M., Tan I.M. Rheological Properties of Polyethylene and Polypropylene Modified Bitumen // International Journal of Civil and Environmental Engineering. - 2011. - № 3:2.
10. Korneichuk N.S, Leskin A.I., Rahimova N.A. Polimerno-bitumnoe vyuzhushee na osnove vtorichnogo polipropilena dlya proizvodstva asfaltobetonah smesei [Polymer-bitumen binder based on recycled polypropylene for the production of asphalt concrete mixtures] // Engineering Bulletin of the Don. (2017, №2). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4240](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4240). [in Russian]
11. Vargas C.A., Lu H.R., Hanandeh A.E. Environmental impact of pavements formulated with bitumen modified with PE pyrolytic wax: A comparative life cycle assessment study // Journal of Cleaner Production. - 2023. - Vol. 419. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138070>
12. Porto M., Caputo P., Loise V., Eskandarsefat S., Teltayev B., Rossi C.O. Bitumen and Bitumen Modification: A Review on Latest Advances // Applied Sciences. - 2019. - Vol. 9. - P. 742. <https://doi.org/10.3390/app9040742>
13. Nazionalnii standart Respubliki Kazahstan. ST RK 1227-2003. «Bitumi i bitumnie vyazhushie. Opredelenie tochki razmyagcheniya metodom kolza i shara» [The National standard of the Republic of Kazakhstan. ST RK 1227-2003. "Bitumen and bitumen binders. Determination of the softening point by the ring and ball method."] // Committee for Standardization, Metrology and Certification of the Ministry of Industry and Trade of the Republic of Kazakhstan (Gosstandart).- c.17. [in Russian]
14. Nazionalnii standart Respubliki Kazahstan ST RK1226-2003. «Bitumi i bitumnie vyazhushie. Metod opredeleniya glubini pronikaniya igli» [National Standard of the Republic of Kazakhstan. ST RK 1226-2003. Bitumens and Bituminous Binders. Method for Determining Needle Penetration Depth]. Committee for Standardization, Metrology and Certification of the Ministry of Industry and Trade of the Republic of Kazakhstan (Gosstandart). - P. 17. [in Russian]
15. Habbouche, J., Boz, I., Diefenderfer B.K., Smith B.C., Adel S.H. State of the practice for high polymer-modified asphalt binders and mixtures. [Transportation Research Record]. - 2021. - №2675 (7). - P. 235-247.
16. Nazionalnii standart Respubliki Kazahstan ST RK 2534-2014 «Bitumi neftyanii modofizirovanie, dorojnie. Tehnicheskie usloviya» [National Standard of the Republic of Kazakhstan. ST RK 2534-2014.

Modified Petroleum Road Bitumens. Technical Specifications]. Committee for Standardization, Metrology and Certification of the Ministry of Industry and Trade of the Republic of Kazakhstan (Gosstandart). - P.47. [in Russian]

17. Munera, J.C., Ossa, E.A. Polymer modified bitumen: Optimization and selection. [Materials and Design]. - 2014. - № 62. - P. 91–97.

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Сейтенова Гайни Жумагалиевна** - химия ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің қауымдастырылған профессоры, Сәтбаев, 2, 010008, Астана, Қазақстан.

**Дюсова Ризагуль Муслимовна** - техника ғылымдарының кандидаты, «Торайғыров университеті» постдокторанты, Ломова көшесі, 64, Павлодар, Қазақстан.

**Фуад Хошноу** - PhD, Де Монфорт Университеті (DMU), Лестер қақпасы LE1 9BH Лестер, Ұлыбритания

**Джексембаева Асель Ермековна** - Доктор PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Инновацияларды дамыту департаментінің директоры, Сәтбаев, 2, 010008, Астана, Қазақстан.

**Нұрғабыл Ақмарал Бақзатқызы** - Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, жаратылыстану факультетінің магистранты, Сәтбаев, 2, 010008, Астана, Қазақстан.

**Сыздық Аяжан Ғалымқызы** - Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, жаратылыстану факультетінің магистранты, Сәтбаев, 2, 010008, Астана, Қазақстан.

**Seitenova Gaini** - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.

**Dyussova Rizagul Muslimovna** - Candidate of Technical Sciences, postdoctoral fellow of «Toraigrov University», Lomova st.64, 140000, Pavlodar, Kazakhstan.

**Fuad Khoshnaw** - PhD, De Montfort University (DMU), The Gateway, Leicester, LE1 9BH, Leicester, United Kingdom.

**Jexembayeva Assel Ermekovna** - Director of the Innovation Development Department of L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.

**Nurgabyly Akmaral Bakzatovna** - 1st year undergraduate, Faculty of Natural Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.

**Syzdyk Ayazhan Galymkyzy** - 1st year undergraduate, Faculty of Natural Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



МРНТИ 39.21.02, 87.24.33

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-67-79>

Научная статья

## Анализ демографической ёмкости территории города Астана

Ж.Г. Берденов <sup>1\*</sup> , Е.С. Какимжанов <sup>2</sup> , Н.Б. Курманов <sup>3</sup> 

<sup>1,2,3</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

(E-mail: <sup>1</sup>[berdenov-z@mail.ru](mailto:berdenov-z@mail.ru), <sup>2</sup>[kakimzhanov.y.s@gmail.com](mailto:kakimzhanov.y.s@gmail.com), <sup>3</sup>[kurm.nurlan@gmail.com](mailto:kurm.nurlan@gmail.com))

**Аннотация.** Определение демографической ёмкости в крупных городах республиканского значения и областных центрах приобретает всё большую значимость в условиях интенсивного роста городского населения. В условиях урбанизации и увеличения плотности населения, вопросы оптимального распределения ресурсов и возможностей для проживания становятся первоочередными задачами городского планирования и управления.

В рамках настоящей работы проведена детальная оценка демографической ёмкости города Астана, учитывающая показатели наличия территории, водных и рекреационных ресурсов, которые играют ключевую роль в обеспечении устойчивого развития городских пространств. Определение демографической ёмкости осуществлялось на основе комплексного анализа природных и экономических факторов, которые представляют собой фундаментальные условия для обеспечения жизнедеятельности населения. Важным аспектом данного исследования стало изучение границ допустимой антропогенной нагрузки на городские ресурсы, что позволило выявить потенциальные угрозы и риски, связанные с превышением допустимых норм.

Анализ показывает, что в ряде случаев демографическая ёмкость территории уже достигла предельных значений или близка к их превышению в ближайшей перспективе. Это требует принятия срочных мер по оптимизации использования ресурсов и минимизации негативного воздействия урбанизации на окружающую среду. В работе особо подчёркивается необходимость внедрения ресурсосберегающих технологий, которые позволят снизить нагрузку на природные ресурсы, а также развития и модернизации городской инфраструктуры для обеспечения комфортного и устойчивого проживания горожан.

Таким образом, исследование подтверждает необходимость комплексного подхода к планированию городского развития, с учётом текущих и будущих демографических изменений, а также важность стратегических решений, направленных на сохранение

\*автор-корреспондент

экологического баланса и обеспечение устойчивого роста городских агломераций.

**Ключевые слова:** урбосистема, экологическая ёмкость, демографическая ёмкость, город Астана.

---

Поступила: 23.09.2024. Одобрена: 26.09.2024. Доступна онлайн: 30.09.2024

## Введение

При изучении населения с точки зрения экономической географии особое внимание уделяется его распределению, поскольку оно играет ключевую роль в понимании динамики развития различных регионов. Распределение населения тесно связано с природными и экономическими условиями конкретной территории, которые могут включать в себя доступность природных ресурсов, климатические особенности, качество почв, наличие водных источников, а также экономическую инфраструктуру и транспортную доступность. Эти факторы оказывают существенное влияние на уровень концентрации населения в определённых регионах страны, создавая условия для формирования демографических центров и периферийных зон. Такое распределение приводит к необходимости проведения научных исследований, направленных на определение предельного количества людей, которое может проживать на данных территориях без ущерба для качества жизни и устойчивости окружающей среды. Этот процесс известен как оценка демографической ёмкости территории, и он включает в себя комплексный анализ различных факторов, влияющих на возможность поддержания жизнедеятельности населения. В процессе расчёта демографической ёмкости страны важнейшее значение имеют земельные, водные и рекреационные ресурсы. Земельные ресурсы определяют доступность территорий для заселения и ведения сельскохозяйственной деятельности, в то время как водные ресурсы являются основой для обеспечения населения питьевой водой, а также для сельского хозяйства и промышленности. Рекреационные ресурсы играют важную роль в поддержании здоровья и благополучия населения, предоставляя возможности для отдыха и восстановления сил. Таким образом, исследование демографической ёмкости территории позволяет оценить возможности устойчивого развития регионов и наметить стратегические направления для оптимального использования природных и экономических ресурсов, что в конечном итоге способствует сбалансированному и гармоничному развитию всей страны [1].

Способность территории разместить население с учётом различных факторов называется её демографической ёмкостью (термин был впервые введён П. П. Семёновым-Тянь-Шанским). Эта ёмкость определяется на основе доступности земельных ресурсов, воды, рабочих мест, зон отдыха и благоприятных экологических условий, которые поддерживаются и улучшаются со временем. Количественное значение демографической ёмкости может изменяться с течением времени. Проще говоря, демографическая ёмкость отражает, какое количество людей может проживать на данной территории, сохраняя её текущее состояние и потенциал для будущего развития [2, 3].

В некоторых районах демографическая ёмкость значительно превышена, что проявляется как в относительном перенаселении, так и в абсолютном избытке населения. Это означает, что количество людей, проживающих на данных территориях, значительно превосходит способность местных ресурсов и инфраструктуры обеспечивать комфортные условия жизни. В результате, высокая плотность населения

приводит к целому ряду проблем, которые усложняют социально-экономическое развитие региона. Недостаток земли ограничивает возможности для строительства новых жилых и коммерческих объектов, что в свою очередь приводит к росту стоимости недвижимости и снижению доступности жилья для населения. Нехватка водных ресурсов обостряет проблемы водоснабжения, что особенно критично в регионах с уже ограниченными запасами пресной воды. Дефицит рабочих мест вызывает рост безработицы, что усугубляет экономическую нестабильность и повышает уровень бедности среди населения. Эти факторы создают благоприятную почву для возникновения различных социальных проблем, таких как рост преступности, ухудшение здоровья населения из-за неблагоприятных условий жизни, а также усиление социальной напряжённости и конфликтов между различными группами населения. В условиях перенаселения также страдает экологическая обстановка: ухудшается качество воздуха и воды, уменьшаются зелёные зоны, что негативно сказывается на общем уровне жизни и здоровье населения. Таким образом, превышение демографической ёмкости территории ведёт к цепной реакции, влекущей за собой негативные последствия, которые могут угрожать устойчивому развитию региона. Для смягчения этих проблем необходимо принимать меры по оптимизации использования ресурсов, улучшению инфраструктуры и перераспределению населения с целью снижения нагрузки на наиболее перенаселённые районы.

Высокая плотность населения отрицательно сказывается на экологической обстановке территории из-за усиленного антропогенного воздействия. В таких условиях ухудшаются санитарно-гигиенические условия, что значительно повышает риск распространения инфекционных заболеваний. Кроме того, территориальное распределение населения показывает, как оно распределяется между городскими и сельскими районами [4, 5].

Демографическая ёмкость территории — это предельное количество людей, которое может проживать на данной территории при заданных условиях без снижения качества жизни и негативного влияния на окружающую среду. Для оценки демографической ёмкости городских территорий могут применяться различные методы, в зависимости от доступных данных и целей исследования. Анализ демографической ёмкости выполняет большую и важную роль в планировании устойчивого развития городских территорий и предупреждения чрезмерного антропогенного воздействия на городскую экосистему [4].

Город Астана, как столица Республики Казахстан, являющийся главным политическим, экономическим, культурным и научным центром страны, испытывает значительный рост численности населения в последние годы. В свою очередь увеличение населения приводит к повышенной нагрузке на внутреннюю инфраструктуру и природные ресурсы города и пригородной зоны. Исследования демографической ёмкости урбанизированных центров как город Астана, являются несомненно важными предпосылками для эффективного планирования и обеспечения устойчивого развития городской территории.

## Материалы и методы

Объектом исследования является территория города Астаны, представляющая собой сложную и многогранную природно-техногенную систему. Этот современный и крупный мегаполис является не только центром социально-экономической активности, но и служит примером взаимодействия общества и природы в урбанизированной среде. В таких городах, как Астана, поддержание экологического баланса является ключевым фактором устойчивого развития и благополучия местного населения.

Природно-техногенная система города Астана включает в себя не только инфраструктуру и здания, но и природные компоненты, такие как водоемы, зеленые насаждения и атмосфера и много другое. Взаимодействие всех этих природных и не природных компонентов определяет общую устойчивость экосистемы, которая зависит от многих факторов, в том числе и от экологического баланса. Под экологическим балансом понимается состояние, при котором использование природных ресурсов городских территорий не приводит к их истощению и деградации окружающей среды. Это состояние поддерживается за счет грамотного управления ресурсами и минимизации негативного воздействия человеческой деятельности на экосистемы.

Одним из ключевых факторов устойчивости природно-техногенной (городской) системы является демографическая емкость территории. Данный показатель отражает максимальное количество людей, которое может проживать на данной территории без ухудшения условий существования и без большого истощения природных ресурсов. Демографический потенциал напрямую зависит от способности населения обеспечивать себя необходимыми средствами существования, такими как пища, вода и жилье, используя ресурсы, имеющиеся в пределах городской территории. Демографический потенциал территории города Астаны напрямую зависит от эффективности потребления природных ресурсов как внутренних так и внешних (пригородных). Это означает, что чем эффективнее используются данные ресурсы, как вода, почва и леса, тем больше людей могут комфортно проживать на этой территории. Эффективное управление такими ресурсами позволяет увеличить демографический потенциал города, что очень важно в условиях быстрого роста городского населения.

Важным фактором является, что демографическая несущая способность является прямым порогом для определения целесообразности интенсификации использования как земельных, так и водных, лесных ресурсов прилегающей территории. Если демографическая несущая способность достигает общего предела, необходимо тщательно продумывать последствия дальнейшего расширения и увеличения использования природных ресурсов. Превышение этого порога непосредственно приведёт к деградации экосистем города, ухудшению качества жизни населения и в целом к масштабным экологическим кризисам.

Таким образом, исследование территории городской среды Астаны в контексте её демографической ёмкости и устойчивости природно-техногенной экосистемы представляет собой ключевую задачу для республики в целом. Оно позволяет не только оценить текущую ситуацию, но и разрабатывать стратегии для обеспечения краткосрочного и долгосрочного устойчивого развития города, учитывая, как социальные, так и экологические аспекты человечества и системы [3, 6]. Методы исследования включают анализ статистических данных, картографирование и расчет демографической емкости по различным параметрам: наличие территории, водные ресурсы, рекреационные ресурсы и сельскохозяйственные земли [7].

Методика расчета состоит в определении и сопоставлении между собой частных демографических емкостей рассматриваемого района [5, 8]:

Демографическая емкость по наличию территории

$$D_1 = \frac{T \times 1000}{H}, \quad (1)$$

где,

$T$  – площадь земель населенных пунктов, га;

$H$  – ориентировочная потребность в территории 1000 жителей, для промышленных районов 20–30 га, для сельскохозяйственных зон 30–40 га.



## Результаты и обсуждение

Согласно данным Бюро национальной статистики Республики Казахстан площадь города Астаны включая микрорайоны составляет 79 733 га и состоит из шести административных микрорайонов: «Алматы» - 8 518 га; «Байқоныр» – 18 129 га, «Есіл» - 20 022 га, «Нұра» - 19 336; «Сарыарка» - 6 775 га и самый новый район «Сарайшық» – 6 953 га [9] (Рисунок 1).

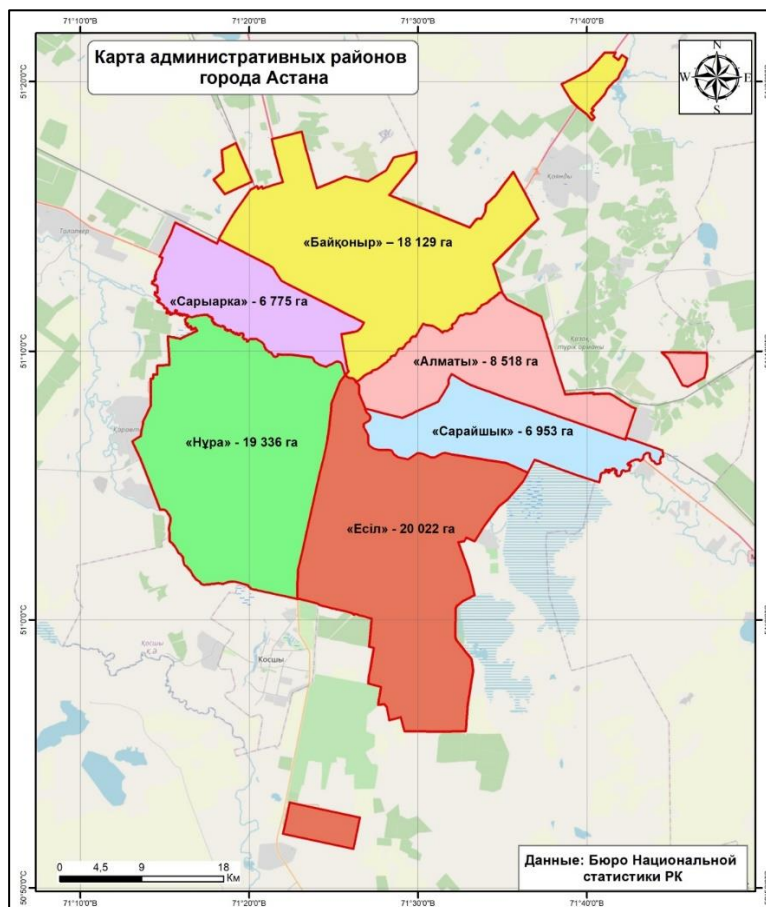


Рисунок 1. Карта административных районов города Астана

Для Астаны, учитывая смешанный характер, использовали значение  $H = 30$  га:

$$D_1 = \frac{79733 \times 1000}{30} = 2657767 (\text{чел})$$

По статистическим и фондовым данным, на 1 мая 2024 года в городе Астана зарегистрировано 1 458,1 тыс. человек, что составляет лишь 55% от установленной демографической ёмкости. Это в свою очередь показывает, что территория города Астана может вместить большее количество жителей. Однако текущее распределение городского населения по территории микрорайонов города является неэффективным: 82% жителей сконцентрированы на 8% всей площади города.

Демографическая ёмкость по наличию поверхностных вод

Водоснабжение города Астана осуществляется из Астанинского водохранилища с площадью зеркала 5430 га, объёмом воды 410,9 млн м<sup>3</sup> и средней глубиной 7,2 м (Рисунок 2). Полезный объём составляет 375,4 млн м<sup>3</sup>, несрабатываемый «мёртвый» объём воды в водохранилище составляет 35,5 млн м<sup>3</sup>. Водопотребление города в 2020



году и фактический водозабор составили 89,944 млн м<sup>3</sup>/год (или 246,4 тыс. м<sup>3</sup>/сут). Водозаборы из НС Тельмана составили 15,453 тыс. м<sup>3</sup>/год (или 42,34 тыс. м<sup>3</sup>/сут), а другие водоёмы — 1,11 м<sup>3</sup>/с (или 95,904 м<sup>3</sup>/сут) [10].

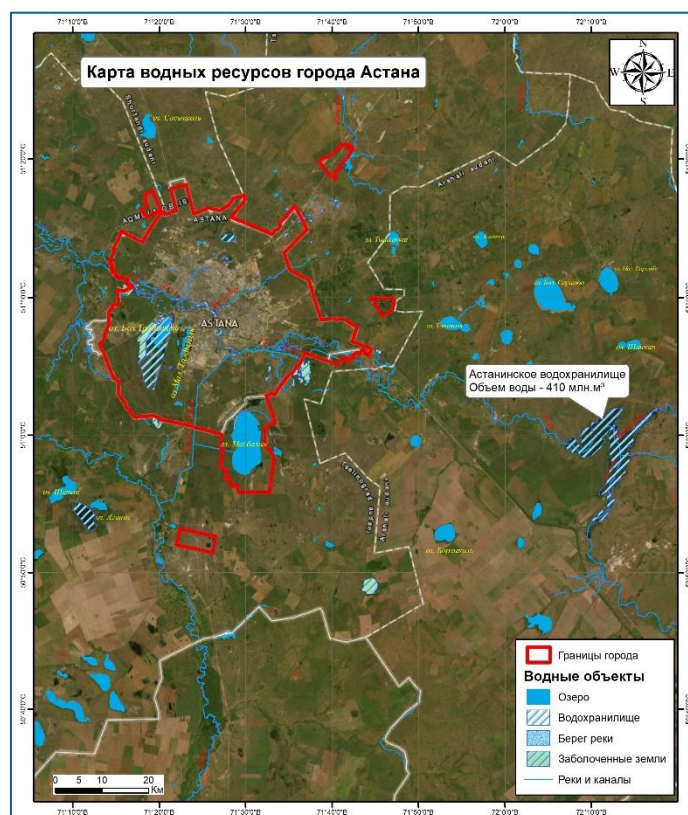


Рисунок 2. Карта водных ресурсов города Астана

Для расчёта ёмкости территории по поверхностным водам в контексте Астаны, города с высоким уровнем урбанизации и значительным потреблением воды, можно использовать формулу [10]:

$$D_2 = \frac{\sum(P \times K \times 1000)}{\rho}, \quad (2)$$

где,

$P$  – сумма расходов воды в водотоках при входе в район, м<sup>3</sup>/сут.

$\rho$  – нормативная водообеспеченность, м<sup>3</sup>/сут на 1 тыс. жителей.

$K$  – коэффициент наличного стока.

Необходимые данные для расчета:

1) Включая водозаборы из Астанинского водохранилища, НС Тельмана, и другие водоемы сумма расходов воды в водотоках при входе в район:

$$P = 246,6 + 42,34 + 95,904 = 384,644 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

2) Нормативная водообеспеченность  $\rho$  – это установленное количество воды, необходимое для обеспечения потребностей населения на определенной территории, выражаемое в кубических метрах в сутки на 1 тысячу жителей. Это значение может варьироваться от 150 до 250 литров на человека в день и зависит от ряда факторов,

таких как климат, уровень урбанизации, экономическое развитие и стандарты жизни [11].

Для расчета ёмкости территории по поверхностным водам в контексте Астаны, города с высоким уровнем урбанизации и значительным потреблением воды, можно использовать значение около  $\rho = 200 \text{ м}^3 / \text{сут}$  на 1000 человек.

3) Коэффициент наличного стока  $K$  не является постоянной величиной и может варьироваться в зависимости от различных факторов таких как: географическое положение, тип водосбора, сезонные изменения, тип почвы и растительности.  $K$  для Астаны, учитывая его урбанизированный характер и климатические условия равен = 0.5. Используя вышеперечисленные значения получаем:

$$D_2 = \frac{384,644 \text{ м}^3 / \text{сут} \times 0,5 \times 1000}{200 \text{ м}^3 / \text{сут}} = 961,610 \text{ чел}$$

Таким образом, демографическая ёмкость по микрорайонам территории города Астана по поверхностным водам составляет 961 тыс. человек, что является ограничивающим фактором в сравнении с текущим населением. Кроме того, при ежегодном увеличении потребления воды, острый дефицит питьевой воды может наступить при суточном потреблении воды в объёме 1000 тыс. м<sup>3</sup>. В расчете не используется демографическую ёмкость территории Астаны по подземным водам, по причине того что из подземных водоисточников (скважин) обеспечивается всего 1,0 % населения г. Астана (жители жилого массива Интернациональный, и жилых массивов Мичурино и Нефтяников).

Демографическая ёмкость территории по условиям организации отдыха у воды [12].

Для города Астана, который характеризуется резко-континентальным климатом расчет демографической ёмкости по условиям организации отдыха у воды показал, что текущие водные ресурсы способны обеспечить отдых для ограниченного числа населения.

Применяя формулу [12]:

$$D_3 = \frac{2B \times C \times 1000}{0,5 \times M_1}, \quad (3)$$

где,

$B$  – длина водотоков, пригодных для купания, км (включая реку Есиль и ее притоки, общей длиной 89.2 км);

$C$  – коэффициент для степной зоны (0.3);

$M_1$  – коэффициент для района с резко-континентальным климатом (0.35),

мы получаем:  $D_3 = 305,257$  человек

Это означает, что водные ресурсы города Астаны позволяют организовать полноценный отдых для более чем 300 тысяч жителей, что важно учитывать при планировании инфраструктуры и зон отдыха города [13].

Демографическая ёмкость по условиям создания пригородной сельскохозяйственной базы.

По данным установленным в 2023 году ГУ «Департамент государственного санитарно-эпидемиологического надзора города Астаны с ГУ «Департамента архитектуры и градостроительства города Астаны» территория города Астаны поделена на четыре крупные макрзоны:

1. Административно-жилая (селитебная зона) – жилые постройки
2. Промышленная зона (производственная зона) – пром. площадки

3. Земли сельхоз использования и земли РГП «Жасыл аймак» - земли под использование

4. Резервные земли (прочие, специального назначения, для нужд обороны, и иного режима использования)

Большую площадь на территории города Астаны занимают сельскохозяйственные угодья - 46887,3 гектар земель, или 58,81% (Рисунок 3).

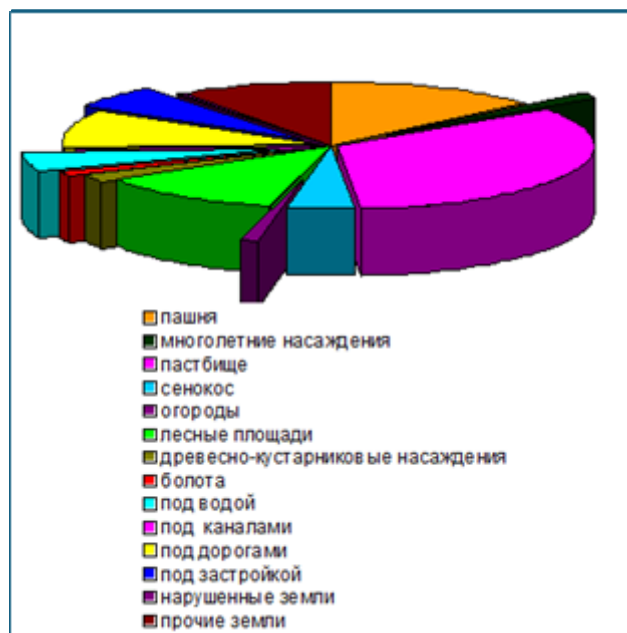


Рисунок 3. Структура распределения земель города

Для расчета демографической емкости по условиям создания пригородной сельскохозяйственной базы используем формулу [14]:

$$D_4 = \frac{T_{cx} \times q}{S_{чел}}, \quad (4)$$

где,

$T_{cx}$  – площадь территории района, благоприятной для ведения сельского хозяйства, га;  $q$  – коэффициент, учитывающий использование сельскохозяйственных запасов под пригородную базу, в среднем  $q = 0,25$ ;  $S_{чел}$  – ориентировочный показатель потребности жителей района в землях пригородной сельскохозяйственной базы, 0,5 га/чел. [4].

Для Астаны этот показатель равен:

$$D_4 = \frac{46887,3 \times 0,25}{0,5} = 23443,65(чел)$$

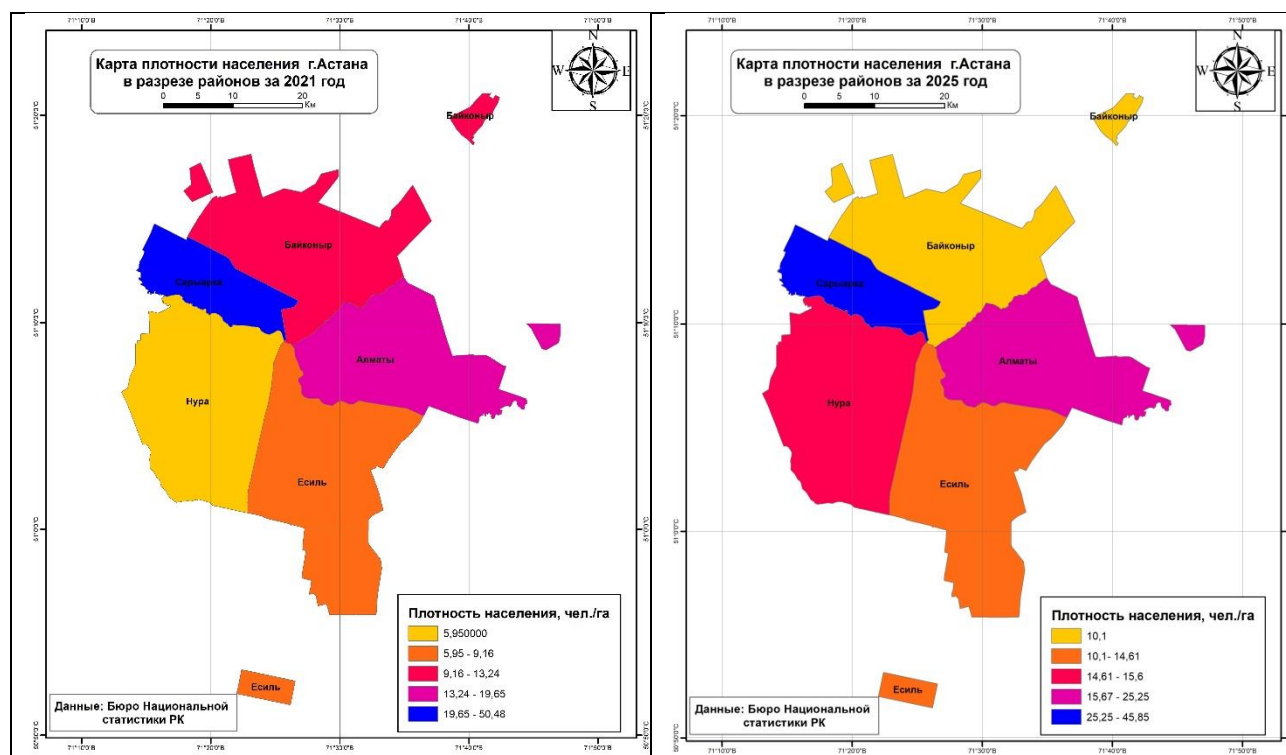
Площадей сельскохозяйственных земель в общей структуре пригородной территории необходимой для организации сельскохозяйственной базы недостаточна, но данный показатель компенсируется, потому что Акмолинская область специализируется на сельскохозяйственной продукции, и занимает передовые места в республике по производству сельскохозяйственной продукции.

## Заключение

В данное время в состав Астанинской агломерации (пригорода) входят сам город Астана и 46 населенных пунктов, из 3-х районов Акмолинской области, включая город Косшы, где проживает более 40% населения области [15]. За последние 5 лет население города Астаны выросло на 46% (Рисунок 4, 5), и по прогнозам будет расти. По фондовым и прогнозным данным, к 2035 году население города Астаны составит 2,3 миллиона человек [9].

Ежедневный приток людей, имигрирующих из пригородных поселков в столицу, превышает 200 тысяч человек, в том числе более тридцати тысяч автомобилей. Такой значительный трафик создает множество проблем для города Астаны. Прежде всего, увеличивается нагрузка на транспортную сеть, что провоцирует пробки, заторы и замедление движения. В результате растет потребность в расширении и модернизации дорог, общественного транспорта и парковочных мест.

Кроме того, нагрузка на социальную инфраструктуру - школы, больницы, детские сады и другие учреждения - значительно возрастает по мере роста спроса на их услуги. Жилье также находится под давлением, поскольку многие мигранты остаются в городе на более длительный срок, что приводит к нехватке жилой площади и повышению арендных ставок.



**Рисунок 4. Карта распределения населения по территории города Астана 2021-2025**

Растет и потребление коммунальных услуг, таких как электричество, водоснабжение и отопление. Все это в совокупности ставит перед городскими властями новые задачи, требующие разработки комплексных стратегий для эффективного управления нагрузками на инфраструктуру и улучшения условий жизни в столице.

Концентрация общего ресурсного потенциала, включая производственные мощности, также рабочую силу, также транспортные системы и другие виды инфраструктуры, на относительно небольшой территории столицы неизбежно

приведет к ускоренному использованию природных ресурсов города и пригородной территории. Поскольку крупные промышленные предприятия, трудовые ресурсы и логистические сети сосредоточены на ограниченной территории пригорода, темпы добычи, переработки и потребления таких ресурсов, как вода, минералы, энергия и земля, будут расти ежегодно.

Такой процесс координально увеличивает давление на природные геоэкосистемы, что в свою очередь вызывает деградацию почвы, относительное загрязнение водоёмов и большое загрязнение атмосферы, а также уменьшение естественных природных площадей и утрату биологического разнообразия в пригороде. Например, большое потребление водных ресурсов для нужд промышленности и населения приводит к их дефициту, особенно на фоне роста численности населения. Земельные ресурсы оказываются под угрозой чрезмерной эксплуатации, что пагубно влияет на плодородие и приводит к разрушению почв.

Поэтому возникает угроза моментального истощения природных ресурсов, что негативно повлияет в свою очередь на устойчивость экосистем и экономическую стабильность всего региона. Для предотвращения таких последствий разрабатываются стратегии рационального использования природных ресурсов, внедряются экологически безопасные технологии и переходы к устойчивым моделям развития общества, чтобы обеспечить сохранение природных ресурсов для следующего поколения.

Проведенный нами анализ показывает, что демографическая ёмкость территории города Астаны по ряду показателей превышена, и будет ещё превышать в ближайшем будущем. Относительное экологическое равновесие может быть достигнуто при увеличении численности населения только при условии внедрения мер по снижению антропогенного воздействия, таких как ресурсосберегающие технологии, развитие очистных сооружений и увеличение зелёных зон.

**Финансирование:** Данное исследование было проведено в рамках научного проекта (грант №AP19676580) и профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Вклад авторов:** Концептуализация, анализ и написание текста – Берденов Ж.Г., Какимжанов Е.С.; сбор данных и валидация – Берденов Ж.Г., Какимжанов Е.С., Курманов Н.Б.; подготовка оригинального проекта – Берденов Ж.Г., Курманов Н.Б.; корректировка и утверждение окончательного варианта статьи для публикации – Берденов Ж.Г., Какимжанов Е.С. Все авторы рассмотрели и согласились с опубликованной версией рукописи.

## Список литературы

1. Zakirov I.V., Bogolyubov A.V. Geographical Aspects of Demographic Forecasting Methods // University news. North-Caucasian region. Natural sciences series. - 2020. - № 4(208). - P. 75–80. <https://doi.org/10.18522/1026-2237-2020-4-75-80>
2. Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В. Экология. Природа – Человек – Техника. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.
3. Мягков С.М. Пути к социально-экологической устойчивости России // Вестник МГУ. Серия географическая. – 1995. - № 5. – С. 3-9.
4. Петрова Е.Г. Демографическая ёмкость территории субъектов РФ при экологически устойчивом типе природопользования // Вестник МГУ. Сер Географическая. – 2007. – №3. – С. 28–33.
5. Fric U., O’Gorman W., Rončević B. Strategic Competence Model for Understanding Smart Territorial Development // Societies. – 2023. – Vol. 13., № 3 – P. 76. <https://doi.org/10.3390/soc13030076>



6. Бибатырова И.А. Алматы как центр формирующейся агломерации: состояние и возможности развития // Вестник университета «Туран». – 2018. – № 4. – С. 20-26.
7. Fang C., Zhou C., Gu C., Chen L., Li S. A proposal for the theoretical analysis of the interactive coupled effects between urbanization and the eco-environment in mega-urban agglomerations // Journal of Geographical Sciences. – 2017. – 27(12). – P. 1431–1449. <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1445-x>
8. Liu R.Z., Borthwick A.G.L. Measurement and assessment of carrying capacity of the environment in Ningbo, China // Journal of Environmental Management. – 2011. – 92(8). – P. 2047–2053. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman-2011.03.033>
9. Численность населения Республики Казахстан (на 1 февраля 2024г.) // Бюро Национальной статистики. – Астана, 2024. [Электронный ресурс]. URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/social-statistics/demography/> (дата обращения: 25.03.2024).
10. Антипова Е. А. Геодемографические феномены глобальных городов // Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География. – 2010. - № 2. – С. 112-113.
11. Calvo-Palomares R., Aguado-Hernández J.A., Sigalat-Signes E. and Roig-Merino B. Evaluation of Territorial Capacity for Development: Population and Employment // Land. – 2023. – 12(9). – 1773. <https://doi.org/10.3390/land12091773>
12. Zhang M., Tan S., Zhang Y., He J., Ni Q. Does land transfer promote the development of new-type urbanization? New evidence from urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River // Ecological Indicators. – 2022. - Vol. 136. – 108705. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108705>
13. Feurich M., Kourilova, J.; Pelucha, M.; Kasabov, E. Bridging the urban-rural digital divide: Taxonomy of the best practice and critical reflection of the EU countries' approach // European planning studies. – 2023. – Vol. 32, № 3. – P. 483–505. <https://doi.org/10.1080/09654313.2023.2186167>
14. Graymore M., Sipe N., & Rickson R. Sustaining human carrying capacity: A tool for regional sustainability assessment // Ecological Economics. – 2010. – 69(3). – P. 459-468. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.016>
15. Генеральный план города Астаны до 2035 года. Т. 1. Астана, 2023. 63 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/487827?lang=ru/> (Дата обращения 22.05.2024).

**Ж.Г.Берденов<sup>1</sup>, Е.С.Кәкімжанов<sup>2</sup>, Н.Б.Курманов<sup>3</sup>**

*<sup>1,2,3</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

### **Астана қаласы аумағының демографиялық әлеуетін талдау**

**Аңдатпа.** Республикалық маңызы бар ірі қалалар мен облыс орталықтарының демографиялық әлеуетін анықтау қала халқының қарқынды өсуі жағдайында өзекті бола түсуде. Урбанизация және халық тығыздығының артуы жағдайында ресурстар мен өмір сүру мүмкіндіктерін оңтайлы бөлу қала құрылысы мен басқарудың басты мәселесіне айналады.

Осы жұмыс шеңберінде қаланың тұрақты дамуын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқаратын аумақтық, су және рекреациялық ресурстармен қамтамасыз ету көрсеткіштерін ескере отырып, Астана қаласының демографиялық әлеуетін егжей-тегжейлі бағалау жүргізілді. Демографиялық әлеуетті анықтау халықтың өмір сүруін қамтамасыз етудің негізгі шарттарын білдіретін табиғи-экономикалық факторларды кешенді талдау негізінде жүзеге асырылды. Бұл зерттеудің маңызды аспектісі қала ресурстарына рұқсат етілген антропогендік жүктеменің шектерін зерделеу болды, бұл рұқсат етілген нормалардан асып кетуге байланысты ықтимал қауіптер мен тәуекелдерді анықтауға мүмкіндік берді.

Талдау көрсеткендей, бірқатар жағдайларда аумақтың демографиялық сыйымдылығы ең жоғары мәндерге жетті немесе жақын арада олардан асып түседі. Бұл ресурстарды пайдалануды оңтайландыру және урбанизацияның қоршаған ортаға теріс әсерін барынша азайту бойынша шұғыл шараларды талап етеді. Жұмыста табиғи ресурстарға жүктемені азайтатын ресурс үнемдейтін технологияларды енгізу, сондай-ақ азаматтардың жайлы және тұрақты өмірін қамтамасыз ету үшін қалалық инфрақұрылымды дамыту және жаңғырту қажеттігі атап өтілген.

Осылайша, зерттеу ағымдағы және болашақтағы демографиялық өзгерістерді ескере отырып, қала құрылысын жоспарлауға кешенді тәсілдің қажеттілігін, сондай-ақ экологиялық тепе-теңдікті сақтауға және қалалық агломерациялардың тұрақты өсуін қамтамасыз етуге

бағытталған стратегиялық шешімдердің маңыздылығын растайды.

**Түйін сөздер:** қала жүйесі, экологиялық қуат, демографиялық мүмкіндік, Астана қаласы.

**Zh.G.Berdenov<sup>1</sup>, E.S.Kakimzhanov<sup>2</sup>, N.B.Kurmanov<sup>3</sup>**  
*<sup>1,2,3</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

### **Analysis of demographic capacity of the territory of the city of Astana**

**Abstract.** The determination of demographic capacity in large cities of republican significance and regional centers is becoming increasingly relevant as the urban population continues to grow. The rapid pace of urbanization and the resulting increase in population density have made it essential to understand and manage the carrying capacity of urban environments effectively.

In this paper, a comprehensive assessment of the demographic capacity of the city of Astana is conducted, focusing on critical factors such as the availability of territory, water, and recreational resources. These elements are vital for ensuring the sustainable development of the city and maintaining the quality of life for its inhabitants. The determination of demographic capacity involves a detailed analysis of natural and economic opportunities, which are crucial for the long-term survival and well-being of the population. By evaluating these factors, the study aims to identify the limits to which the city's resources can support its growing population without compromising future sustainability.

The analysis reveals that in certain areas, the demographic capacity of the territory has already reached or is on the verge of exceeding its limits. This poses significant challenges for urban planning and resource management, as exceeding these limits could lead to adverse effects on the environment and the overall livability of the city. The findings of this study highlight the urgency of addressing these issues by adopting proactive measures.

This paper underscores the importance of compensating for anthropogenic pressures—those pressures exerted by human activity—through the implementation of resource-saving technologies and the enhancement of urban infrastructure. By incorporating innovative technologies that reduce resource consumption and by improving infrastructure, cities like Astana can better manage their demographic growth while minimizing environmental impact.

In conclusion, the study emphasizes the need for a holistic approach to urban development planning that considers current and projected demographic trends. Strategic decisions aimed at balancing population growth with resource availability and environmental sustainability are essential for the future of rapidly growing urban centers. The insights gained from this assessment of Astana's demographic capacity could serve as a model for other cities facing similar challenges.

**Keywords:** urban system, ecological capacity, demographic capacity, Astana city.

### **References**

1. Zakirov I.V., Bogolyubov A.V. Geographical Aspects of Demographic Forecasting Methods // University news. North-Caucasian region. Natural sciences series. - 2020. - № 4(208). - P. 75–80. <https://doi.org/10.18522/1026-2237-2020-4-75-80>
2. Akimova T.A. Ekologiya. Priroda – Chelovek – Tekhnika [Ecology. Nature – Man – Technology]. (Moscow: UNITY-DANA, 2001, 343 p.) [In Russian]
3. Myagkov S.M. Puti k sotsial'no-ekologicheskoy ustoychivosti Rossii [Paths to social and ecological sustainability of Russia]. [Bulletin of Moscow State University. Geographical series]. 5. 3-9 (1995). [In Russian]
4. Petrova Ye.G. Demograficheskaya yomkost' territorii sub'yektov RF pri ekologicheski ustoychivom tipe prirodopol'zovaniya [Demographic capacity of the territory of the subjects of the Russian Federation with an ecologically sustainable type of nature management]. [Bulletin of Moscow State University. Geographical series] 3. 28-33. (2007). [In Russian]
5. Fric U., O'Gorman W., Rončević B. Strategic Competence Model for Understanding Smart Territorial Development // Societies. – 2023. – Vol. 13., № 3 – P. 76. <https://doi.org/10.3390/soc13030076>



6. Bibatyrova I.A. Almaty kak tsentr formiruyushchey aglomeratsii: sostoyaniye i vozmozhnosti razvitiya [Almaty as the center of the emerging agglomeration: state and development opportunities]. [Bulletin of the University Turan] 4/ 20-26 (2018). [In Russian]
7. Fang C., Zhou C., Gu C., Chen L., Li S. A proposal for the theoretical analysis of the interactive coupled effects between urbanization and the eco-environment in mega-urban agglomerations // Journal of Geographical Sciences. – 2017. – 27(12). – P. 1431–1449. <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1445-x>
8. Liu R.Z., Borthwick A.G.L. Measurement and assessment of carrying capacity of the environment in Ningbo, China // Journal of Environmental Management. – 2011. – 92(8). – P. 2047–2053. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman-2011.03.033>
9. Official website Ministry of Ecology and natural resources of the Republic of Kazakhstan. Master plan of Astana city until 2035. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/487827?lang=ru/>
10. Антипова Е. А. Геодемографические феномены глобальных городов // Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География. – 2010. - № 2. – С. 112-113.
11. Calvo-Palomares R., Aguado-Hernández J.A., Sigalat-Signes E. and Roig-Merino B. Evaluation of Territorial Capacity for Development: Population and Employment // Land. – 2023. – 12(9). – 1773. <https://doi.org/10.3390/land12091773>
12. Zhang M., Tan S., Zhang Y., He J., Ni Q. Does land transfer promote the development of new-type urbanization? New evidence from urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River // Ecological Indicators. – 2022. - Vol. 136. – 108705. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108705>
13. Feurich M., Kourilova, J.; Pelucha, M.; Kasabov, E. Bridging the urban-rural digital divide: Taxonomy of the best practice and critical reflection of the EU countries' approach // European planning studies. – 2023. – Vol. 32, № 3. – P. 483–505. <https://doi.org/10.1080/09654313.2023.2186167>
14. Graymore M., Sipe N., & Rickson R. Sustaining human carrying capacity: A tool for regional sustainability assessment // Ecological Economics. – 2010. – 69(3). – P. 459-468. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.016>
15. Official website of the Office of National Statistics of the Republic of Kazakhstan. URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/social-statistics/demography/>

#### Сведения об авторах:

**Берденов Жарас Галимжанович** – PhD, ассоциированный профессор, декан факультета естественных наук Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва, ул. Сатбаева 2, 010008, Астана, Казахстан.

**Кәкімжанов Еркін Серікұлы** – Докторант 2 года обучения по образовательной программе 8D05213-География Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва, ул. Сатбаева 2, 010008, Астана, Казахстан.

**Қурманов Нурлан Бейсенович** – Магистрант 2 года обучения по образовательной программе 7M05213-География Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва, ул. Сатбаева 2, 010008, Астана, Казахстан.

**Berdenov Zharas Galimzhanovich** - PhD, Associate Professor, Dean of the Faculty of Natural Sciences of L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.

**Kakimzhanov Ersin Serikuli** – Doctoral student 2 years of study in the educational program 8D05213-Geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.

**Kurmanov Nurlan Beysenovich** – Master's student 2 years of study in the educational program 7M05213-Geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



МРНТИ 05.11.47

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-80-92>

Научная статья

## Воспроизводство населения как показатель качества жизни (на примере Большой Кавказской провинции Азербайджанской Республики)

Т.М. Гусейнова



Министерство Науки и Образования Азербайджана, Институт Географии имени академика Г.А.Алиева,  
Баку, Азербайджан

(E-mail: [huseynova-turana@mail.ru](mailto:huseynova-turana@mail.ru))

**Аннотация.** Демографические показатели занимают важное место в системе показателей, определяющих качество жизни. Вопросы улучшения демографических показателей качества жизни населения особенно актуальны для региона Большого Кавказа, играющего важную роль в социально-экономическом и геополитическом развитии Азербайджанской Республики и обладающего высоким демографическим и трудовым потенциалом. Основной целью научно-исследовательской работы, имеющей практическое значение, является изучение тенденций демографических процессов в регионе Большого Кавказа и их влияния на качество жизни населения. На основе статистических материалов изучены демографические показатели населения, проживающего в регионе, исследовано современное состояние современных демографических процессов и то, как они влияют на качество жизни. По результатам исследования роль демографических факторов в качестве жизни населения, проживающего в регионе, в последние годы значительна. Выяснилось, что рождаемость и естественный прирост в регионе за анализируемый период снизились. Смертность увеличилась за последние 2 года.

**Ключевые слова:** демографические процессы, качество жизни, рождаемость, смертность, младенческая смерть, естественный прирост.

## **Введение**

Обеспечение качества жизни населения является одним из основных условий экономики страны и приоритетной задачей в решении задач ее социально-экономического развития. При изучении качества жизни анализы проводятся по многим направлениям. Их можно условно разделить на экономические, социальные, демографические и другие групповые показатели. Демографические аспекты качества жизни включают численность населения, естественный прирост, рождаемость, смертность, старение населения, половозрастную структуру и другие показатели. Обеспечение качества жизни требует правильной организации медицинских и образовательных услуг в стране [1]. Для того чтобы определить спрос и предложение на эти услуги, в первую очередь необходимо изучить демографические показатели населения. Таким образом, быстрый рост или устойчивая убыль населения негативно влияет на устойчивое развитие. В настоящее время наблюдаемый в мире быстрый рост населения приводит к резкому увеличению использования окружающей среды и росту потребности, необходимой для жизнедеятельности населения. Это влияет на рост бедности, экономической отсталости и т.д. В то же время убыль населения в развитых странах и ускорение процессов старения в мире приводят к сокращению трудовых ресурсов и численности будущих поколений, играющих важную роль в устойчивом развитии [2].

Показатели рождаемости и смертности являются одним из основных показателей оценки демографической ситуации и определения качества жизни населения. Коэффициенты рождаемости и смертности оказывают существенное влияние на изменение численности населения и определяют состояние его здоровья. Уровень смертности также зависит от факторов уровня социально-экономического развития страны и ее регионов, проживания населения в городах и селах, повышения уровня жизни населения [3, 4]. Уровень смертности зависит от возраста, различных заболеваний и условий окружающей среды. Поскольку экологические условия в городах более напряженные, чем в сельской местности, уровень смертности в городах выше, а смертность среди мужчин значительно выше, чем среди женщин. Это связано с тем, что мужчины работают в тяжелых условиях труда по сравнению с женщинами, а также с большим количеством случаев заболеваний. В целом рождаемость и смертность населения напрямую определяют качество жизни населения в зависимости от места проживания населения (в городах или селах), условий труда, уровня предоставляемых социально-культурных услуг, медицинского обслуживания.

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме качества жизни и устойчивого развития регионов страны. Одной из важных задач является повышение качества жизни в отдельных регионах Азербайджанской Республики, в том числе улучшение благосостояния населения [5, 6]. Развитие качества жизни населения в регионе Большого Кавказа всегда было в центре внимания государства. Хотя демографические проблемы населения региона изучались выдающимися учеными и исследователями, качество жизни глубоко не изучалось. Данная исследовательская работа ориентирована на качество жизни населения региона, его демографическое изучение и анализ.

## Материалы и методы

В исследовательской работе были использованы работы зарубежных ученых, таких как В.М. Жеребин и А.Н. Романов (2002), которые проводили исследования в этой области, чтобы применить информацию к региону. Так как, в своих работах они более точно и широко объяснили понятие «качество жизни». С.А. Васнев (2001) при оценке понятия качества жизни использовал комплексные социально-экономические показатели, такие как уровень здоровья и образования населения, средняя продолжительность жизни, рождаемость. К. Кинселла (2000) исследовал демографические характеристики населения, такие как пол-возраст, Скирбек (2004) их возрастные группы, трудовые ресурсы, М.Ш. Салимов (2004) развитие человеческого потенциала по качеству жизни, медико-экологическая характеристика, характеристики материального благополучия и занятости, параметры зоны безопасности.

Азербайджанские ученые А. Алиев (2000), Н. Гасымов (2000), Ш.М. Мурадов (2004), Ч.Б. Гулиев (2011), Р.С. Абдуллаева (2014), М.Х. Ризаева (2014) изучали уровень жизни населения и пути его улучшения, оценена взаимосвязь между процессами демографического развития и социально-экономическими показателями, характеризующими уровень жизни населения. З.Н. Эминов (2005), З.Т. Имрани (2007), Н.А. Пашаев (2010), Н.Х. Айюбов (2010), Э.С. Бадалов (2016), Р.Н. Каримов (2015), Х.М. Тахирова (2016) и др. ученые изучали изменения демографических показателей населения в результате социально-политических и экономических процессов, происходящих в отдельных экономических районах Азербайджана, их причины и последствия [7]. Хотя в направлении демографического развития населения в отдельных регионах проведен ряд исследований, формирование качества жизни населения демографически не изучено. Одни из названных выше исследователей проанализировали улучшение качества жизни населения региона, другие проанализировали его с точки зрения демографических исследований. В связи с этим демографическое исследование качества жизни населения Большого Кавказа можно считать первым исследованием. Статистическая база, использованная в ходе исследования, включала материалы переписей населения 1999 и 2009 годов, статистические показатели 2000-2021 годов.

Вся информация, используемая в статье, взята из официальных источников, опубликованных в последние годы. Исследовательская работа разрабатывалась на основе математико-статистического, картографического, сравнительного анализа, системно-структурных и др. методов.

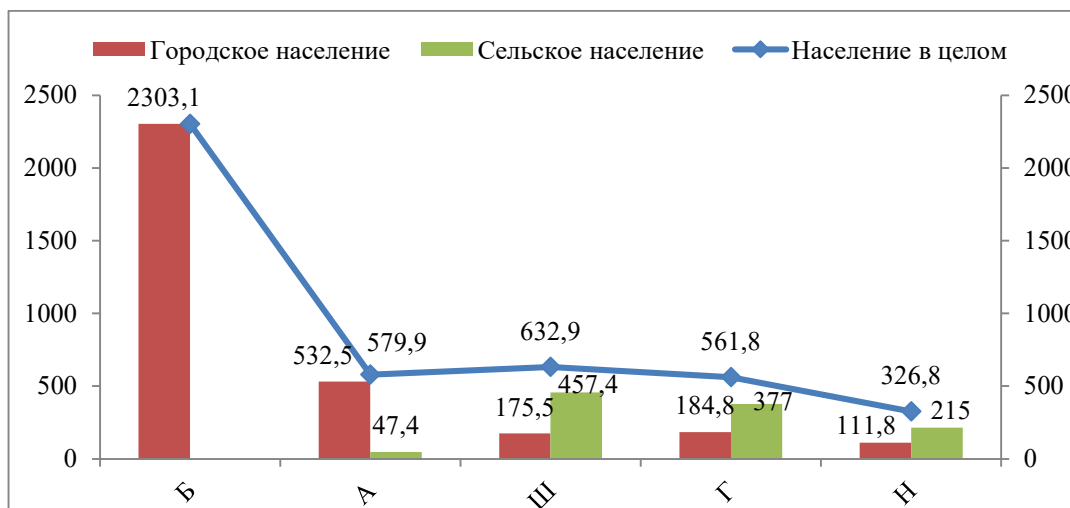
## Результаты и обсуждение

Исследуемый регион Большого Кавказа имеет выгодное экономико-географическое положение на севере, северо-западе и северо-востоке Азербайджанской Республики. Эффективно используя природный, демографический и экономический потенциал Большого Кавказа, можно добиться устойчивого развития, высокого уровня жизни и качества населения [8, 9]. При изучении качества жизни населения области основные демографические процессы, такие как численность населения, рождаемость, смертность, естественный прирост, демографическая нагрузка, половозрастной состав населения, их изменения по годам, причины изменений и ожидаемых результатов.

Площадь Большого Кавказа составляет 25,7 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 29,6% территории страны. По данным 2022 г., население Большого Кавказа составляет 4404,5 тыс. человек, что составляет 43,4% населения страны [10]. В состав Большого Кавказа

входят Апшерон-Хызынский, Шеки-Загатальский, Губа-Хачмазский и Нагорно-Ширванский экономические районы.

Городское население региона Большого Кавказа составляет 3307,7 тыс. человек, сельское – 1096,8 тыс. человек (Рисунок 1). Удельный вес городского и сельского населения в стране составляет 61,6% и 22,9% соответственно.



**Рисунок 1. Численность городского и сельского населения по экономическим районам (2022 г., тыс. чел.)**

Примечание: составлено на основании данных [10]

В городе Баку сосредоточено 69,6% городского населения региона Большого Кавказа, в Апшерон-Хызынском экономическом районе - 16,1%. Поскольку экономика других экономических районов, характеризующихся низким уровнем урбанизации, основана на сельском хозяйстве, население в основном сосредоточено в сельской местности. 41,7% сельского населения области проживает в Шеки-Загатале, 34,4% в Губе-Хачмазе, 19,6% в Нагорно-Ширване и 4,3% в Апшерон-Хызы.

Анализ показывает, что население распределено по стране и региону неравномерно. Сокращение неравенства в уровне демографического развития регионов и обеспечение их устойчивого развития является важной задачей. Между городом Баку и другими экономическими районами республики на протяжении многих лет наблюдаются резкие различия в уровне социально-экономического развития и сформированности демографического потенциала. Концентрация здесь промышленности и сферы обслуживания вызвала миграцию населения из сельской местности в город. Для повышения качества жизни в регионах, в первую очередь, необходимо ликвидировать неравенство населения. Для предотвращения оттока населения в Баку и другие города важно открыть новые рабочие места в областных центрах, поселках и сельской местности, обеспечить высокое социально-культурное и бытовое обслуживание населения и сохранение демографического потенциала на местах. С этой точки зрения особого внимания заслуживает формирование хозяйственных объектов, созданных в регионе в последние годы. Такие экономические шаги направлены на повышение благосостояния населения в будущем, обеспечение доступности при реализации производимой ими продукции. Все эти меры приведут к демографическому росту в области, особенно в сельских поселениях.

При обсуждении взаимосвязи социально-экономического роста и демографического развития большее внимание уделяется роли темпов прироста населения и возрастной структуры населения [8]. Таким образом, в статье проанализированы естественный прирост, рождаемость, смертность состав демографических факторов, влияющих на формирование качества жизни населения.

Естественный прирост: Одним из важных показателей качества жизни населения региона является естественный прирост, который является показателем экономического благополучия, качества медицинского обслуживания, укрепления и охраны здоровья матери и ребенка, здорового образа жизни и общая эффективность демографических показателей. Естественный прирост является основным источником прироста населения. При высокой численности населения и доли молодежи высоки и абсолютные показатели естественного прироста [9]. На естественный прирост населения влияет соотношение городского и сельского населения, уровень жизни населения, изменения показателей рождаемости и смертности, половозрастной состав.

Тенденции демографического развития республики сказываются и на населении Большого Кавказа. Демографический анализ естественного прироста охватывает период с 2000 по 2021 год. В течение первой пятилетки (2000-2005 гг.) в районе Большого Кавказа наблюдался рост рождаемости, смертности и естественного прироста населения. В последующие периоды имели место разные тенденции. В следующую пятилетку, т.е. в 2005-2010 гг., показатели рождаемости и естественного прироста продолжали увеличиваться, но смертность снижалась. Высокий естественный прирост населения в области был результатом увеличения рождаемости и снижения смертности. Снижение показателей смертности продолжалось до 2019 года. После 2010 года наблюдается постепенное снижение показателей рождаемости и естественного прироста. В том году рождаемость на 1000 человек в регионе составляла 17,9 человека, а естественный прирост - 11,7 человека. Это было ниже среднего показателя по республике (18,5 и 12,5 человек соответственно). В 2015-2019 годах наблюдалось резкое снижение показателей рождаемости и естественного прироста, при этом значимого изменения смертности не произошло.

В последние годы причиной снижения показателей рождаемости и естественного прироста является отход семей от принципа многодетности. Большинство семей довольствуются одним или двумя детьми. Кроме того, одной из основных причин уменьшения естественного прироста является предпочтение женщин работы в связи с социальными потребностями. После 2019 года продолжилось снижение рождаемости и естественного прироста при резком росте смертности. Естественный прирост на 1000 человек в районе Большого Кавказа снизился за последние два года на 40% с 9 до 3,6, рождаемость снизилась на 23,6% с 14,8 до 11,3. Смертность увеличилась на 32,8% с 5,8 до 7,7.

Причина резкого изменения показателей за последние два года связана с условиями пандемии, сложившимися как в нашей стране, так и во всем мире. Начиная с последних месяцев 2019 года пандемия COVID-19, распространившаяся по всему миру, оказала серьезное влияние на все регионы нашей страны, а также на Большой Кавказ. Объявление карантина в густонаселенных районах страны, формирование особого карантинного режима отразились на демографических и качественных показателях жизни населения за последние 2 года. Зафиксирован резкий рост числа смертей среди уязвимых людей и пожилых людей. В этот период увеличилось количество смертей, а запрет на организацию свадебных церемоний помешал созданию новых семей. Это серьезно сказалось на резком снижении числа новорожденных, т. е. на естественном приросте.

**Таблица 1. Показатели рождаемости, смертности и естественного прироста по экономическим районам (на 1000 чел.)**

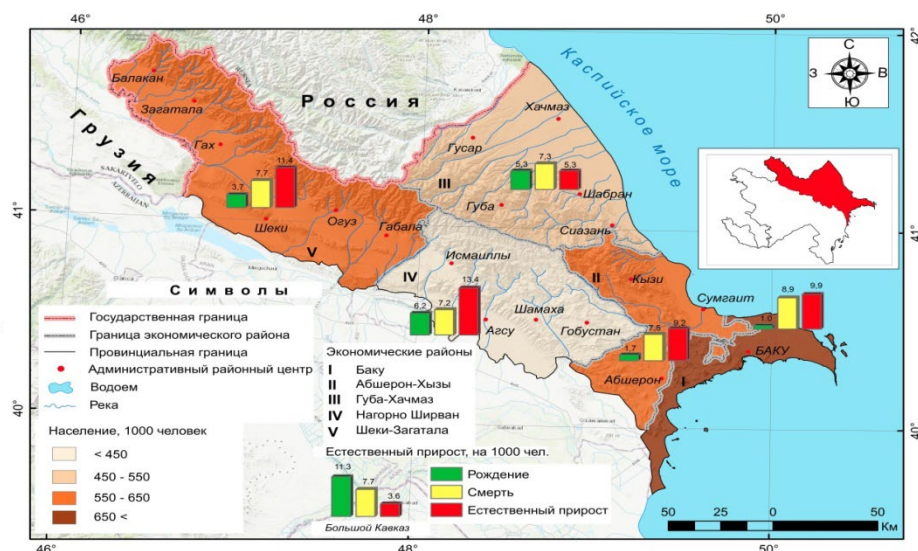
Экономические районы	2000			2005			2010			2015			2021		
	Рождаемость	Смертность	Ест.прирост	Рождаемость	Смертность	Ест.прирост	Рождаемость	Смертность	Ест.прирост	Рождаемость	Смертность	Ест.прирост	Рождаемость	Смертность	Ест.прирост
Баку	11,6	5,8	5,8	14,9	6,5	8,4	17,3	5,7	11,6	15,4	5,6	9,8	9,9	8,9	1,0
Апшерон-Хызы	13,6	5,1	8,5	14,2	6,1	8,1	13,9	4,9	9,0	15,5	4,8	10,7	9,2	7,5	1,7
Шеки-Загатала	16,0	6,7	9,3	15,8	6,9	8,9	17,3	7,0	10,3	16,9	6,3	10,6	11,4	7,7	3,7
Губа-Хачмаз	17,2	7,2	10,0	19,7	7,2	12,5	19,9	6,9	13,0	19,1	6,3	12,8	12,6	7,3	5,3
Нагорно-Ширван	19,4	7,0	12,4	21,7	6,9	14,8	21,0	6,6	14,4	20,0	6,0	14,0	13,4	7,2	6,2
<b>Большой Кавказ</b>	<b>15,6</b>	<b>6,4</b>	<b>9,2</b>	<b>17,3</b>	<b>6,7</b>	<b>10,6</b>	<b>17,9</b>	<b>6,2</b>	<b>11,7</b>	<b>17,4</b>	<b>5,8</b>	<b>11,6</b>	<b>11,3</b>	<b>7,7</b>	<b>3,6</b>
<b>Азерб.Респ.</b>	<b>14,7</b>	<b>5,9</b>	<b>8,8</b>	<b>16,9</b>	<b>6,2</b>	<b>10,7</b>	<b>18,5</b>	<b>6,0</b>	<b>12,5</b>	<b>17,4</b>	<b>5,7</b>	<b>11,7</b>	<b>11,2</b>	<b>7,7</b>	<b>3,5</b>

Примечание: Демографические показатели Азербайджана, Баку, ДСК 2005; Азербайджанские регионы, 2022 [11, 12]

Сравнение экономических районов Большого Кавказа показывает, что в период с 2000 по 2019 годы наблюдаются незначительные увеличения и уменьшения показателей рождаемости, смертности и естественного прироста. Однако в последние два года произошло существенное изменение этих показателей по экономическим районам в силу указанных выше причин. Как видно из Таблицы 1, самые высокие показатели естественного прироста населения в анализируемые периоды были в Нагорно-Ширванском, Губа-Хачмазском и Шеки-Загатальском экономических районах, а самые низкие в городе Баку и Апшерон-Хызынском экономическом районе.

По данным на 2021 год самая высокая рождаемость и естественный прирост в области наблюдается в Нагорно-Ширванском экономическом районе, и рождаемость на 1000 человек составляет 13,4 человека, естественный прирост - 6,2 человека. В Шеки-Загатале рождаемость на 1000 человек населения составила 11,4 человека, естественный прирост - 3,7 человека, в Губе-Хачмазе - 12,6 и 5,3 человека соответственно. Эти цифры выше средних показателей рождаемости и естественного прироста по области (11,3 и 3,6 человека соответственно) и среднего показателя по республике (11,2 и 3,5 человека соответственно). Наименьший естественный прирост наблюдается в городе Баку, 1,0 человека на 1000 человек, и 1,7 человека в Апшерон-Хызынском экономическом районе. Это ниже среднего показателя по области и республике (Рисунок 2).





**Рисунок 2. Показатели населения, рождаемости, смертности, естественного прироста в регионе Большого Кавказа, 2021 г. [10]**

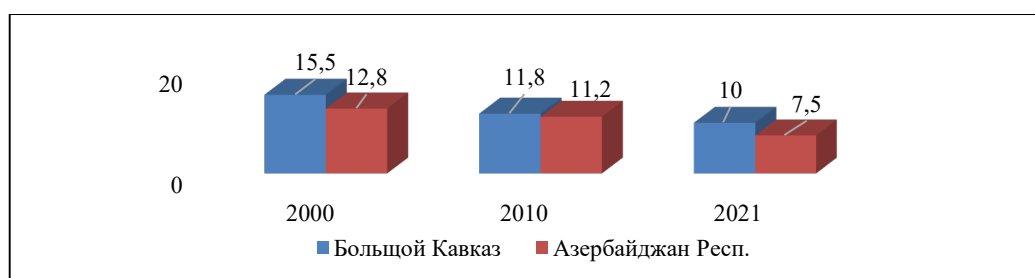
Примечание: составлено на основании данных [10]

Причиной низкого естественного прироста в городе Баку и Апшерон-Хызинском экономическом районе является бурный рост процесса урбанизации, миграция из регионов с целью трудоустройства, тенденция населения с высоким уровнем жизни к малодетности, рост загрязнения и болезней и т.д. [13]. На основании анализа показателей смертности в экономических районах, входящих в состав Большого Кавказа, можно сделать вывод, что число умерших резко увеличивается при одновременном снижении абсолютного числа рождений среди населения. Обращает на себя внимание рост числа и уровня смертности в основных городах региона, особенно в столице и других близлежащих районах. В частности, тот факт, что болезни, связанные с окружающей средой, имеют широкий ареал в этой зоне и омоложение этой болезни снижает уровень демографических показателей. Здесь основной причиной повышения считается загрязнение выбрасываемыми в атмосферу газами, нагрузки в транспорте и повседневных передвижениях, непрерывная и длительная работа. Самая высокая смертность составила в городе Баку, 8,9 человека на 1000 человек. Этот показатель на 15,6% выше, чем в среднем по стране. Показатели смертности в других экономических районах были ниже, чем в среднем по области и стране, колеблясь в пределах 7,2-7,7.

Смертность является одним из основных показателей, определяющих качество жизни населения. Уровень смертности оказывает существенное влияние на изменение численности населения и определяет состояние его здоровья [14, 15]. На основе анализа показателей смертности в экономических регионах, входящих в регион Большого Кавказа, можно сделать вывод, что рост числа и уровня смертности в основных городах региона, особенно в столице и других прилегающих районах, привлекает внимание. В частности, тот факт, что онкологические заболевания имеют широкий ареал в этой зоне и омоложение этого заболевания снижает уровень демографических показателей. Здесь основной причиной роста смертности считают выбросы загрязняющих газов в атмосферу, стрессы на транспорте и в повседневной деятельности, непрерывную и длительную работу. Самый высокий уровень смертности был в городе Баку – 8,9 человек на 1000 человек. Этот показатель на 15,6% выше среднереспубликанского показателя. В других экономических регионах показатель смертности колебался от 7,2 до 7,7 и был ниже среднереспубликанского показателя. Численность населения по возрастным группам серьезно меняется. При анализе показателей смертности по возрастным

группам заметно, что уровень младенческой смертности высок. Младенческая смертность зависит от уровня медицинского обслуживания матерей и детей, их питания, а также от прохождения женщинами медицинских осмотров во время беременности. Основная причина детской смертности – послеродовые заболевания, врожденные аномалии, заболевания органов дыхания. При изучении показателей смертности обычно изучается младенческая смертность в возрасте до 1 года. Смертность среди детей, родившихся живыми до года, зависит от таких факторов, как уровень медицинской помощи, оказываемой матерям, беременным женщинам и детям, сеть учреждений здравоохранения, удаленность или недоступность оказываемых ими услуг населению [7].

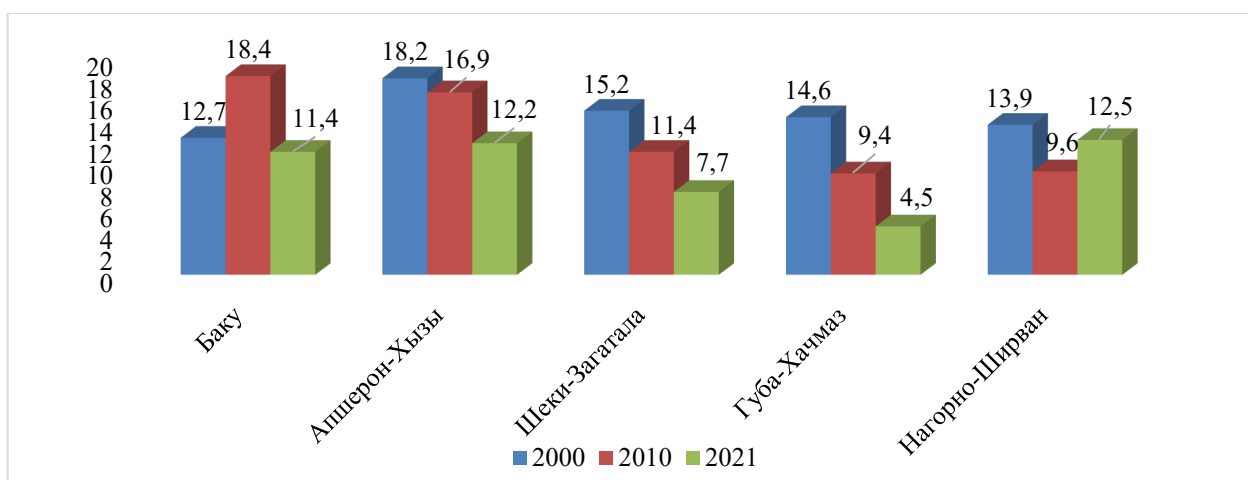
В первый 10-летний период анализа демографических показателей населения младенческая смертность в возрасте до 1 года увеличилась на 66,1% с 623 до 1035 человек в районе Большого Кавказа. В 2000 г. в области на 1000 рождений приходилось 15,5 случаев смерти (Рис. 3). Это выше, чем в среднем по стране. В 2010 году наблюдается небольшая разница между показателями республики и региона. Младенческая смертность снизилась в последующие периоды. Так, в 2021 году в регионе Большого Кавказа зафиксирована смерть 398 младенцев. Это составляет 47,4% умерших младенцев в целом по республике (840 человек). На каждую 1000 рождений приходилось 10 смертей в регионе, что все же выше, чем в среднем по стране (Рисунок 3).



**Рисунок 3. Сравнение младенческой смертности в регионе Большого Кавказа со страной (на 1000 живорождений)**

Примечание: составлено на основании данных [11, 12]

В течение 2000-2010 годов абсолютная и относительная младенческая смертность увеличилась в городе Баку и Апшерон-Хызынском экономическом районе, а в других экономических районах снизилась. Причина высокой младенческой смертности в городах заключается в том, что население не может пользоваться медицинскими услугами на должном уровне. В последующие годы, то есть в 2010-2021 годах, младенческая смертность увеличилась в Нагорно-Ширванском экономическом районе, в то время как в других экономических районах наблюдалось ее снижение (Рисунок 4).



**Рисунок 4. Показатели младенческой смертности экономических районов Большого Кавказа (на 1000 живорожден.ребенка) [11,12].**

Примечание: составлено на основании данных [11,12]

Данная ситуация связана с низким уровнем оказания медицинских услуг населению. Особенно это проявляется в сельской местности. Необходимо принять серьезные меры по улучшению медицинского обслуживания и соответственно снижению младенческой смертности.

Целью реализации демографической политики является обеспечение рождаемости и естественного прироста, хотя бы минимального прироста населения, снижение смертности, в том числе младенческой, охрана здоровья, увеличение средней продолжительности жизни и уровня жизни, регулировать миграцию [16]. Снижение рождаемости может привести к уменьшению количества детей в семьях. Причиной этого является уменьшение браков и резкое снижение фертильного возраста женщин. Важными демографическими проблемами являются также высокая смертность мужчин по сравнению с женщинами, а также нарушение гендерного состава рождающихся детей. Все это демографические факторы, влияющие на качество жизни населения.

Государственная политика в области демографии и расселения населения определяется Концепцией демографического развития Азербайджанской Республики. Целью государственной политики в этой области является устранение негативных тенденций в демографических процессах, обеспечение роста населения, контроль рождаемости и естественного роста, снижение смертности, увеличение средней продолжительности жизни и т. д.

## Заключение

По результатам исследования, проведенного в регионе Большого Кавказа, Баку и Апшерон-Хызынский экономический район имеют высокий уровень урбанизации, поэтому там сосредоточена большая часть населения. В других экономических районах расселение большей части населения в деревнях и низкий уровень урбанизации обусловили увеличение численности населения за счет естественного прироста. В последнее время естественный прирост уменьшился с уменьшением числа рождений. В области в 2010-2021 годах произошло резкое снижение показателей рождаемости и естественного прироста. В 2019-2021 годах количество летальных исходов увеличилось.

За 2000-2010 годы в области наблюдался рост рождаемости и естественного прироста (14,7% и 27,2% соответственно), а смертность снизилась на 3,1%. В 2010-2021 годах

наблюдалось постепенное снижение. В 2021 году по сравнению с предыдущим годом рождаемость уменьшилась на 16,3%, естественный прирост уменьшился на 40,9%, а смертность увеличилась на 4,1%. Смертность среди живорожденных детей в возрасте до одного года в области снизилась на 23,9% в 2000-2010 гг. и на 15,3% в 2010-2021 гг.

Производственная и социальная инфраструктура должны создаваться с учетом текущей демографической ситуации. Расширение производственного процесса в сфере промышленности и сельского хозяйства, развитие здравоохранения и образования могут положительно сказаться на показателях естественного прироста региона и качестве жизни населения. Для повышения качества жизни в регионах, в первую очередь, необходимо ликвидировать неравенство населения. Для предотвращения оттока населения в Баку и другие города важно в будущем открыть новые рабочие места в районных центрах, поселках и сельской местности, обеспечить высокое социально-культурное и бытовое обслуживание населения, обеспечить сохранение демографического потенциала на местах.

В целях охраны здоровья населения и увеличения средней продолжительности жизни важно проводить ежегодные и периодические медицинские осмотры населения, укреплять материально-техническую базу учреждений здравоохранения, развивать санаторно-профилактическую сеть, повышать. Важным вопросом является уровень медицинской помощи, оказываемой населению.

В целях охраны здоровья населения и увеличения средней продолжительности жизни важным вопросом должно стать ежегодные и периодические медицинские осмотры населения, укрепление материально-технической базы учреждений здравоохранения, развитие санаторно-профилактической сети, повышение уровня медицинской помощи населению. Помимо того, что они являются важными факторами демографического развития, они оказывают серьезное влияние на улучшение качества жизни населения. Поэтому меры в этом направлении должны осуществляться постоянно.

**Финансирование:** нет.

**Конфликт интересов:** нет конфликта интересов.

### **Список литературы**

1. Жеребин В.М., Романов А.П. Уровень жизни населения. – Москва: Юнити-Дана, 2002. – 592 с.
2. Салимов М. Ш. Оценка качества жизни населения в регионе: дис. канд. экон. наук. – Саранск, 2004. – 168 с.
3. Эминов З.Н. Население Азербайджана. - Баку: Чираг, 2005. - 558 с.
4. Имрани З.Т. Губа-Хачмазский экономический район. – Наука: Баку, 2007. – 172 с.
5. Гулиев Ч.Б. Уровень жизни: социально-экономические факторы, вызывающие и сокращающие бедность. – Баку, Европа, 2011. – 240 с.
6. Мурадов Ш.М. Человеческий потенциал: основные тенденции, реалии, проблемы. – Баку, Элм, 2004. – 656 с.
7. География Азербайджанской Республики "Страноведение" Том III. Под редакцией акад. Р. М. Мамедова. НАНА, Институт географии имени академика Г.А.Алиева. – Баку: Европа, 2015. – 400 с.
8. Гусейнова Т.М. Социальные основы формирования качества жизни населения Абшеронского экономико-географического района // География и природные ресурсы. – 2021/ - № 1(13). - С. 87-94.
9. Гусейнова Т.М. Роль демографического фактора в формировании качества жизни в Республике Азербайджан, на примере Большого Кавказского природного региона // Международный демографический форум: материалы заседания. – Воронеж, 2020. – С. 177-181.

10. Демографические показатели Азербайджана. - Баку, ДСК, 2022. - 532 с.
11. Районы Азербайджана. - Баку, ДСК, 2005. - 714 с.
12. Районы Азербайджана. - Баку, ДСК, 2021. - 844 с.
13. Бадалов Э.С. Социально-демографические проблемы и вопросы расселения в Абшеронском экономико-географическом районе. – Баку: Европа, 2016. – 199 с.
14. Skirbekk V. Age and Individual Productivity: A Literature Survey // Vienna Yearbook of Population Research. - 2004. - Vol. 1, № 2004. - P. 133–154. <https://doi.org/10.1553/populationyearbook2004s133>
15. Kinsella K. Demographic Dimensions of Global Aging // Journal of Family Issues. - 2000. - Vol. 21, № 5. - P. 541–558. <https://doi.org/10.1177/019251300021005002>
16. Борисов В.А. Демография. Учебник для вузов. – М., 2003. –344 с.

**Т.М. Гусейнова**

*Әзербайжан Ғылым және білім министрлігі, академик Г.А.Әлиев атындағы География институты, Баку, Әзірбайжан*

### **Халықтың көбеюі өмір сапасының көрсеткіші ретінде (Әзірбайжан Республикасының Үлкен Кавказ провинциясы мысалында)**

**Аңдатпа.** Демографиялық көрсеткіштер өмір сапасын анықтайтын көрсеткіштер жүйесінде маңызды орын алады. Халықтың өмір сүру сапасының демографиялық көрсеткіштерін жақсарту мәселелері әсіресе Әзірбайжан Республикасының әлеуметтік-экономикалық және геосаяси дамуында маңызды рөл атқаратын және жоғары демографиялық және еңбек әлеуеті бар Үлкен Кавказ аймағы үшін өзекті. Практикалық маңызы бар ғылыми-зерттеу жұмысының негізгі мақсаты-Үлкен Кавказ аймағындағы демографиялық процестердің тенденцияларын және олардың халықтың өмір сүру сапасына әсерін зерттеу. Статистикалық материалдар негізінде аймақта тұратын халықтың демографиялық көрсеткіштері зерттелді, қазіргі демографиялық процестердің бүгінгі жағдайы және олардың өмір сапасына қалай әсер ететіндігі зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша демографиялық факторлардың аймақта тұратын халықтың өмір сүру сапасындағы рөлі соңғы жылдары айтарлықтай болды. Талданған кезеңде аймақта туу коэффициенті мен табиғи өсім төмендегені анықталды. Соңғы 2 жылда өлім-жітім артты.

**Түйін сөздер:** демографиялық процестер, өмір сапасы, туу, өлім, нәресте өлімі, табиғи өсу.

**Т.М. Huseynova**

*Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geography named after H.A. Aliyev, Baku, Azerbaijan*

### **Population reproduction as an indicator of quality of life (on the example of the Greater Caucasus province of the Republic of Azerbaijan)**

**Abstract.** Demographic indicators have an important place in the system of indicators determining the quality of life. The issues of improving the demographic indicators of the quality of life of the population are especially important for the Greater Caucasus province, which plays an important role in the socio-economic and geopolitical development of the Republic of Azerbaijan and has a high demographic and labour potential. The main purpose of the research work, which is of practical importance, is to study the trends in demographic processes in the Greater Caucasus province and their impact on the quality of life of the population. On the basis of statistical materials, the demographic indicators of the population living in the region were studied, the current state of modern demographic processes and how they affect the quality of life were researched. According to the results of the research, the role of demographic factors in the quality of life of the population living in the region has been significant in recent years. It revealed that the natality and natural increase in the region decreased over the analyzed period. The mortality rate has increased over the past 2 years.

**Keywords:** demographic processes, quality of life, natality, mortality, infant death, natural increase.

## References

1. Zherebin V.M., Romanov A.P. Uroven jizni naseleniya [Standard of living of the population]. (Moscow: Unity-Dana, 2002-592 p.) [in Russian]
2. Salimov M. Sh. Ocenka kacestva jizni naseleniya v regione [Assessing the quality of life of the population in the region]: (dis. ...cand. econ. Sci. Saransk, 2004. 168 p.) [in Russian]
3. Eminov Z.N. Naselenie Azerbaidjana [Population of Azerbaijan]. (Baku: Chirag, 2005. 558 p.) [in Azerbaijani]
4. Imrani Z.T. Guba-Khacmazkiy ekonomiceskiy rayon [Guba-Khachmaz economic region]. (Science, Baku, 2007, 172 p.) [in Azerbaijani]
5. Guliev Ch.B. Uroven jizni: socialno-ekonomiceskie faktori, vizivayushie i sokrashayushie bednost [Standard of living: socio-economic factors causing and reducing poverty]. (Baku, Europe, 2011. 240 p.) [in Azerbaijani]
6. Muradov Sh.M. Chelovecheskie potentsial: osnovnie tendensie, reali, problemi [Human potential: main trends, realities, problems]. (Baku, Elm, 2004. 656 p.) [in Azerbaijani]
7. Geographia Azerbaidjanskoi Respubliki "Stranovedenie" [Geography of the Azerbaijan Republic "Country Studies"]. Tom III. Pod redakcie acad. R.M.Mamedova. NANA, Institut geografie imeni akademika G.A.Aliyeva [Volume III. Edited by acad. R.M.Mamedova. ANAS, Institute of Geography named after academician H.A.Aliyev]. (Baku: Europe, 2015. 400 p.) [in Azerbaijani]
8. Huseynova T.M. Socialnie osnovi formirovanie kacestva jizni naseleniya Absheronskovo ekonomiko-geograficeskovo rayona [Social foundations for the formation of the quality of life of the population of the Absheron economic-geographical region] // Geografiya i prirodnie resursi [Geography and natural resources], (Baku, No. 1, (13), 2021, P. 87-94) [in Azerbaijani]
9. Huseynova T.M. Rol demograficeskovo faktora v formirovani kacestvo jizni v Respublike Azerbaidjan, na primeri Bolshoqo Kavkazckoqo prirodnovo regione [The role of the demographic factor in shaping the quality of life in the Republic of Azerbaijan, using the example of the Greater Caucasus natural region] // Mejdunarodniy demoqraficeskiy forum: materiali zasedaniya [International Demographic Forum: meeting materials], (Voronezh, 2020, P. 177-181.) [in Russian]
10. Demograficheskie pokazateli Azerbaidjane [Demographic indicators of Azerbaijan]. (Baku, SCC, 2022, 532 p.) [in Azerbaijani]
11. Rayoni Azerbaidjani [Regions of Azerbaijan]. (Baku, SCC, 2005. 714 p.) [in Azerbaijani]
12. Rayoni Azerbaidjani [Regions of Azerbaijan]. (Baku, SCC, 2021, 844 p.) [in Azerbaijani]
13. Badalov E.S. Socialno-demograficeskie problemi i voprosi raseleniya v Absheronskom ekonomiko-geograficeskom rayone [Socio-demographic problems and issues of settlement in the Absheron economic-geographical region]. (Baku: Europe, 2016. 199 p.) [in Azerbaijani]
14. Skierbeck, W. "Age and individual productivity: a review of the literature," Vienna Yearbook of Demographic Research, 2004, P. 133-154. [in English]
15. Kinsella K. "Demographic aspects of global aging", Journal of Family Issues, 2000, Vol. 21 (5), P. 541-558. [in English]
16. Borisov V.A. Demografiya. Ucebnik dlya vuzob. [Demography. Textbook for universities]. (M., 2003, 344 p.) [in Russian]



**Сведения об авторах:**

**Гусейнова Т.М.** - автор для корреспонденции, докторант, научный сотрудник, Министерство науки и образования Азербайджанской Республики, Институт географии имени акад.Х.А.Алиева, пр. Г. Джавида, 115, AZ1143, Баку, Азербайджан.

**Guseinova T.M.** - corresponding author, doctoral student, researcher, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geography named after Academician H.A. Aliyev, G. Javid Ave., 115, AZ1143, Baku, Azerbaijan.



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)





IRSTI 39.29.15  
Article

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-93-110>

## Hydrographic names and terms of Saryarka

A.Ye. Yeginbayeva<sup>1</sup> , K.T. Saparov<sup>2</sup> , A.G. Abdullina<sup>3</sup> ,

N.Zh. Zhensikbayeva<sup>4</sup> , E. Atasoy<sup>5</sup> , Ye.K. Keikin<sup>6\*</sup> 

<sup>1,2,6</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana

<sup>3</sup>K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Kazakhstan, Aktobe

<sup>4</sup>S. Amanzholov East Kazakhstan University, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk

<sup>5</sup>Uludag University, Bursa, Turkey

(E-mail: <sup>1</sup>[aeginbaeva@mail.ru](mailto:aeginbaeva@mail.ru), <sup>2</sup>[k.sapar67@yandex.ru](mailto:k.sapar67@yandex.ru), <sup>3</sup>[akshunus\\_a@mail.ru](mailto:akshunus_a@mail.ru),  
<sup>4</sup>[Naz\\_zanibek@mail.ru](mailto:Naz_zanibek@mail.ru), <sup>5</sup>[geograf1969@gmail.com](mailto:geograf1969@gmail.com), <sup>6</sup>[erk-09@mail.ru](mailto:erk-09@mail.ru))

**Abstract.** The purpose of the article is to consider in detail the system of hydronyms found in Saryarka. The article describes in detail the meaning of hydronyms, which provide rich information about natural conditions and landscape features. Research materials and methods of hydronymic names were considered. The scientists who studied the system of hydronyms of Saryarka and their respective contributions to the field were duly acknowledged. The study of the names of water bodies of Saryarka is an urgent task that requires in-depth study. It is possible to obtain a variety of geographical data regarding the formation of hydronyms, including their location and nomination. In this article, we determined the origin of toponymic names, which received the hydronymic name Saryarka, and divided them into groups. The classification of the system of potamonyms describing natural conditions and landscape features was presented in the form of a table. In the course of the study of this work, the physical and geographical features of water bodies were identified: properties, quality, color, flow, location, channel, origin, Coast, shape, depth, as well as their role in economic management (anthropogenic activity). In Saryarka, hydronyms formed on the basis of the names of plants and animals, the names of man, tribes and descendants are widespread. In the course of the study, a system of hydronymic names and terms was grouped, and a map of Saryarka microhydronyms was compiled based on specific data. About 3,000 names of Saryarka water bodies were grouped (based on a top map on a scale of 1: 500,000), and their etymology was determined.

**Keywords:** system of hydronyms, natural environment, microhydronyms, research methods, potamonyms, natural water bodies, artificial water bodies.

\* corresponding author

Received: 30.08.2024. Accepted: 13.09.2024. Available online: 30.09.2024

## Introduction

Toponymy is a scientific discipline that studies geographical names, their origin, development, current state, semantic meaning, spelling and pronunciation. Toponyms are geographical names or names of places especially those associated with topographical features [1]. The geographical terminology present in place names can be detected, concretely, in the generic part of toponyms because, although the toponym is a lexical unit, it can assume several forms depending on the number of its elements [2].

*Saryarka, Arka* is a plateau region covering the entire central part of Kazakhstan. *Saryarka* is a folk name. Since ancient times, the local population has called this area of the steppe "*Saryarka*", "*Arka*". The name *Saryarka* means "*a large, vast hill with burnt-out, and yellowed vegetation, a flat plateau, a ridge of numerous hills*". It is located between the North Kazakh Plain in the north, *Betpakdala* and *Lake Balkhash* in the south. In the west it rests on the *Torgai* plateau. In the east, the border reaches the foothills of *Tarbagatai*, capturing the northeastern outskirts of *Lake Balkhash*, then along the *Zaisan* basin reaches the *Kalba* ridge. *Saryarka* is located between 54°-46° s.w. and 66°-80° v.d., in accordance with the above, in plan it has the shape of an irregular trapezoid, more elongated in the eastern part. The length from west to east is 1200 km. The width in the west is 900 km, in the east 400 km. The area is about 1 million km<sup>2</sup>. Administratively, it completely covers the territories of *Karaganda*, *Ulytau*, *Akmola* regions, a significant part of the *Abai* region, partly *Pavlodar*, *Kostanay*, *North Kazakhstan*, and *Zhambyl* regions [3].

Scientists around the world express scientifically based opinions about geographical names. Geographical names of each country convey the history, national values and linguistic culture of this country. Geographical names, toponyms or geographical names in the sense of proper names of geographical objects, when the latter are understood as objects essentially tied to space [4].

The geographical names hold a priceless heritage for a nation and must therefore be protected and divulged because they reveal patterns of occupation, identity and language diversity. The study of geographical names and their attributes contributes to the quality of cartographical information [5]. Place names (known as toponyms) are an indispensable component of our communication about geographic features or regions, both natural and man-made [6].

Unified classification of the geographical names is still no established. Names can be classified by different attributes, but most often by: the type of the geographical object (river, settlement, etc.); language; history; structure (simple, derivatives, complex and composite) and coverage of the territory [7].

If hydrology studies the water shell of the Earth – the hydrosphere, its properties, ongoing processes, and the relationship with other shells, then the names of these hydrological objects are occupied by one of the major branches of toponymy – hydronyms. Hydronymy in translation from Greek means "hydro" - water, "onym" – name, that is, it studies the names of water bodies, rivers and lakes, springs, wells, etc., and the ways of their education. Toponymy is closely related to other sciences of geography. Firstly, any geographical name is given to a specific object in space. Secondly, the natural conditions of this area are closely related to water resources, the nature of the settlement area, and types of farming [8].

The first human settlements were in the area of water sources, which is proved by modern historical and archaeological materials. Therefore, it can be assumed that the very first

geographical names and terms in the history of mankind were associated with water bodies. Hydrographic terms mainly served as the basis for the names of water bodies (hydronyms). Terms in the composition of hydronyms make it possible to determine the type of water bodies, the nature of water processes, and other features. Among the hydronyms, there are also those consisting entirely of the term [8]. When defining the etymological direction of hydronyms and settlement names of an identical form, the size of the body of water is also considered an important factor in scholarly studies [9].

## Materials and methods

According to the definition of N.V. Podolskaya (1988), hydronyms, in turn, are divided into gelonyms (names of swamps, any wetlands), limnonyms (names of lakes, ponds), potamonyms (names of rivers), pelagonyms (names of seas and their parts). Hydronyms have their own characteristics that are not characteristic of other geographical objects: 1) hydronyms are more ancient in comparison with other names; 2) the number of names of water bodies increases over time, this can be explained by the appearance of artificial water sources; 3) hydronyms are characterized by the phenomenon of synonymy, that is, the same object can be designated by different names, this may be due to the duration of historical periods or the fact that different peoples name large water bodies in their own way [10].

The analysis of the system of hydronyms on the territory of Kazakhstan in the linguistic aspect was carried out in the studies of V.N. Popova (1966), T. Zhanuzakov (1989), G.B. Madieva (1990). In the research works of the famous scientist V.N. Popova, who made a huge contribution to the study of the hydronyms of the Pavlodar region, the analysis of the hydronyms of the Pavlodar region in the linguistic aspect was carried out, the prerequisites for historical, geographical, ecological study were identified. She classified the names of rivers into 5 groups, lakes into 6 groups, springs, wells (microhydronyms) formed using indicator terms [11]. In general, the presence of 42 terms in the names of rivers, 33 names of lakes, 23 names of wells, 13 springs of folk, and local geographical terms can be proof of the close relationship of Kazakhs with the water element, their very detailed classification. These indicator terms can be further classified in the semantic aspect [8].

The problem of identifying indicator terms in the composition of hydronyms by the nature of hydrological objects is a very difficult problem in geographical toponymy. Since the definition of the semantic load of the terms given by us in the summary table in relation to specific objects, the registration of "displacements" of the term associated with landscape changes in certain regions of Central Kazakhstan, the collection of the database of information necessary for this requires a separate study. At the same time, it can be said that Kazakhstan has not yet conducted studies of the local dialect and landscape conditions in their interrelation.

In the course of studying the patterns of occurrence of geographical names, toponymic research methods were used. The origin of a toponym is carried out in connection with specific historical, geographical and linguistic patterns. One of the most basic methods of toponymic research is the *geographical method*. Using this method, the external and internal signs of natural components in the name of the object and the involvement of folk terms and concepts actively involved in the formation of hydronyms were determined.

*Historical and comparative method.* This method allowed us to determine the historical period that influenced the formation of hydronyms, its evolution, transformation, and social environment. For history, the names carry a rich legacy. *The linguistic method.* One of the most important methods in toponymic research. This method uses toponymic background, stratigraphy and formants. The scientific foundations of the correct spelling of toponyms were investigated. During the analysis using the linguistic method, various dictionaries, reference books on toponymy and terminology, the works of famous linguists and linguists were used.

*The statistical method.* Determines the quantitative ratio of the linguistic structure, semantic meaning, and grammatical forms of geographical names. Using the statistical method, a comparative analysis of the percentage of toponyms in the territory by origin and geographical features was carried out. Based on this method, it became possible to determine the quantitative characteristics of toponyms and compile maps, tables, and diagrams based on them.

*The etymological method.* One of the most ancient and important methods of determining the formation and occurrence, their semantic meaning. The main "key" of many geographical names are folk geographical terms. There were many difficulties and obstacles in determining the etymology of toponyms, for this we used historical and comparative studies and geographical information.

*The cartographic method.* This method has found application in displaying models of the distribution of geographical names, the areas of distribution of hydronyms, and the semantic change in national geographic terminology. The map is a specific source of geographical nomenclature, therefore, the use of maps in determining the patterns of distribution of toponymic phenomena is very important. Today, the use of GIS achievements in the processing of toponymic maps is considered relevant. With the help of the *ArcGIS program*, a map of Saryarka microhydronyms was compiled.

Each geographical name must find its place on the geographical map, in official documents. This requires a cohesive activity on toponymic research and restoration. Many research methods are used in modern toponymic research. These methods, echoing each other, provide great opportunities for the development of toponymic research in conjunction with other branches of science.

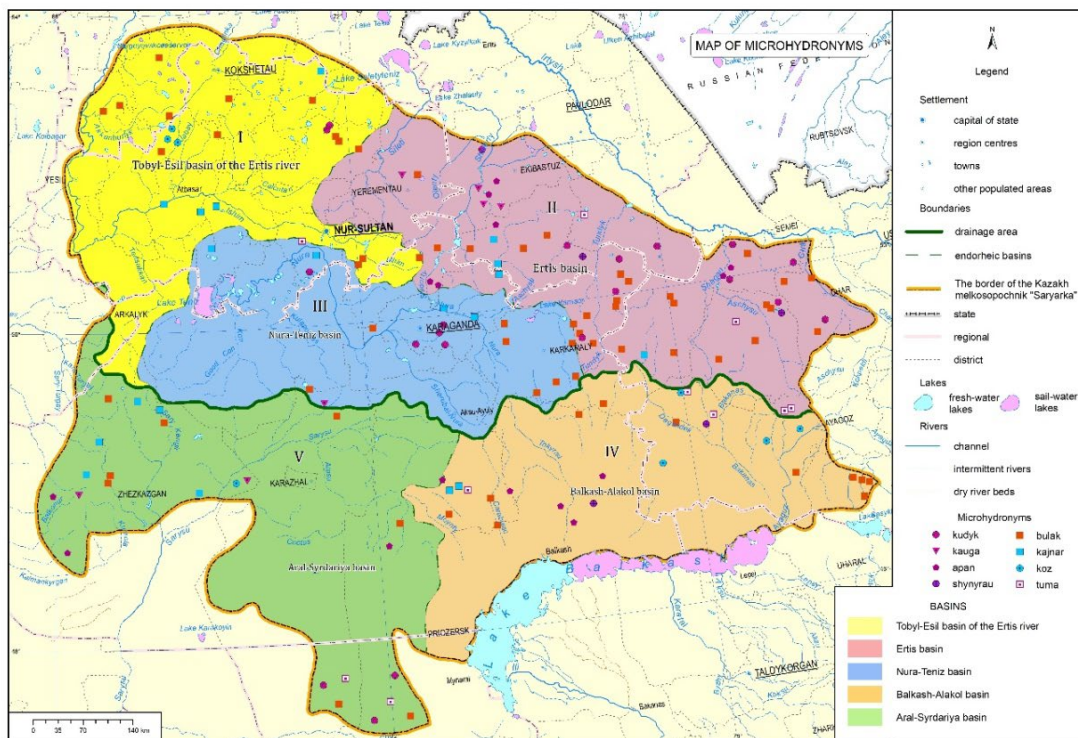
## **Results and discussion**

The Kazakh people in the management of nomadic animal husbandry was based on the features of rivers, lakes, springs, wells: on the features of their location, relief, natural water sources; the need and scarcity of water caused the perfect classification of hydrographic terminology [8]. In our research, the physical and geographical features of water bodies were determined: properties, quality, color, flow, location, channel, source, shores, shape, depth, as well as their role in farming (anthropogenic activity). Hydronyms formed on the basis of the names of plants and animals, the name of a person, tribes, and general are widespread in Saryarka. Specific sources of information prove the important role of hydrographic objects in the traditional economy of the Kazakhs. A complete analysis of the names of rivers, lakes, springs, wells, etc., that make up the hydrochemical system was carried out (Figure 1, Table 1).

**Table 1. Indicator terms as part of hydronyms**

Hydronyms	Indicator terms
River names (potamonims)	ajryk (watershed), aksu (white water), agyn (streamflow), ashysu (bitter water), bakanas (dry arm of the river), espe su (ground water), irek (twisty), zhajma (shallow, flat), zhajylma (floodplain), zharma (ditch), kemer (the shore washed away by water), koby (hollow, beam), karasu (black water), kujgan (delta), mukyr (little river), nura (nura), ozek (hollow, beam), ozen (river), sala (river arm), saga (the mouth of the river), saj (ravine, hollow, beam), sokyr (crying), tushysu (fresh water), tuyyk (non - flowing), tentek (stormy, overflowing), sarkyrama (waterfall), sholak (short)
Lake names (limnonims)	ashy (salty), balkash, batpak (swampy), bidajyk (wheatgrass), bylkyldak (shaky ground), zhalanash (bare lake), zhalpak, zhalytyr (flat, smooth, even), kak (puddle), kajyr (stranded), kamys (reed), kopa (dense high thickets of reeds and cattails), mi (mud, quagmire, swamp), oj (depression, hollow, hollow, lowland), sor (salt marshes), tomar (a small pond overgrown with hummocks, a hummock swamp), tuz (salt), shukyr (depression, depression, hollow), shyganak (bay), teniz (sea), tatyр (salt marsh)
Microhydronyms	Indicator terms
Natural	arasan (mineral waters), bulak (spring), bastau (source), koz, kajnar (source), zhylga (stream), zhyra (ravine), tamshy (a drop), tuma, (source), ujirim (the whirlpool), shumek (crane)
Artificial	apan (abandoned well), kauga (bucket), kudyk (well), shynyrau (a very deep, bottomless pit), espe (water is taken by digging a well), shunkyr (pit), kup (water that collects at the bottom of the hollow)
Water objects symbolizing anthropogenic activity	aryk (ditch), boget (dam), bogen (reservoir), suat (watering hole), togan (pond), ses (hpp), kanal (channel), kemezhaј (port), su kojmasy (water reservoir)
Hydrographic metaphars	auyz (mouth), ayak (legs), bas (head), erin (lips), koltyk (armpits), koz (eyes), kindik (navel), kulak (ears), kolka (aorta), moinak, tamak (throat)

Note: compiled based on the data [12]



**Figure 1. Map of Saryarka microhydronyms**

Note: compiled based on the data [12]

*Akdalasar, Aksor, Akshasar, Alkasor<sup>2</sup>, Altajsor, Atansor<sup>3</sup>, Ahmenzhansor, Ashysor, Balakeskensor, Balyqsor, Bozshasar<sup>2</sup>, Borajsor, Borlysor, Zhaksybajsor, Zhambajsor, Zharsor<sup>4</sup>, Zhartysor, Itbajsor, Kepkensor, Kijksor, Kishkenesor<sup>4</sup>, Kokbajsor, Koksor, Kaksor, Karabajsor, Karasor<sup>7</sup>, Kopasor, Kudyktyzor, Kyzylsor<sup>5</sup>, Majlyzor, Majsor, Mezgilsor<sup>2</sup>, Milysor, Myrzakolsor, Ojnaksor<sup>2</sup>, Orazsor, Ortasor, Otebajsor, Sandykbajsor, Sasyksor<sup>2</sup>, Sor<sup>6</sup>, Sornoe, Suatbarsor, Tamsor, Tansor, Terektisor, Uzynsor<sup>3</sup>, Ulkensor, Uhsor, Sholaksor, Shopsor, Shubarsor (Akmola region), Akdalasar, Aksortopyrak, Alkasor, Ashysor, Azhibeksor, Balabajsor, Bekejsor, Beltebissor, Dogalankarasor, Ekisor, Zhalpaksor, Koshkimbajsor, Karasor<sup>3</sup>, Katasor, Kotansor<sup>2</sup>, Kutansor, Kultansor, Meshkejsor, Okonsorken, Sopaksor, Sor<sup>2</sup>, Sorala, Sorbak, Sorbulak<sup>2</sup>, Sorga, Sorgan, Sorzhal, Sorkol, Sorkudyk, Sorman, Sortumsyk, Tattisor, Ulkensor (Karaganda, Ulytau regions), Aksor, Alasor<sup>2</sup>, Zhaltyrsor, Zharsor<sup>2</sup>, Kalpesor, Kishkenesor, Karasor, Kondysor, Kossor, Sor, Takybajsor, Tokybajsor, Tuzsor, Uzynsor<sup>2</sup>, Ulkensor, (Kostanay region), Akatansor, Akmalajsor, Aksor<sup>2</sup>, Aktujesor, Ayakmalajsor, Ayaksor, Balakeskensor, Bassor, Bayansor, Bessor, Bizhansor, Bozshasar<sup>2</sup>, Borlysor<sup>2</sup>, Byrkittisor, Dogabassor, Dongeleksor<sup>3</sup>, Zhaganarsor, Zhalpaksor, Zhankozhasor, Zhapalsor, Zharsor, Zhyngyldysor, Koksor, Karaadyrsor, Karasor<sup>8</sup>, Kurmanbajsor, Kutansor, Kutayaksor<sup>2</sup>, Kyzylsor<sup>2</sup>, Majsor<sup>2</sup>, Mustafasor, Obaly Bekeleksor, Ojnaksor<sup>2</sup>, Ortasor, Sadyksor, Sarysor, Sasyksor, Sor<sup>2</sup>, Sulysor<sup>2</sup>, Takysor, Tobesor, Toresor<sup>3</sup>, Tuzdysor, Tumatsor, Uzynsor<sup>3</sup>, Ujsinsor, Shandyksor, Sholsor<sup>2</sup> (Pavlodar region), Karasor, Sozyksor, Sor<sup>2</sup>, Ulkensor (Abai region) [12].*

**The role of potamonyms in the definition of surface waters.** Materials of scientific works and topographic maps, encyclopedias, materials of organized expeditions on the names of Saryarka rivers, published in different periods of time, provide justification for obtaining historical and geographical information from the names of rivers and lakes, sources, springs, springs, and other water bodies of the region [13].



The category of ancient potamonims (names of rivers) on the territory of the Arka includes Ertis, Yesil, Nura, Torgai, Kengir, Tokyrauyn, Bakanas, Kusak, etc. In the past, compared to the current period, Saryarka was rich in full-flowing rivers, picturesque nature, and a favorable climate. In the conditions of a warming climate, mammals lived here: forest elephants, rhinos, bison, wild horses, hipparions, deer, moose. These animals were mainly found on the plains, in the steppe. In the early Quaternary period, Kazakhstan's landscapes in the river valleys underwent significant changes, geographical zonal landscapes were formed. For example, in modern Central Kazakhstan, on the slopes of Shyngystau, in the Pavlodar Ertis region, archaeologists found skeletons of the above-mentioned animals [14].

During the climatic optimum of the Holocene, in the sub-boreal period, Aeolian processes actively took place, forming specific forms of relief. This gave rise to deflation processes that have survived to the present day, as a result of which sand-top mounds, hills, and loose sandy deposits were formed. Conditions for the growth of pine trees were born in sandy soils [15].

During this period, the humidification of the climate increased, the permafrost areas began to decrease. Conditions for seasonal development of plants and animals were formed in the small-scale lands of Central Kazakhstan. Due to the retreat of the glacier and the change of climate to a drier (arid) type, the rivers began to become shallow. Many rivers have transformed into a chain of lakes [13].

Along with them, in Central Kazakhstan, surface waters that filled closed depressions on the earth's surface formed large and small lakes, from which several rivers that dry up in summer flow [16]. In the daytime, the valleys of the Nura, Sherubai-Nura, Atasu, Taldy-Nura rivers, the rivers of the Balkhash depression, Yesil, Ertis, Torgai, Sileti, Shiderti, Tokyrauyn, and their tributaries were inhabited in these regions. Rivers with a length of more than 1000 km in this area are represented by the Yertis and Yesil rivers. And the rivers with a length of 500 to 1000 km include Torgai, Sarysu, Nura, Ulyzhylanshyk, Shiderti, etc. Also, there are many rivers from 100 to 500 km long. For example, such rivers as Koktal, Kargaly, Kauylzhar, Taldyk, Saryozen, Sarytorgay, Kon, etc. [13].

The main hydronyms of Sary-Arka, i.e., the NE territory of the present Kazakhstan, refer to the principal rivers and their major tributaries. The best example of this is Irtysh– the largest river of Kazakhstan and the area of Sary-Arka [17]. The main rivers of Saryarka are Yesil, Nura, Sarysu, Sileti, Shiderti, Tokyrauyn, etc. (Table 2). Many of them feed on spring meltwater, overflow in spring. In the summer months, drying out, they form intermittent old trees. In order to supply water to Central Kazakhstan, the Ertis-Karaganda canal was built.

**Table 2. Main rivers of Saryarka**

Name of the pool	Name of the river	Length of the river, km	Pool area, thousand km <sup>2</sup>	Long-term average flow rate, m <sup>3</sup> /sec
Tobol- Yesil, Ertis river	Yesil	1400 (2450)	113 (155)	65,3
	Terisakkan	334	19,5	8,9
Ertis basin	Ertis	1700 (4248)	210 (1592)	880,0
	Shar	259	2,1	4,8
	Shiderty	502	15,9	1,8
	Sileti	407	18,5	7,0
	Tunduk	318	10,1	2,14
	Shagan	295	25,4	1,02
Nura-Teniz (drainless)	Nura	978	55,1	17,7
	Kulanotpes	364	13,9	5,9
Balkhash-Alakol (drainless)	Ayagoz	492	15,7	8,7
	Tokyrauyn	298	21,1	1,98
	Bakanas	240	25,1	3,3
Aral-Syrdarya (drainless)	Turgay	827	157	8,5
	Sarysu	959	76,6	3,1
	Kengir	295	18,4	4,32
	Uly-Zhylanshyk	422	26,0	3,52
	Kalmakkyrgan	325	10,1	1,18

Note: compiled based on the data [13]

One of the main rivers of *Yesil* - is the left tributary of the Yertis River, which belongs to the Ob system. It flows through the territory of Akmola, North Kazakhstan regions, and Tyumen, Omsk regions of the Russian Federation. It originates at the foot of Mount Niyaz (from a height of 560 m) in Saryarka, flows into the Yertis River from the left bank. The length is 2450 km (the length of the river in Kazakhstan is 1400 km). The catchment area is 177 thousand km<sup>2</sup>.

As G. Konkashbayev wrote about the longest Saryarka River - the Yesil River: the waters of the river flow, twisting like a rope. In the ancient monument of the Turks "Kultegin" there is the name of the river *lasyhl uguz*. Yechim kagan birle ilgeru – Iashyl uguz Shantun yazykka tegi suledimiz. Kurygaru - Temir kapygka tegi suledimiz. Translated: we set off with Brother Kagan to the Zhasyl River, to the Shantun Plain. Back to the Iron Gate (Temir kakpa). Here yashyl is a phonetic variant of the word zhasyl, meaning green, uguz - was used instead of the word "river". Then the name *lasyhl uguz* means "green river". According to A. Abdrakhmanov's classification, the name of the Yesil River as *yashyl > yasyhl > yesil > yesil > yesil* has changed over time. The formation of names in this way, denoting colors, and changes in the pronunciation of sounds in life are often found.

There is a legend in the writings of Asan Kaiga that the original name of the Yesil River sounded like "Esir". It was created on the basis of folk etymology. It is known that the Yesil River meanders (*yesilip agyp*), following the Ertis River, flows into it. Also, Ertis, following the Ob River, pulls the waters of the Yesil River with it. Taking into account this circumstance (the tortuous flow of water), we consider G. Konkashbayev's statement about the appropriate name of Esil (Esil) to be true. In our understanding, there was a name given in the meaning of "a large full-flowing river on the flat territory of a vast steppe" [18].

Nura is a river flowing through the territory of the Karaganda and Akmola regions. The

length is 978 km, the catchment area is 60.8 thousand km<sup>2</sup>. Nura, starting as a spring from the western slopes of Mount Kyzyltas, flows into Lake Teniz. Scientists E. Murzaev and G. Konkashbayev consider the meaning of the word *Nura* as "ravine, beam". According to E. Murzaev, *Nura* is a Mongolian word meaning ravine. *Nura* // *zhyra* (ravine) - speaks about the commonality of the Mongolian-Turkic languages. G. Konkashbayev explains the meaning as "Nura is a narrow channel, a log stretching on an inclined surface". In fact, the locality in question is located on the slope of a high ridge, a hollow. Since the riverbed of the considered hydronym (*Nur*) is wide, the current is calm, in many places the river spreading out, becomes like a lake. The appearance of river water became the basis of the hydronym as a hydrothermal in the Mongolian language. The river has about 200 small tributaries (*Akbastau*, *Altynsu*, *Baigozha*, *Esen*, *Uzynbulak*, *Kulanotpes*, *Matak*, *Aschysu*, *Ulken Kulandy*, *Kokpekti* and the largest of them *Sherubai Nura* (268 km), *Samarkand* and *Sherubainur* reservoirs were built along these rivers, the *Korgalzhyn State Reserve* is located at the mouth. And indeed, gully-girder sections are widespread in this area.

*Sarysu* is a river in the valley of Lake Telikol. It flows through the territory of *Karaganda* and *Kyzylorda* regions. The *Sarysu River* begins with the confluence of the *Zhaksy Sarysu River*, which originates at the foot of Mount *Bugyly*, and the *Zhaman Sarysu River*, flowing from the *Baynazar* and *Zhaksy Tagyly* mountains, flows into the *Telikol* in the *Syrdarya* valley. Length - 800 km. The catchment area is 81.6-99.1 thousand km<sup>2</sup>. In dry years, before reaching the *Telikol-Ashykol* depression, it is lost in the sands.

*Tokyrauyn* is a river belonging to the basin of Northern *Balkhash*. The length is 298 km. The catchment area is 21100 km<sup>2</sup>. It begins 10 km north of Mount *Karashoky*, at 28 km, before reaching *Balkhash*, it is lost in the sands. Major tributaries are *Zhalanash*, *Karamende*, *Kosabai*, *Karatal*, *Zhinishke*. The width of the olina in some places (in the upper reaches) is 10 km, in narrowed sections - 75 m. The width of the floodplain is 1.0-1.2 km. The riverbed is narrow, in some places 50 m. It feeds on atmospheric precipitation [7, p. 395]. We assume that it is appropriate to interpret the name *Tokyrauyn* as "a shallow river with stagnant water that has seeped and is lost in thick layers of loose sediments". Due to the decrease in rivers and streams flowing into it, groundwater, and the widespread use of water in the economy, the *Tokyrauyn River* is being shallowed.

*Kusak* is the name of a river in the *Karaganda* region. The length is 184 km, the catchment area is 10,800 km, flows into the *Tokyrauyn River*. The valley is wide, the riverbed is steep. It belongs to the category of rivers that fill with water in spring and dry up in summer. In our opinion, the meaning of the name *Snapper* corresponds to the concept of a dry, dry hollow, beam [13].

The total number and characteristics of the *Saryarka* rivers can be seen in the works of N.S. Kalachev, L.D. Lavrentieva (1965). In this directory, 73 rivers with a length of 90 to 500 km are recorded. Basically, the names of the rivers of *Saryarka* are given in their native language with native meanings understandable to ordinary people. For example, *Aschysu* - in the meaning of brackish, bitter water, *Olenti* - the valley is full of pastures with abundant weinik grass. Here is a *ti* suffix that conveys the meaning of abundance, multitude, used since ancient times. *Terisakkan* - flowing in the opposite direction, different from the usual, *Sarysu* - large, abundant water, *Zhinishke* - the value is associated with the small size of the river, *Taldy* - an abundance of willow trees, *Kulanotpes* - a deep lake with steep steep banks, *Zharly* - (river) in high cliffs on the coast, *Kargaly* - a river in the valley of which crows live in large numbers, etc.

Some names of rivers are characteristic of the Ancient Turkic language layer, for example, *Ertis*, *Yesil*, *Bakanas*, *Kon*, *Tokyrauyn*, *Kurmanaka*, *Kusak*, *Kunak*, *Kengir*; another group - for example, *Bayyr*, *Karakol*, *Nura*, *Kalkutan* (*Koluton*), *Mukyr*, *Sarlyk*, *Sileti*, *Shagan*, etc. The names that came from the Mongolian (*Kalmyk*) language include, for example, *Bayyr* (*Turak* (parking) - *Bayr*), *Mukyr* (short river), *Sarlyk* (*Sarlag* - a kind of cow), *Shagan* (white). Sometimes the

names of these rivers, have changed their meaning, become incomprehensible in today's interpretation [13].

*Kalgutan* (Koluton) is a right tributary of the Yesil River. The length is 223 km. The catchment area is 17400 km<sup>2</sup>. It originates in the area of the village of Novorybinka, Akkol district. G. Konkashbayev wrote: "*Kalguts* - taken from the Mongolian language in the meaning of "halga" (gate) and characterizes the relief of the valley of the river crossing the mountains" (Zhanuzak, 2010: 216). It seems that the exact name originated from the name of the bird "kalyn kutan, kalkutan" (coluton). Having undergone a distortion in Russian, the pronunciation has changed to Coluton.

The lands of Central Kazakhstan in various historical periods were inhabited by multilingual tribes and clans with their own faiths, which were in socio-political, economic relations with each other. This circumstance naturally left its mark in the names of rivers and lakes. A large number of rivers and springs, whose names were taken from the vocabulary of our native language, indicates that the tribes that formed the current population have long lived here in large numbers.

The definition of the ancient meaning of the names of rivers, in addition to scientific value, is useful for expanding the horizons of the mass segments of the population. For example, the Kengir River is one of the largest rivers in the Karaganda region. She has such sleeves as *Karakengir*, *Sarykengir*. These names are formed from the ethnonyms of the Altai, ancient Turkic periods. Linguists associate it with the Kangar tribes who previously lived in the vicinity of Zhezkazgan, later the name seems to have changed and in our language, it began to sound like Kengir.

The river flowing through the territory of Korgalzhyn district of Akmola region and Nurinsky district of Karaganda region is called *Kulanotpes*. It begins in the form of a spring at the northeastern foot of the Aimysyk and Aigyrzhal mountains, flows into Lake Teniz. The length is 364 km [19]. The riverbed is wide, the banks are steep. Since ancient times there has been a legend about the origin of the name of the Kulanotpes river. Desht-i-Kipchak-Jochi Khan, who conquered the steppes, went hunting, where his kulan injured his leg. A distraught lame kulan kills Jochi. The news of Jochi's death is brought by zhyrshy Ketbuga. Katulla Khan, pouring lead into the hole of the dombra, ordered to dig a deep long pit in that place, drove all the pendants to the last remaining Kazakhs into this pit, and ordered them all to be killed. This dug hole filled with water became known as "Kulanotpes".

*Sileti* is a river in the Yertis River basin. Length - 407 km. The length within the Akmola region is 302 km (upper and middle reaches). The catchment area is 18.5 thousand km<sup>2</sup>, the annual flow volume is 184 million m<sup>3</sup>. It originates from the confluence of streams 19 km east of the village of Elizavetinka 19 km, 47 km north of Astana. It flows through the territory of Shchuchinsky, Tselinograd, Yementau districts. The main tributaries are: Koyandy, Akzhar, Akmyrza, Aschylyairyk, Kedey, Sholakkarasu, Kiikbai, Shili, etc. Above the village of Sileti, the Siletinsky reservoir was built to regulate the river flow. The name "Sileti" in the Ancient Turkic language was used in the meaning of "stone". The reason for this was the stone structure of a deep gorge at the source of the river. The name of the river, reservoir, and village of Sileti was formed on the basis of a hydronym.

Among the potamonyms in the ancient Turkic language, you can consider the names of the rivers Shiderti, Olienti. The second-longest river after the Yertis River, the Shiderti river originates in the small hills of Saryarka (Karaganda region), flowing through the territory of Pavlodar region for 399 km, flows into Lake Shyganak.

In V. Radlov's dictionary, *suder//seder//shider* means "veil, shadow". The ancient suffix *-ti* is added to the adjective derived from it, it acquires the meaning "covered, shady, grassy, reed". According to the local population, the "river with three sources" is named Shiderti by similarity

to the Shider. In general, the Shiderty River has four sources originating from the mountains Narbay, Kushoky, Zhaman, Zhaksy Niyaz.

G. Konkashbayev interprets the name in accordance with the peculiarities of the flow of the river, similar to the shider. The length of the Olenti River is 273 km, it begins in the Akmola region, flows along the border of the Karaganda region, flows into Lake Auliekol on the territory of the region. Olenty - of course, indicates the abundant growth of veynik. This is very favorable for cows. Therefore, the Kazakhs have a proverb: "olendi zherde semiredi" (where the weinik grows, the ox gets better).

In fact, in the floodplains of the Shiderty and Olenty rivers, plants necessary for cattle grazing grow abundantly. Due to the peculiarities of the relief, the landscape, they are ravine-like and low-lying. It can be concluded that the ancient place names Shiderti, Olenti, were formed on the basis of the names of vegetation. Having arisen in the ancient Turkic language, acquiring various meanings to this day, they carry geocological information about orographic and hydrographic objects [20].

The informative function of geographical names about the location plays an important role. Obviously, any hydronym has its own peculiarities and patterns of formation. By studying the interpretation of the names of rivers, you can get valuable historical information about the past life of peoples, their resettlement, relationships with other peoples, as well as numerous information about a certain area by toponyms that arose on the basis of the names of animals and plants (Table 3).

**Table 3. System of potamonyms characterizing natural conditions and landscape features**

Classification of river names	Grouping of types of river names
1	2
Names associated with the animal world	Koyandy (an area teeming with hares), Kulanotpes (kulan can't pass), Sonaly (teeming with horseflies), Kokbie (blue mare), Torbie (bay mare), Koyandysaj (ravines where there are many hares), Kiiksaj (ravines where there are many hares), Sarybie, (yellow mare), Majbalyk (fat fish), Kargaly (crows), Kuzendi, (ferrets), Teke (goat), Zhylandy (many snakes), Kulebaj-Baskyzhylanshyk (kulebai - the main snake), Shogyrly zhylanshyk (cluster of snakes), Ulken Zhylanshyk (large snakes), Orzhylansaj (snake valley), Uly Zhylanshyk (poisonous snake), Kumaj (type of hunting dog), Aktajlak (white camel), Bozingen, Bozingen (white camel), Karsakpaj (korsak), Karshygaly (hawk), Balapan (chicken), Torgaj (sparrow), Karatorgaj (black sparrow), Sarytorgaj (yellow sparrow).
Names associated with the plant world	Talkara (black willow), Zhalgyzashtaldyk (lonely willow wood), Taldymanak (willow), Sholaktaldyk (short willow), Taldyespesaj (willow gusty ravine), Talsaj (willow valley), Shilisaj (valley of chiy), Akshi (white chiy), Shili (a lot of chiy grows), Zhamanshili (bad chiy), Tasshi (stone chiy), Zhaksyshili (good chiy), Kiyakty, (sedge grows a lot), Kiyaktysaj (Osaka valley), Zhusalysaj (wormwood valley), Zhusaly (wormwood), Arshaly (juniper), Kajyndy (birch), Zhamankajyndy (bad birch), Zhaksykajyndy (good birch), Bidajyk (wheatgrass), Kokpekti (plants growing in places with a lot of water), Karagansaj (valley karagannik), Zhyngyldyozek (grebenshchik)

1	2
Names related to color	Saryozen / Sarytorgaj (Sarytorgai (yellow river/yellow sparrow), Koksaj (blue valley), Sarybulak (yellow spring), Sarysu (yellow water), Karaespe (black well with shallow water), Karakengir (black kangir), Sarykengir (yellow kangir), Karasu (black water), Koktas (blue stone), Koksala (blue tributary), Karamys (black copper), Akshi (white chiy), Alabas (spotted head), Bajkonyr (rich brown), Bozingen (White camel)
Names associated with cosmonyms	Teriskej (Northern), Ajbas (moon head), Ajgene (Moon), Aj (moon), Ajkyz (moon girl), Ajbaldyrgan (young moon), Ajtau (moon mountain), Tundik (firmament)
Names designated depending on the specifics of the geographical location, shape, size of the river	Zhalauly (flag), Bas Zhalauly (main flag), Orta Zhalauly (middle flag), Auyzsaj (entrance to the valley), Bassaj (main valley), Sholaksandyk (short chest), Ylken Karazhylga (big black stream), Sholakkudyk (shallow well), Zhinishke (thin), Mukyr (short river)
Names related to the physico-chemical properties of water and the flow of the river	Ashyozen (salty river), Ashytasty (salty stone), Ashysaj (salty valley), Ashybutak (salty branch), Ashysaj (salty), Ashyly (salty water), Ashylyajryk (salty watershed), Ashysu (bitter water), Ashyshiozek (valley where salty chiy grows), Tentek-Karasu (stormy black water), Sarkyrama (waterfall), Saga (mouth), Terisakkan (negative flow)
Names of rivers depending on the number	Ushkarasu (three black waters), Birajyryk (one watershed), Birinshisu (the first water), Tortinshi bastau (the fourth source), Zhalgyzagashtaldyk (a lonely tree willow), Zhetikyzy (seven girls), Kyryksaj (forty valleys), Koptamsaj (abundant valley), Kyrykkudyk (forty wells), Qosbulak (double source), Ekibulak (two sources), Zhalgyzkoz (single eye), Zhalgyzkudyk (single well), Birsauyt (one armor)
Human life, historical events and names associated with the names of tribes	Balta (axe), Ajnabulak (mirror spring), Dulygaly (helmet), Dulygaly-Zhylanshyk (Snake helmet), Kylysh (sword), Saba (kumys fermentation tank), Kajrakty (whetstone), Ozenkajrakty (the river where the whetstone meets), Kobekol (chain mail), Najzakamyr (spear + dough), Narolgen (the land where the camel died), Katynkazgan (the land dug up by a woman), Karynsaldy (kutyr oil), Atasu (age water), Adaj (the name of the genus), Kalmakkyrgan (the land where the Kalmyks were killed), Kypshak (the name of the genus), Kerej (the name genus), Kyzaj (genus name), Kyrgyzdyn Karasuy (Kyrgyz black water)

Note: compiled based on the data [20]

As a result of our research, 1058 names of large, medium, and small rivers in the territory of Saryarka were grouped according to topocards of M: 1 500 000 scales. The characteristic of the origin and etymology of the names of large rivers is given. Despite the changes in natural conditions, which are reflected in the hydronymic terms, potamonymic names and terms in the composition of toponyms contain complete information about the landscape features of Saryarka.

The phenomenon of the confluence of rivers is likely during the spring flood. Under such conditions, rivers converge with each other, overflowing their banks during high water, breakthrough into neighboring rivers. Subsequently, one river may turn into a tributary of another river. The main reason for such phenomena is tectonic movements and the overflow of the channel with alluvial material. The phenomenon of a sharp confluence of rivers is observed in the lower reaches of the Nura River in Central Kazakhstan. 20 km south of Astana, the Nura River changes the direction of flow from meridional to latitudinal. In summer, during flooding in the northern side of this turn, the waters of the Nura River divide into several branches and



flow into the Yesil River. This situation persists during the period of the river's fall when the river shallows.

According to the concept of scientists (Z.A. Svarichevskaya, 1956), in the Upper Quaternary period, the tributary of the Yesil River, the Nura River carried its waters from south to north. Due to the deflection of the Teniz depression, the Nura River turned its course to the west, began to flow in the direction of the Teniz- Korgalzhyn lake system, so the lower part of the Nura River is part of it, formed later [21].

The economic importance of the valleys is very important. Floodplains of such rivers of Kazakhstan as Ertis, Yesil, Tobol, Zhaiyk, Syrdaria are widely used as fertile hayfields, and terraces are being developed for sowing crops. Settlements are mainly settled in river valleys.

Buried valleys are ancient river forms, usually they are covered with loose quaternary sediments. Buried valleys are often found in the steppes of Saryarka in Central Kazakhstan. The valleys of the Tokyraun, Kusak, Shar, etc. rivers belong to the buried valleys. At one time, the territories of buried rivers, compared to today's scale, covered large areas with a full-flowing river network. Later, due to changes in physical and geographical conditions, the waters of the river became shallow, the volumes of alluvial pumps began to decrease and the territories of the valleys began to shrink. The current volumes of some valleys of Central Kazakhstan occupy a tenth of the territory of ancient valleys [21].

The importance of buried valleys in the national economy is also great. They are deposits of various placers, groundwater and building materials. For example, the water supply of the city of Balkhash is completely carried out at the expense of the underground waters of the Tokyraun River, which have seeped into the sandy layers.

*Features of the location of local natural and artificial water sources.* Microtoponymy (gr. micro – "small") - names of small physical and geographical objects, rivers and lakes, lakes, springs and sources, wells and streams, dens and gullies, small ridges and mounds, hills, wintering grounds and letovok. In the works of V.V. Radlov, many definitions of microhydronyms are given, similarities of common names of peoples speaking Turkic languages are investigated. The Turkic-Mongolian tribes engaged in nomadic cattle breeding revered water sources, attaching special importance to them. V.A. Kazakevich points out that the Mongolian and Turkic peoples, engaged in nomadic animal husbandry, often used the terms "*bulak*" (spring), "*kudyk*" (well) [20].

The main factor in the management of nomadic animal husbandry is the provision of pastures with groundwater. Therefore, when small rivers dry up in the summer months, springs and wells become the only sources of water. Toponyms formed with the participation of the terms *bulak* (spring), *kaina* (source) are defined on the territory of Saryarka. Places of access to the surface of groundwater are called springs. Spring is a small water source that starts at the source, the keys. Springs are areas of drainage (drainage) in the areas where the hydrographic network intersects with aquifers.

The outputs of groundwater to the surface may be different. Therefore, springs are classified in different ways. Basically, springs by the nature of the output are *tuma* (springs) and *kaynar* (keys). Tuma are formed as a result of non-pressurized access to the surface of groundwater (in cases of river valleys, gullies, ravines). In the south-western regions of Kazakhstan, *tuma* means a spring with a non-pressure current. Ayainar is formed as a result of pressure water coming to the earth's surface from pressure (artesian) reservoir horizons or crystalline rocks. On the territory of Saryarka, there are also toponyms associated with the terminals of Jainar and *tuma*. For example: *Kaynar* (village<sup>2</sup>, river), *Kaynarly*<sup>2</sup> (lake, tract), *Kyzylkoinar* (village), *Baytuma* (village) (Akmola region); *Ayakkainar* (spring), *Zhilandikainar* (spring), *Kaynar*<sup>3</sup> (spring, wintering, river), *Koshkoinar* (well), *Kumkainar* (well), *Kyzylkoinar* (well), *Tamkoinar* (grave), *Tumatay*<sup>2</sup> (wintering, river) (Karaganda, Ulytau regions); *Kainar* (river<sup>2</sup>), *Kyzylkoinar*

(spring), Tumatsor (salt lake) (Pavlodar region); Kainar (village), Tumaozek (river), Baizantuma (spring<sup>2</sup>), Takyrtuma<sup>2</sup> (spring, tract) (Abai region), etc.

The term *kudyk* (well) is actively involved in the formation of toponyms of Saryarka. The word *kudyk* means "a pit specially dug in the vertical direction for water use". It refers to the main features of the Kazakh steppe. Since there is very little fresh water, wells were highly valued, and they were given separate names. These names gave information not only about the presence of a well but also about who dug it, about water quality, volumes, etc. Geographical objects have been identified on the territory of Saryarka, the names of which were formed on the basis of the term *kudyk*.

In the Kazakh language, in addition to the term *kudyk*, similar terms were also used for special features, such as *apan* (old well), *kauga* (full-flowing well). *Apan* means dug earth, pit. *Apan* is the name of an old, ruined, wide, but not very deep well. The word *kauga* means "a bucket made of animal skins or other material designed to draw water from a well". In toponymy, so-called "natural objects, the external forms of which are similar to the *kau*". These terms are often found in geographical names on the territory of Saryarka. For example, *Kaugakol* (lake) (Akmola region); *Akshaadyr-Besapan* (mountain), *Apan* (well), *Apankudyk* (well), *Zhambasapan* (well), *Saryapan*<sup>4</sup> (spring, river, railway st., mountain), *Saryapankum* (sands) (Karaganda, Ulytau regions); *Beskauga* (well, wintering), *Mynkauga* (well), *Saryapan*<sup>2</sup> (bitter-salty lake, dry well), *Saryapanozek* (river), *Beskauga*<sup>2</sup> (village, tract) (Pavlodar region); *Saryapan*<sup>2</sup> (village, tract) (Abai region), etc.

As a result of the studies of toponyms associated with the terms *kudyk*, *bulak*, on the basis of specific historical sources, the characteristics and features of water bodies were given, their importance for nomads was proved.

## Conclusion

The use of water sources in the names of rivers is well traced in the system of agriculture. The peculiarities of a particular locality affect the names of rivers and, in general, toponymy, reflecting their nature. You can find many aspects of the study of hydronymic terms. A deep study of the semantic structure of concepts makes it easier for researchers to study scientific knowledge of language, everyday life, history, geography and other areas of people's life.

The study of the names of water bodies of Saryarka is an urgent task that requires in-depth study. You can get various geographical information about the formation of hydronyms, their location, and nomination. The hydronymy of Saryarka is characterized by a complex structure and spatial distribution. The terms that make up the hydronyms are directly related to local physical and geographical features: the nature of the relief, the composition and structure of rocks, climate and hydrological conditions, the most important elements of the organic world for the economy.

In our research, about 3,000 names of water bodies of Saryarka were grouped (based on a 1:500,000 scale topocard), their etymology was determined. Quantitative and qualitative characteristics are also given. The actual data indicate that the geographical names of Saryarka had various physical and geographical features and were formed by deep historical periods.

**Acknowledgement:** This work was carried out within the framework of the project of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP19575017).

**Conflict of interest:** There are no conflicts of interest. All the authors reviewed and approved the final version of the manuscript.

**The contribution of the authors:** A.Ye. Yeginbayeva and K.T. Saparov developed the main concept of the study. A.Ye. Yeginbayeva and A.G. Abdullina designed the methodological

approach for the research. A.Ye. Yeginbayeva and A.G. Abdullina verified and confirmed the accuracy of the data and results. A.Ye. Yeginbayeva and N.Zh. Zhensikbayeva conducted the primary stages of the research. K.T. Saparov and E. Atasoy drafted and prepared the initial manuscript. E. Atasoy and Ye.K. Keikin were responsible for translating the article into English and editing the review.

## References

1. Daniel N., Mátyás G. Citizen science characterization of meanings of toponyms of Kenya: a shared heritage // *GeoJournal*. – 2023. – № 88. – P. 767–788. <https://doi.org/10.1007/s10708-022-10640-5>
2. Ordinas G.A., Ordinas R.X. Geography and Onomastics: Geographical Terminology in the Oronymy of the Balearic Islands // *Questions of onomastics*. – 2023. – Т. 20. – № 2. – P. 103-118. [https://doi.org/10.15826/vopr\\_onom.2023.20.2.017](https://doi.org/10.15826/vopr_onom.2023.20.2.017)
3. Егинбаева А.Е. (2019). Сарыарқа топонимикасы. Алматы: ССК. - 224 б.
4. Jordan P. Adequate Minority Place-Name Representation on Topographic Maps // *KN J. Cartogr. Geogr. Inf.* – 2023. – № 73. – P. 289-299. <https://doi.org/10.1007/s42489-023-00150-w>
5. Moreira G.R. State of the art of the Brazilian geographical names database. – 2009. [https://icaci.org/files/documents/ICC\\_proceedings/ICC2009/html/nonref/12\\_4.pdf](https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2009/html/nonref/12_4.pdf)
6. Perdana A.P., Ostermann F.O. A Citizen Science Approach for Collecting Toponyms // *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* – 2018. – № 7. – 222 p. <https://doi.org/10.3390/ijgi7060222>
7. Kastreva P., Drenovski I., Penev P. The toponyms in the Bulgarian Cartography // 6th International Conference on Cartography and GIS. – 2016. – 624 p. <https://cartography-gis.com/docsbca/iccgis2016/ICCGIS2016-64.pdf>
8. Каймулдинова К.Д. (2011). Топонимика: оқулық. Алматы: Дәуір. - 336 б.
9. Kovacs E. The Relationship between Early Hydronyms and Settlement Names. – Debrecen, Hungary, 2019. – P. 65-74. [https://mnynk.unideb.hu/publikaciok/OU15\\_kovacse.pdf](https://mnynk.unideb.hu/publikaciok/OU15_kovacse.pdf)
10. Подольская Н.В. Словарь русской ономастической терминологии. - Москва: Наука, 1988. - 192 с.
11. Попова В.Н. Структурно-семантическая природа топонимов Казахстана: дис. д-ра филол. наук: 10.02.20. – Алматы: Қазақ университеті, 1997. – 271 с.
12. Ахметов К., Байтелиева Ж. Жеріңнің аты – Елімнің хаты: энциклопедиялық анықтамалық. - Алматы: Аруана, 2006. - 808 б.
13. Бейсенова А.С. Қазақстанның физикалық географиясы. – Алматы, 2014. - 540 б.
14. Сапаров К.Т., Егинбаева А.Е. Топонимика региона - как основа восстановления и развития ландшафтов Павлодарского Прииртышья. - Алматы: Эверо, 2017. - 154 с.
15. Saparov K., Belgibaev M., Mazbaev O., Asubaev B., Atasoy E. Origin and Preservation of Irtysh Relic Pine Forest of Kazakhstan // *Balkan Ecology*. – Russia.: Typographer.imperat, 2014. – №17(2). – P.153-159.
16. Yeginbayeva A.Ye., Saparov K., Atasoy E. Etymological Features of Irtysh River in Pavlodar Region, Kazakhstan // *Balkan Ecology*. – 2016. – №19(1). – P. 91-95.
17. Yeginbayeva A.Ye., Saparov K., Chlachula J. Toponymy of the ancient Sary-Arka (North-Eastern Kazakhstan) // *Quaestiones geographicae*. – 2018. – №37 (3). – P. 35-52. <https://doi.org/10.2478/quageo-2018-0024>
18. Жанұзақ Т. Тарихи жер-су аттарының түптөркіні. - Алматы: «Создик-словарь», 2010.
19. Егинбаева А.Е., Сапаров К.Т., Сансызбаева А.Б. Топонимический подход научных исследований ландшафтов, связанных с животным миром. *European Journal of Economics and Management Sciences*. – Вена, 2015. - С. 25-31.
20. Сапаров К.Т. Павлодар облысының топонимикалық кеңістігі. Павлодар: NPF «ЕСО», 2007. - 308 б.
21. Кусаинов С.А. Жалпы геоморфология: оқулық. - Алматы: Дәуір, 2012. - 368 б.

**А.Е. Егинбаева<sup>1</sup>, К.Т. Сапаров<sup>2</sup>, А.Г. Абдуллина<sup>3</sup>,  
Н.Ж. Женсикбаева<sup>4</sup>, Е. Атасой<sup>5</sup>, Е.К. Кейкин<sup>6</sup>**

*<sup>1,2,6</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

*<sup>3</sup>Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан*

*<sup>4</sup>С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан*

*<sup>5</sup>Улудаг университеті, Бурса, Түркия*

### **Сарыарқаның гидрографиялық атаулары мен терминдері**

**Аңдатпа.** Мақаланың мақсаты – Сарыарқада кездесетін гидронимдер жүйесін жан-жақты қарастыру. Мақалада табиғи жағдайлар мен ландшафт ерекшеліктері туралы бай ақпарат беретін гидронимдердің мағынасы егжей-тегжейлі сипатталған. Гидронимдік атаулардың зерттеу материалдары мен әдістері қарастырылды. Сарыарқаның гидронимдер жүйесін зерттеген ғалымдар және олардың еңбектері туралы айтылды. Сарыарқа су объектілерінің атауларын айқындау терең зерттеуді қажет ететін өзекті міндет болып табылады. Гидронимдердің қалыптасуы, олардың орналасуы, номинациясы туралы әртүрлі географиялық ақпарат алуға болады. Осы мақалада Сарыарқаның гидронимдік атауға ие болған топонимдік атаулардың шығу тегін анықтап, оларды топтарға бөлдік. Табиғи жағдайлар мен ландшафт ерекшеліктерін сипаттайтын потамонимдер жүйесінің классификациясы кесте түрінде ұсынылды. Осы жұмысты зерттеу барысында су объектілерінің физикалық-географиялық ерекшеліктері анықталды: қасиеттері, сапасы, түсі, ағымы, орналасуы, арнасы, шығу тегі, жағалауы, пішіні, тереңдігі, сондай-ақ олардың шаруашылық жүргізудегі рөлі (антропогендік қызмет). Сарыарқада өсімдіктер мен жануарлардың атаулары, адамның, тайпалардың және ұрпақтардың атаулары негізінде қалыптасқан гидронимдер кең таралған. Зерттеу барысында гидронимдік атаулар мен терминдер жүйесі топтастырылды, нақты деректер негізінде Сарыарқа микрогидронимдерінің картасы жасалды. Сарыарқа су объектілерінің 3000-ға жуық атауы топтастырылды (1: 500 000 масштабтағы топокарта негізінде), олардың этимологиясы анықталды.

**Түйін сөздер:** гидроним жүйесі, табиғи орта, микрогидронимдер, зерттеу әдістері, потамонимдер, табиғи су объектілері, жасанды су объектілері.

**А.Е. Егинбаева<sup>1</sup>, К.Т. Сапаров<sup>2</sup>, А.Г. Абдуллина<sup>3</sup>,  
Н.Ж. Женсикбаева<sup>4</sup>, Е. Атасой<sup>5</sup>, Е.К. Кейкин<sup>6</sup>**

*<sup>1,2,6</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*

*<sup>3</sup>Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актөбе, Казахстан*

*<sup>4</sup>Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан*

*<sup>5</sup>Университет Улудаг, Бурса, Турция*

### **Гидрографические названия и термины Сарыарки**

**Аннотация.** Цель статьи - всестороннее рассмотрение системы гидронимов, встречающихся в Сарыарке. В статье подробно описывается значение гидронимов, дающих богатую информацию о природных условиях и особенностях ландшафта. Рассмотрены материалы и методы исследования гидронимических названий. Были отмечены ученые, изучавшие систему гидронимов Сарыарки, и их труды. Изучение названий водоемов Сарыарка является актуальной задачей, требующей глубокого изучения. Можно получить различную географическую информацию о формировании гидронимов, их расположении, номинации. В этой статье мы определили происхождение топонимических имен Сарыарки, получивших гидронимное название, и разделили их на группы. Классификация системы потамонимов, характеризующих природные условия и особенности ландшафта, представлена в виде таблицы. В ходе исследования данной работы были выявлены физико-географические особенности водных объектов: свойства, качество, цвет, течение, местоположение, русло, происхождение, берег, форма, глубина, а также их роль в хозяйственном ведении (антропогенная деятельность). В

Сарыарке распространены гидронимы, образованные на основе названий растений и животных, названий людей, племен и родов. В ходе исследования была сгруппирована система гидронимических названий и терминов, составлена карта микрогидронимов Сарыарка на основе фактических данных. Было сгруппировано около 3000 наименований водных объектов Сарыарки (на основе топокарт масштаба 1: 500 000), определена их этимология.

**Ключевые слова:** система гидронимов, природная среда, микрогидронимы, методы исследования, потамонимы, природные водные объекты, искусственные водные объекты.

## References

1. Daniel N., Mátyás G. Citizen science characterization of meanings of toponyms of Kenya: a shared heritage // *GeoJournal*. – 2023. – № 88. – P. 767–788. <https://doi.org/10.1007/s10708-022-10640-5>
2. Ordinas G.A., Ordinas R.X. Geography and Onomastics: Geographical Terminology in the Oronymy of the Balearic Islands // *Questions of onomastics*. – 2023. – Т. 20. – № 2. – P. 103-118. [https://doi.org/10.15826/vopr\\_onom.2023.20.2.017](https://doi.org/10.15826/vopr_onom.2023.20.2.017)
3. Yeginbayeva A.Ye. Saryarka toponimikasy [Toponymy of Saryarka]. – Almaty.: SSK, 2019. – 224 p. [in Kazakh]
4. Jordan P. Adequate Minority Place-Name Representation on Topographic Maps // *KN J. Cartogr. Geogr. Inf.* – 2023. – № 73. – P. 289-299. <https://doi.org/10.1007/s42489-023-00150-w>
5. Moreira G.R. State of the art of the Brazilian geographical names database. – 2009. [https://icaci.org/files/documents/ICC\\_proceedings/ICC2009/html/nonref/12\\_4.pdf](https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2009/html/nonref/12_4.pdf)
6. Perdana A.P., Ostermann F.O. A Citizen Science Approach for Collecting Toponyms // *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* – 2018. – № 7. – 222 p. <https://doi.org/10.3390/ijgi7060222>
7. Kastreva P., Drenovski I., Penev P. The toponyms in the Bulgarian Cartography // 6th International Conference on Cartography and GIS. – 2016. – 624 p. <https://cartography-gis.com/docsbca/iccgis2016/ICCGIS2016-64.pdf>
8. Kaimuldinova K.D. Toponimika: okulyk [Toponymy: textbook]. – Almaty.: RPBC «Era», 2011. – 336 p. [in Kazakh]
9. Kovacs E. The Relationship between Early Hydronyms and Settlement Names. – Debrecen, Hungary, 2019. – P. 65-74. [https://mnykn.unideb.hu/publikaciok/OU15\\_kovacs.pdf](https://mnykn.unideb.hu/publikaciok/OU15_kovacs.pdf)
10. Podolskaya N.V. Slovar russkoj onomasticheskoy terminologij [Dictionary of Russian onomastic terminology]. – Moscow.: Nauka, 1988. – 192 p. [in Russian]
11. Popova V.N. Strukturno-semanticheskaya priroda toponimov Kazakhstana: dis. Dr. philol. n.:10.02.20 [Structural and semantic nature of toponyms of Kazakhstan: Dissertation of the Doctor of Philology: 10.02.20] – Almaty, 1997. – 271 p. [in Russian]
12. Akhmetov K., Baytelieva Zh. Zherinin aty – Elimnin haty: enciklopediyalyk anyktamalyk [The name of the place is the letter of the country: an encyclopedic reference]. – Almaty.: Aruana, 2014. – 808 p. [in Kazakh]
13. Beisenova A.S. Kazakstannyn fizikalik geografiiyasy [Physical geography of Kazakhstan]. – Almaty, 2014. – 504 p. [in Kazakh]
14. Saparov K.T., Yeginbayeva A.Ye. Toponimika regiona – kak osnova vosstanovleniya i razvitiya landshaftov Pavlodarskogo Priirtyshya [Toponymy of the region – as a basis for the restoration and development of landscapes of the Pavlodar Irtysh region]. – Almaty.: Evero, 2017. – 154 p. [in Russian]
15. Saparov K., Belgibaev M., Mazbaev O., Asubaev B., Atasoy E. Origin and Preservation of Irtysh Relic Pine Forest of Kazakhstan // *Balkan Ecology*. – Russia.: Typographer.imperat, 2014. – №17(2). – P.153-159. [https://www.researchgate.net/profile/Engin-Eroglu/publication/303306281\\_Visual\\_quality\\_in\\_landscape\\_character\\_example\\_of\\_mountain-road\\_corridor\\_in\\_Turkey/links/574304cc08ae9f741b379a7c/Visual-quality-in-landscape-character-example-of-mountain-road-corridor-in-Turkey.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Engin-Eroglu/publication/303306281_Visual_quality_in_landscape_character_example_of_mountain-road_corridor_in_Turkey/links/574304cc08ae9f741b379a7c/Visual-quality-in-landscape-character-example-of-mountain-road-corridor-in-Turkey.pdf)
16. Yeginbayeva A.Ye., Saparov K., Atasoy E. Etymological Features of Irtysh River in Pavlodar Region, Kazakhstan // *Balkan Ecology*. – 2016. – №19(1). – P. 91-95.
17. Yeginbayeva A.Ye., Saparov K., Chlachula J. Toponymy of the ancient Sary-Arka (North-Eastern Kazakhstan) // *Quaestiones geographicae*. – 2018. – №37 (3). – P. 35-52. <https://doi.org/10.2478/quageo-2018-0024>

18. Zhanuzak T.T. Arihi zher-su attarynyn tuptorkini [The interweaving of historical geographical names]. – Almaty.: Dictionary, 2010. [in Kazakh]
19. Yeginbayeva A.E., Saparov K.T., Sansyzbaeva A.B. Toponimicheskij podhod nauchnyh issledovaniy landshaftov, svyazannyh s zhitovnym mirom [Toponymic approach of scientific research of landscapes associated with the animal world] // European Journal of Economics and Management Sciences. – Vienna, 2015. – P. 25-31. [in Russian] <file:///C:/Users/%D0%90%D0%B4%D0%BC%D0%B8%D0%BD/Downloads/toponymic-approach-of-scientific-researches-of-the-landscapes-connected-with-fauna.pdf>
20. Saparov K.T. Pavlodar oblysynyn toponimikalyk kenistigi [Toponymic space of Pavlodar region]. – Pavlodar.: NPF «ECO», 2007. – 308 p. [in Kazakh]
21. Kusainov S.A. Zhalpy geomorfologiya: okulyk [General geomorphology: textbook]. – Almaty.: RPBC «Era», 2012. – 368 p. [in Kazakh]

#### Information about the authors:

**Yeginbayeva Aigul Yessengaliyevna** - PhD, associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Department of Physical and Economical Geography, Satpayev str. 2, 010000, Astana, Kazakhstan.

**Saparov Kuat Tabyldinovich** - Doctor of Geographical Sciences, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Department of Physical and Economical Geography, Satpayev str. 2, 010000, Astana, Kazakhstan.

**Abdullina Akzhunis Gafurovna** - PhD, Senior Lecturer, K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Department of Geography and Tourism, 34 A. Moldagulova Avenue, 030000, Aktobe, Kazakhstan.

**Zhensikbayeva Nazgul Zhanybekovna** - PhD, Associate Professor, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Department of Ecology and Geography, 30th Guards Division str., 34, 070000, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

**Emin Atasoy** - Prof. Dr., Uludag University, Özlüce Görükle Kampüsü, 16059 Nilüfer/Bursa, Turkey.

**Keikin Yernar Kuatovich** - PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Department of Physical and Economical Geography, Satpayev str. 2, 010000, Astana, Kazakhstan.

**Егінбаева Айгүл Есенғалиқызы** – PhD, доцент м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, физикалық және экономикалық география кафедрасы, Сәтбаев көш. 2, 010000, Астана, Қазақстан.

**Сапаров Қуат Табылдынұлы** – г.ғ.д., професор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, физикалық және экономикалық география кафедрасы, Сәтбаев көш. 2, 010000, Астана, Қазақстан.

**Абдуллина Акжунис Гафуровна** - PhD, аға оқытушы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, география және туризм кафедрасы, А. Молдағұлова даңғылы, 34, 030000, Ақтөбе, Қазақстан.

**Женсикбаева Назгуль Жаныбековна** - PhD, қауымдастырылған профессор, С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, экология және география кафедрасы, 30-шы Гвардиялық Дивизия көш., 34, 070000, Өскемен, Қазақстан.

**Емин Атасой** - профессор, география ғылымдарының докторы, Улудаг университеті, Özlüce Görükle Kampüsü, 16059 Nilüfer/Бурса, Түркия.

**Кейкин Ернар Куатович** – PhD докторанты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, физикалық және экономикалық география кафедрасы, Сәтбаев көш. 2, 010000, Астана, Қазақстан.



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)





МРНТИ 37.27.15

Обзорная статья

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-111-123>

## Обзор альтиметрических данных уровня моря для казахстанской части Каспийского моря

Н.Н. Жағпарова <sup>1\*</sup> , Л.Б. Базарбай <sup>2</sup> 

<sup>1,2</sup>РГП "Казгидромет", Астана, Казахстан

(E-mail: <sup>1</sup>zhagparova\_n@meteo.kz, <sup>2</sup>bazarbay\_l@meteo.kz)

**Аннотация** В данной исследовательской работе проанализированы данные спутниковой альтиметрии для северо-восточной и средней части Каспийского моря за период с 1993 по 2023 год. Проведена верификация данных альтиметров с данными морских гидрометеорологических постов наземных наблюдений за уровнем моря на двух пунктах: М Пешной и МГП Форт-Шевченко. Результаты показали, что альтиметрические данные имеют высокую корреляцию с наземными наблюдениями (0,89-0,94). Средняя абсолютная ошибка составляет от 17 до 23 см, значения индекса согласия превышают 0,7. Оценка применимости данных по статистическим критериям показала наличие незначительных отклонений. Альтиметрические данные наиболее точны для мониторинга уровня воды с апреля по октябрь и могут быть использованы для наблюдения за уровнем моря в открытых частях Каспийского моря.

**Ключевые слова:** Каспийское море, спутниковая альтиметрия, уровень воды, верификация альтиметрических данных, коэффициент корреляции.

Поступила: 21.08.2024. Одобрена: 26.09.2024. Доступна онлайн: 30.09.2024

\* автор-корреспондент



## Введение

Каспийское море, с площадью около 386,4 тыс. км<sup>2</sup>, объемом воды 78,5 тыс. км<sup>3</sup> и максимальной глубиной 1025 м, расположено на границе двух частей материка Евразии на 47° 07' с.ш. и 54° 03' в.д. Протяженность береговой линии составляет 5970 км. Основными орографическими единицами побережья являются: на севере – Прикаспийская низменность, на западе – горы Восточного Предкавказья и Большого Кавказа с узкой прибрежной низменностью [1].

Бассейн Каспийского моря, являющийся крупнейшим замкнутым водным объектом в мире, охватывает территории Казахстана, Туркменистана, Ирана, Азербайджана и России. Обладает значительными природными ресурсами и имеет важное экономическое и экологическое значение для прибрежных стран. На акватории Каспия ведутся работы по разведке месторождений нефти и газа, развитию морского транспорта, туризма, и других отраслей.

Колебания уровня воды в Каспийском море является важнейшим показателем состояния водоема, служащим значимым индикатором климатических изменений и антропогенного воздействия.

В рассматриваемой казахстанской части Каспийского моря наблюдения за гидрометеорологическими параметрами, в том числе за уровнем моря, проводятся на 10 морских станциях и постах, расположенных на прибрежной территории: Иголкинская банка, Жанбай, Пешной, Кулалы остров, Форт-Шевченко, Саура, Актау, Песчаный, Курык, Фетисово [2]. Так, как прибрежные наблюдения не полностью отражает уровеньный режим Каспийского моря, существует необходимость проведения наблюдений на открытой части моря, что стало возможно с развитием спутниковых изменений, в том числе альтиметрии.

В международной практике альтиметрия применяется для мониторинга как мировых океанов, так и внутренних водоемов [3, 4]. Спутниковые миссии, такие как Торех/Poseidon, Jason-1, 2, 3, и Sentinel-3, используются для получения данных о высоте морской поверхности. Эти данные играют ключевую роль в климатических исследованиях, а также в моделировании циркуляции океанов и изменениях уровня воды [5]. Например, в рамках миссии Jason-3 собранные данные об уровне моря регулярно используются для отслеживания глобальных климатических изменений, прогнозирования циклонов и изучения влияния океанических течений на климатические системы. Эти спутники обеспечивают повторяющиеся измерения на конкретных орбитах, что позволяет получать точные временные ряды данных для любой точки на поверхности океана [6].

В Казахстане данные спутников альтиметров используются для изучения уровня воды и характеристик ветровых волн в Каспийском море [4, 7, 8], а также скорости ветра над акваторией моря [8]. Так, данные скорости ветра на высоте 10 м со спутников Cryosat 2, Sentinel 3, Jason 3 имеют удовлетворительную связь с данными реанализа ERA5 [8.] для казахстанской части Каспийского моря. Данные волнений со спутника Sentinel-3 имеет достаточно высокую корреляцию с смоделированными значениями [7].

Стоит отметить, что в последние десятилетия спутниковая альтиметрия стала ключевым инструментом для мониторинга уровня моря, позволяя получать точные данные на больших территориях, включая труднодоступные районы. Цель данной работы - оценить изменения уровня Каспийского моря за период с 1993 по 2023 год на основе данных спутниковой альтиметрии и их верификация с наземными наблюдениями в северо-восточной и средней частях Каспийского моря.

## Материалы и методы

В настоящее время наряду с традиционными методами наблюдения уровня моря существуют методы спутникового определения гидрометеорологических характеристик, одним из которых является спутниковая альтиметрия.

Спутниковый радиовысотомер, или альтиметр - это прибор, непрерывно регистрирующий средние высоты поверхности непосредственно под спутником, когда он пересекает поверхность Земли. Этот метод определения высоты морской поверхности основан на измерении расстояния между спутником и морской поверхностью. Измерение расстояний основано на измерении времени, необходимого для прохождения радиолокационного сигнала от спутника до водной поверхности и до водной поверхности и обратно, с рядом поправок, обусловленных распространением сигнала в атмосфере и влиянием геофизических явлений на водную поверхность по отраженному сигналу [10].

С 1973 года по настоящее время порядка 16 спутников вели измерения посредством радиолокационной альтиметрии (Таблица 1) [11].

**Таблица 1. Характеристики спутниковых альтиметрических миссий**

Спутник	Организация	Период наблюдений	Высота над уровнем моря, км	Повторяемость, день
Skylab	NASA	Май 1973 – февраль 1974	435	
GEOS-3	NASA	Апрель 1975 – июль 1979	845	
SeaSat [12]	NASA	Июль – октябрь 1978	800	17
Geosat [13]	US Navy	Октябрь 1985 – январь 1990	800	17
ERS-1	ESA	Июль 1991 – март 2000	785	35
Topex/Poseidon	NASA/CNES	Сентябрь 1992 – октябрь 2005	1336	10
ERS-2	ESA	Апрель 1995 – июль 2011	785	35
GFO	US Navy/NOAA	Февраль 1998 – октябрь 2008	800	17
Jason-1	CNES/NASA	Декабрь 2001 – июнь 2013	1336	10
Envisat	ESA	Март 2002 – апрель 2012	800	35
Jason-2	CNES/NASA/Eumetsat/NOAA	Июнь 2008 – н.в.	1336	10
CryoSat-2 [14]	ESA	Апрель 2010 – н.в.	720	369
HY-2 [15]	China	Август 2011 – н.в.	971	14, 168
Saral [16]	ISRO/CNES	Февраль 2013 – н.в.	800	35
Jason-3 [17]	CNES/NASA/Eumetsat/NOAA	Январь 2016 – н.в.	1336	10
Sentinel-3A [18]	ESA	Февраль 2016 – н.в.	814	27

Примечание: составлено на основании данных [11]

Каждый спутник выводится на определенную повторяющуюся орбиту, поэтому через определенное количество дней снова пролетает над одной и той же точкой (с точностью до 1 км) на поверхности Земли. Таким образом, временные ряды изменений высоты

поверхности могут быть построены для конкретного местоположения вдоль наземной траектории спутника в течение всего срока работы спутника [19, 20].

Данные об уровне Каспийского моря, полученные посредством альтиметров представлены на различных сайтах и порталах, таких как «Система Хранения сенсорных данных» [21], «База данных гидрологических временных рядов внутренних вод» [22], Глобальный мониторинг водохранилищ и озер (G-REALM) [23], Hydroweb [24], RADS [25] и другие.

В данной работе для анализа изменения уровня Каспийского моря, в том числе для сравнения с данными мониторинга РГП «Казгидромет» [2] использованы данные альтиметров, полученные на портале «Система Хранения сенсорных данных» [21].

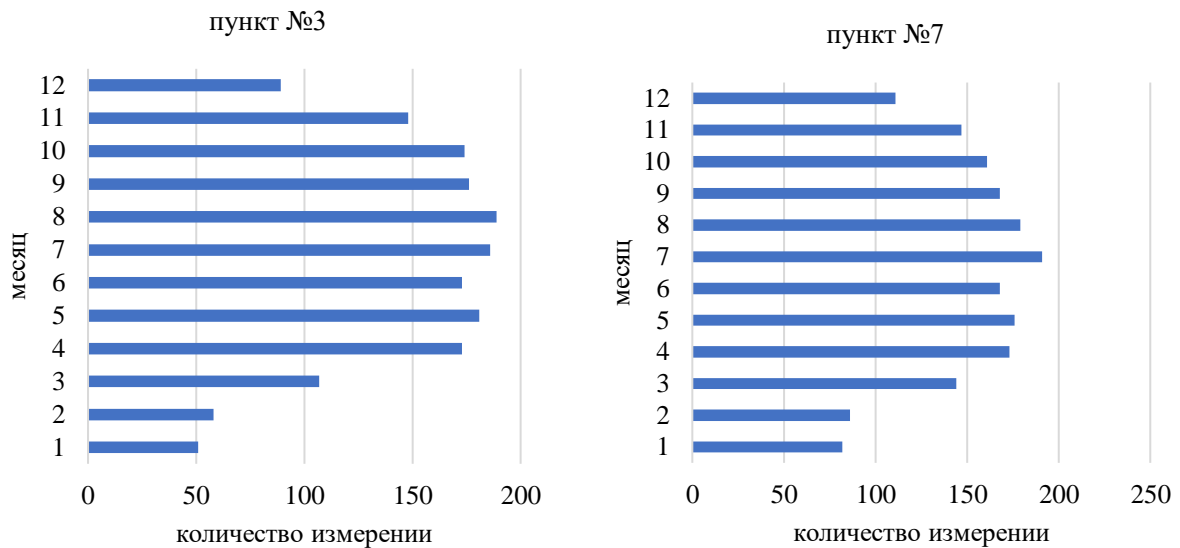
Портал предоставляет данные средних, максимальных и минимальных уровней на крупных водных объектах мира, в том числе для Каспийского моря в 8 пунктах на открытой акватории за период с апреля 1993 года по 2023 года [21]. Для казахстанской части Каспийского моря представлены данные спутников альтиметров для 2 пунктов, расположенных в его северо-восточной части (Рисунок 1). Для сравнения выбраны морские гидрологические посты: М Пешной и МГП Форт-Шевченко. Расстояние от станции М Пешной до Пункта №3 составляет 97 км, расстояние от станции МГП Форт-Шевченко до Пункта №7 составляет 62 км.



**Рисунок 1. Расположение пунктов наблюдения за уровнем Каспийского моря**

Анализ данных показал, что за период с апреля 1993 г. по сентябрь 2023 года в пункте №3, расположенном в районе морской станции Пешной, было зафиксировано 1705 измерений уровня моря, из которых 73% (1252) приходятся на теплый период года (апрель-октябрь) (Рисунок 2), когда северо-восточная часть моря полностью свободна ото льда.

В пункте №7, находящемся около Форт-Шевченко, за рассматриваемый период было проведено 1786 измерений. Из них 68 % (1216 измерений) приходятся также на апрель-октябрь.



**Рисунок 2. Количество измерений уровня моря альтиметрами**

Верификация данных спутниковых альтиметров основана на расчётах статистических показателей эффективности, таких как:

- 1) коэффициент корреляции [26] :

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad (1)$$

- 2) коэффициент детерминации [27]:

$$R^2 = \frac{[\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

- 3) средняя абсолютная ошибка [28]:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum |x_i - y_i| \quad (3)$$

- 4) среднеквадратическая ошибка [28]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (x_i - y_i)^2} \quad (4)$$

- 5) критерий оценки эффективности Нэша-Сатклиффа [29] (Nash-Sutcliffe):

$$NSE = 1 - \frac{\sum_1^n (x_i - y_i)^2}{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

- 6) индекс согласия [30]:

$$d = 1 - \frac{\sum(x_i - y_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y}) + (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

где,  $x_i$  – значение фактической переменной,  $\bar{x}$  – среднее значение или норма фактической переменной,  $y_i$  – значение сравниваемой переменной,  $\bar{y}$  – среднее значение или норма сравниваемой переменной;

### Результаты и Обсуждение

#### Верификация данных

В результате верификации данных альтиметров с данными наземных наблюдений, расположенных наиболее близко друг к другу, и проведенной на основе статистических критериев, установлено, что за период с 1993 по 2023 годы коэффициент детерминации составляет 0,89 для пункта №7 и 0,79 для пункта №3. Результаты верификации альтиметрических данных представлены в Таблице 2.

Таблица 2. Результаты верификации данных

пункт	координаты	Ближайший пункт наблюдения	Критерии					
			r	R <sup>2</sup>	MAE	RMSE	NSE	d
№3	52.43, 46.21	Пешной	0.89	0.79	0.23	0.30	0.76	0.69
№7	51.01, 44.66	Форт-Шевченко	0.94	0.89	0.17	0.22	0.85	0.75

Значения коэффициента корреляции, равные 0,89 для пункта №3 и 0,94 для пункта №7, свидетельствуют о значительной положительной связи между альтиметрическими данными и традиционными наблюдениями за уровнем воды.

Анализ внутригодовых корреляционных связей в пункте №3 за период с 1993 по 2023 год показал, что для всех месяцев, за исключением января, наблюдается высокая корреляция (от 0,85 для декабря до 0,96 для августа). Январь демонстрирует наименьшую корреляционную связь ( $r = 0,66$ ) (Рисунок 3). В свою очередь, в пункте №7 внутригодовые корреляционные связи за тот же период показали, что все месяцы года имеют высокую корреляцию, варьирующуюся от 0,85 (декабрь) до 0,99 (апрель) (Рисунок 3).

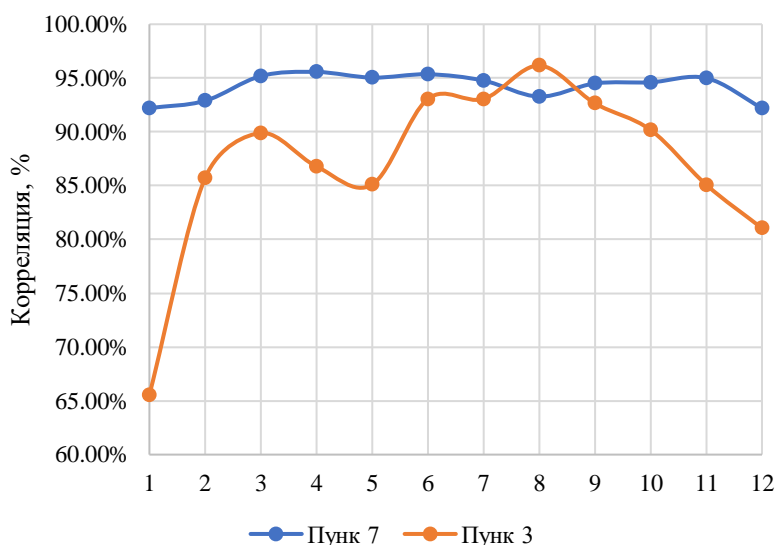


Рисунок 3. График внутригодовых корреляционных связей за 1993-2023 гг.

Анализ уровня моря по данным спутников альтиметров показал, что на пункте №3 многолетние средние месячные значения уровня моря отличались от данных наземных наблюдений на величину от 4 см до 21 см. Наименьшую корреляцию с наземными данными демонстрируют максимальные и минимальные значения уровня моря: коэффициент корреляции для максимальных значений составляет 0,68, а для минимальных — 0,71. Разница между значениями уровня моря, полученными по спутниковым и наземным данным, варьировалась от 4 см до 30 см для максимальных значений и от 3 см до 42 см для минимальных.

На пункте №7 разница между многолетними средними месячными значениями уровня моря составила от 4 см до 15 см, а коэффициент корреляции был равен 0,95. Многолетние максимальные месячные значения для пункта №7 имеют высокую корреляцию с фактическими данными (0,95), в то время как минимальные значения демонстрируют низкую корреляцию (0,34). Это может быть связано с разницей уровней, которая варьировалась от 5 до 23 см для максимальных значений и от 3 до 54 см для минимальных значений.

Значения средней абсолютной ошибки (MAE), равные 0,23 для пункта №3 и 0,17 для пункта №7, показывают, что в среднем данные альтиметров отклоняются от наблюдаемых значений на 0,23 см и 0,17 см соответственно. Это свидетельствует о высокой точности данных и незначительных отклонениях. RMSE, равная 0,30 (для №3) и 0,22 (для №7), указывает на наличие отдельных выбросов или ошибок. Однако эти ошибки не оказывают существенного влияния на общую точность данных.

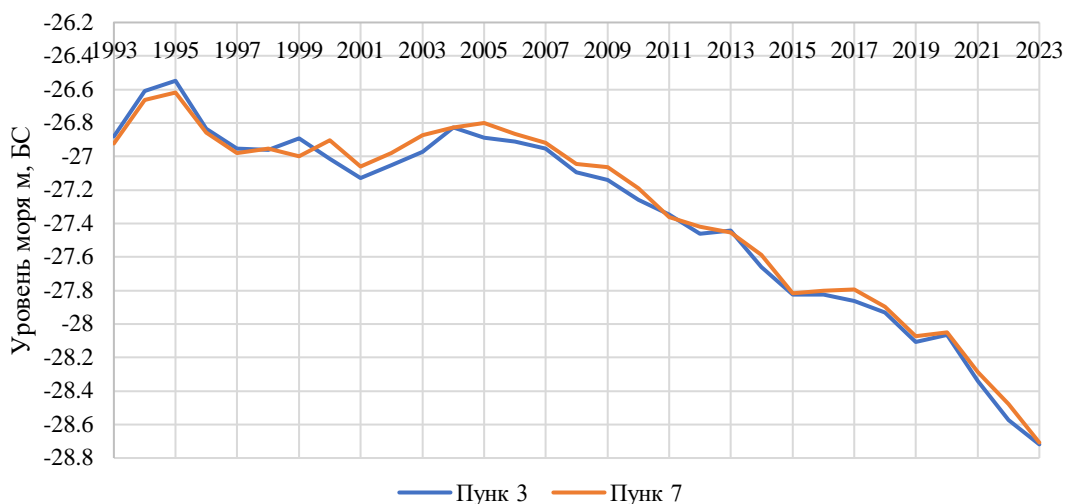
Индекс Нэша-Сатклиффа (NSE) составляет 0,76 для пункта №3 и 0,85 для пункта №7, что указывает на то, что данные альтиметров очень хорошо воспроизводят значения уровня воды.

Индекс согласия, равный 0,69 для пункта №3 и 0,75 для пункта №7, отражает хорошую степень соответствия между альтиметрическими данными и наблюдаемыми значениями.

Верификация показала, что уровни моря по данным альтиметров находятся в допустимых пределах погрешности и могут быть использованы в исследованиях открытой акваторий моря, включая анализ динамики изменения уровня моря, прогнозирование и другие работы, проводимые на Каспийском море.

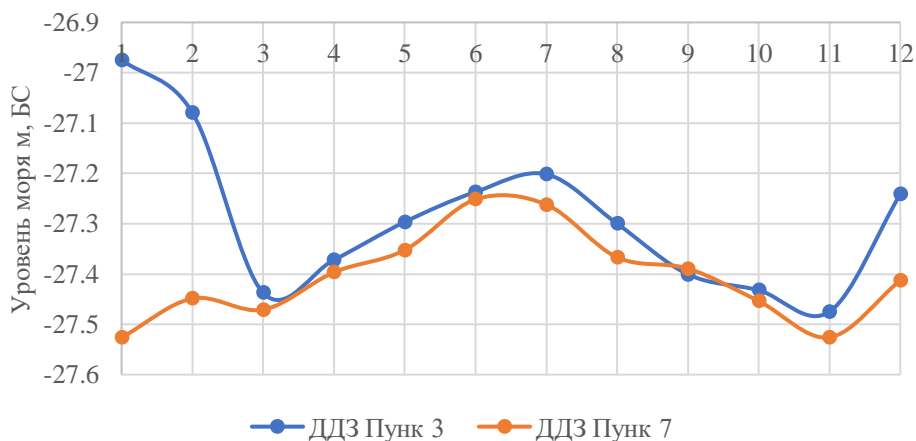
#### *Анализ данных*

За период с 1993 по 2023 год уровень Каспийского моря в северо-восточной части демонстрирует устойчивую тенденцию к понижению начиная с 2005 года (Рисунок 4). Максимум уровня моря был зафиксирован в 1995 году (в пункте №3 - 26,55 м БС, в пункте №7 - 26,62 м БС), а минимум - в 2023 году (в пункте №3 - 28,72 м БС, в пункте №7 - 28,71 м БС).



**Рисунок 4. Динамика уровня моря по данным альтиметров за 1993-2023 гг.**

На пункте №3 средние месячные значения уровня моря колебались от -26,97 м БС (январь) до -27,47 м БС (ноябрь). На пункте №7 средние месячные значения уровня моря были около отметки - 27,40 м БС с колебаниями от -27,25м БС (июнь) до -27,52 м БС (ноябрь) (Рисунок 5).



**Рисунок 5. График хода среднемесячного уровня моря за 1993-2023 гг.**

Альтиметрические данные наиболее точны для мониторинга уровня воды в теплый период года (апрель-октябрь), когда на северо-востоке моря отсутствует лед. В зимний период в северных частях Каспийского моря формируется ледяной покров, что затрудняет точность альтиметрических измерений [31].

### Заключение

В данном исследовании обработаны данные уровня воды по данным спутников альтиметров за период с 1993 по 2023 год, опубликованные на портале «Система хранения сенсорных данных». В качестве объекта исследования выбрана северо-восточная часть Каспийского моря.

Результаты исследования подтвердили высокую корреляцию данных спутниково альтиметров с данными наземных гидрометеорологических постов. Коэффициент



корреляции для рассматриваемых пунктов №3 и №7 составил 0,89 и 0,94 соответственно, что свидетельствует о значительной положительной связи между данными. Средняя абсолютная ошибка (MAE) и среднеквадратическая ошибка (RMSE) также подтвердили высокую точность данных. Также, эти показатели указывают на незначительные отклонения данных альтиметрии от наземных наблюдений, что позволяет использовать их для мониторинга уровня моря в Каспийском море.

Альтиметрические данные наиболее точны для мониторинга уровня воды в теплый период года (апрель-октябрь), когда северо-восток моря свободен от льда.

Уровень моря в северо-восточной части Каспийского моря снижался с 2005 года. Среднемесячные значения уровня моря в этой части колеблются от -26,97 м БС до -27,47 м БС.

Эти выводы показывают, что альтиметрические данные являются ценным инструментом для мониторинга уровня воды в Каспийском море, особенно в тех областях, где отсутствуют наземные наблюдения. Они могут использоваться для дополнения существующих данных, что улучшит понимание динамики уровня моря в регионе и позволит более эффективно прогнозировать изменения, связанные с климатическими и антропогенными факторами.

**Финансирование:** отсутствует.

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Вклад авторов:** Сбор, анализ и интерпретация результатов работы: Н.Н. Жағпарова, Л.Б. Базарбай. Написание текста и/или критический пересмотр содержания: Н.Н. Жағпарова. Утверждение окончательного варианта статьи для публикации: Н.Н. Жағпарова, Л.Б. Базарбай.

### Список литературы

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том 6. Каспийское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. - Гидрометеиздат, Санкт-Петербург, 1990 г. - 359 с.
2. Ежегодные данные о режиме Каспийского моря, Казахстанское побережье. Республиканское государственное предприятие "Казгидромет". - Астана, 2023. - 59 с.
3. Лебедев С.А., Костяной А.Г., Лаврова О.Ю., Динамика Каспийского моря по данным спутниковой альтиметрии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2015. - Т.12. - № 4. - С. 72-85
4. Chen J., Cazenave A., Wang S.-Y., Li J. Caspian Sea Level Change Observed by Satellite Altimetry // Remote Sensing. - 2023. - Vol. 15, № 3. - P. 703. <https://doi.org/10.3390/rs15030703>
5. Андреев А.Г. Изменения температуры, уровня моря и геострофических течений в северо-западной части Тихого океана и юго-западной части Берингова моря под воздействием нодального прилива // Исследования Земли из космоса. - 2021. - Vol. 2021, № 1. - P. 3-11. <https://doi.org/10.31857/S0205961421010024>
6. Миссия по альтиметрии Jason-3 URL: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/jason-3#mission-status>
7. Yeltay A. Verification of the results of the swan model for the water area near port Aktau // International Journal of GEOMATE. - 2023. - Vol. 25, № 109. <https://doi.org/10.21660/2023.109.m2305>
8. Rakisheva Z., Kudryavtseva N., Kussembayeva K., Sakhayeva A. Studying the change of average waves of the Caspian Sea using the altimetry data // Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science. - 2019. - Vol. 101, № 1. - P. 59-75. <https://doi.org/10.26577/JMMCS-2019-1-618>
9. Елтай А.Ф., Нарбаева К.Т. Анализ гидрометеорологических характеристик в районе порта Актау // Материалы международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». - Алматы, 2022. - 99 с.

10. Grgić M., Bašić T. Radar Satellite Altimetry in Geodesy - Theory, Applications and Recent Developments // Geodetic Sciences - Theory, Applications and Recent Developments / ed. Erol B., Erol S. IntechOpen, - 2021. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97349>
11. Kouraev A.V., Crétaux J.-F., Lebedev S.A., Kostianoy A.G., Ginzburg A.I., Sheremet N.A., Mamedov R., Zakharova E.A., Roblou L., Lyard F., Calmant S., Bergé-Nguyen M. Satellite Altimetry Applications in the Caspian Sea // Coastal Altimetry / ed. Vignudelli S., Kostianoy A.G., Cipollini P., Benveniste J. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, - 2011. - P. 331–366. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-12796-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12796-0_13)
12. GEOS-3. URL: <https://podaac.jpl.nasa.gov/GEOS-3> (дата обращения: 01.09.2023).
13. CoastWatch. URL: <https://coastwatch.noaa.gov/cwn/index.html> (дата обращения: 01.09.2023).
14. Данные CryoSat - Планета Земля онлайн (esa.int). URL: <https://esa.int> (дата обращения: 01.09.2023).
15. National Satellite Ocean Application Service (NSOAS). URL: <http://www.nsoas.org.cn/> (дата обращения: 01.09.2023).
16. Indian Space Research Organisation (ISRO). URL: <https://www.isro.gov.in/> (дата обращения: 01.09.2023).
17. Лебедев С.А., Костяной А.Г., Лаврова О.Ю. Динамика Каспийского моря по данным спутниковой альтиметрии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т.12. - № 4. - С. 72-85
18. Открытый центр доступа (copernicus.eu). URL: <https://copernicus.eu> (дата обращения: 01.09.2023).
19. BlueIce - NASA. URL: <https://blueice.gsfc.nasa.gov/gwm/lake/Index> (дата обращения: 01.09.2023).
20. Bašić T. Introductory Chapter: Satellite Altimetry – Overview // Satellite Altimetry - Theory, Applications and Recent Advances / ed. Bašić T. IntechOpen, - 2023. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112394>
21. Zech C., Schöne T., Illigner J., Stolarczuk N., Queißer T., Köppl M., et al. Hydrometeorological Data from a Remotely Operated Multi-Parameter Station Network in Central Asia // Earth System Science Data. - 2021. - Vol. 13, № 3. - P. 1289–1306. <https://doi.org/10.5194/essd-13-1289-2021>
22. DAHITI Water-Level Altimetry. URL: <https://dahiti.dgfi.tum.de/en/39/water-level-altimetry/>).
23. Global Reservoir - USDA. URL: [https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/global\\_reservoir/](https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/global_reservoir/)).
24. Hydroweb - CNES. URL: <https://hydroweb.next.theia-land.fr/>
25. Radar Altimeter Database System (RADs) - TU Delft. URL: <http://rads.tudelft.nl/rads/data/submitradsrequest.cgi> (дата обращения: 01.09.2023).
26. Попов Е. Г. Гидрологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 40 с.
27. Legates D.R., McCabe G.J. Evaluating the use of “goodness-of-fit” Measures in hydrologic and hydroclimatic model validation // Water Resources Research. - 1999. - Vol. 35, № 1. - P. 233–241. <https://doi.org/10.1029/1998WR900018>
28. Kabela E.D., Carbone G.J. NARCCAP Model Skill and Bias for the Southeast United States // American Journal of Climate Change. - 2015. - Vol. 04, № 01. - P. 94–114. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2015.41009>
29. Nash J.E., Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles // Journal of Hydrology. - 1970. - Vol. 10, № 3. - P. 282–290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)
30. Willmott C.J., Ackleson S.G., Davis R.E., Feddema J.J., Klink K.M., Legates D.R., O'Donnell J., Rowe C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models // Journal of Geophysical Research: Oceans. - 1985. - Vol. 90, № C5. - P. 8995–9005. <https://doi.org/10.1029/JC090iC05p08995>
31. Shu S., Liu H., Beck R.A., Frappart F., Korhonen J., Xu M., Yang B., Hinkel K.M., Huang Y., Yu B. Analysis of Sentinel-3 SAR altimetry waveform retracking algorithms for deriving temporally consistent water levels over ice-covered lakes // Remote Sensing of Environment. - 2020. - Vol. 239. - P. 111643. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111643>

Н.Н. Жағпарова<sup>1</sup>, Л.Б. Базарбай<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>РМК "Казгидромет", Астана, Қазақстан,

### Каспий теңізінің қазақстандық бөлігі үшін теңіз деңгейінің альтиметриялық деректеріне шолу

**Аңдатпа.** Бұл зерттеу жұмысында 1993-2023 жылдар аралығындағы Каспий теңізінің солтүстік-шығыс және орта бөліктері үшін спутниктік альтиметрия деректері талданды. Ол үшін екі пунктте: Пешней және Форт-Шевченко теңіз гидрометеорологиялық бекеттерінің деректерімен осы альтиметрлік спутник мәліметерімен салыстыра отырып, тексеру жүргізілді. Нәтижелер көрсеткендей, альтиметриялық деректер жергілікті бақылау деректерімен жоғары корреляцияға ие (0,89-0,94), орташа абсолютті қате 17 см-ден 23 см-ге дейін, ал келісім индексі 0,7-ден жоғары. Статистикалық критерийлер бойынша деректерді қолдану бағасы аздаған ауытқулар бар екенін көрсетті. Альтиметриялық деректер су деңгейін сәуірден қазанға дейінгі аралықта бақылау үшін ең дәл және оларды Каспий теңізінің ашық бөліктерінде су деңгейін бақылау үшін пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** Каспий теңізі, спутниктік альтиметрия, су деңгейі, альтиметриялық деректерді тексеру, корреляция коэффициенті

N.N. Zhagparova<sup>1</sup>, L.B. Bazarbay<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>RSE "Kazhydromet", Astana, Kazakhstan

### Overview of altimetric sea level data for the Kazakh part of the Caspian Sea

**Abstract.** This research paper analyzes satellite altimetry data for the northeastern and middle parts of the Caspian Sea for the period from 1993 to 2023. The verification of altimeter data from the data of marine hydrometeorological stations of nasal observations of the permanent sea at two points was carried out: M Peshnoy and MHP Fort Shevchenko. The results showed that the altimetric data have a high correlation with ground observations (0.89-0.94), with a mean absolute error ranging from 17 cm to 23 cm, and a consistency index above 0.7. The assessment of data applicability according to statistical criteria showed that there are minor deviations. Altimetric data are most accurate for monitoring water levels from April to October and can be used for monitoring sea levels in the open parts of the Caspian Sea.

**Keywords:** Caspian Sea, satellite altimetry, water level, verification of altimetric data, correlation coefficient.

### References

1. *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morey.* [Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas] Tom 6. Kaspiyskoye more. Vypusk 1. *Gidrometeorologicheskoye usloviya.* (Gidrometeoizdat, Sankt-Peterburg, 1990, 359 p.) [in Russian]
2. *Ezhegodnyye dannyye o rezhime Kaspiyskogo morya, Kazakhstan'skoye poberezh'ye.* [Annual data on the regime of the Caspian Sea, Kazakhstan coast.] Respublikanskoye gosudarstvennoye predpriyatiye "Kazgidromet". (Astana, 2023, 59 p.) [in Russian]
3. Lebedev S.A., Kostyanov A.G., Lavrova O.Yu. *Dinamika Kaspiyskogo morya po dannym spustnikovoy altimetriy* [Dynamics of the Caspian Sea according to satellite altimetry data] // *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern problems of remote sensing of the Earth from space]. (2015, Vol. 12, № 4. p. 72-85) [in Russian]
4. Chen J., Cazenave A., Wang S.-Y., Li J. *Caspian Sea Level Change Observed by Satellite Altimetry* // *Remote Sensing.* - 2023. - Vol. 15, № 3. - P. 703. <https://doi.org/10.3390/rs15030703>
5. Andreev A.G. *Izmeneniya temperatury, urovnya morya i geostroficheskikh techeniy v severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana i yugo-zapadnoy chasti Beringova morya pod vozdeystviyem*

nodal'nogo priliva [Changes in temperature, sea level and geostrophic currents in the northwestern Pacific Ocean and southwestern Bering Sea under the influence of nodal tide] [Exploring the Earth from Space]. 2021. Т. 15, № 3. P. 45-60. [in Russian]

6. Jason-3 Mission URL: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/jason-3#mission-status>

7. Yeltay A. Verification of the results of the swan model for the water area near port Aktau // International Journal of GEOMATE. - 2023. - Vol. 25, № 109. <https://doi.org/10.21660/2023.109.m2305>

8. Rakisheva Z., Kudryavtseva N., Kussembayeva K., Sakhayeva A. Studying the change of average waves of the Caspian Sea using the altimetry data // Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science. - 2019. - Vol. 101, № 1. - P. 59–75. <https://doi.org/10.26577/JMMCS-2019-1-618>

9. Eltay A.G., Narbayeva K.T. Analiz gidrometeorologicheskikh kharakteristik v raione porta Aktau [Analysis of hydrometeorological characteristics in the Aktau port area] // Materialy mezhdunarodnoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh «Farabi alemi», Almaty, 6-8 aprelya 2022 g. 99 p.

10. Grgić M., Bašić T. Radar Satellite Altimetry in Geodesy - Theory, Applications and Recent Developments // Geodetic Sciences - Theory, Applications and Recent Developments / ed. Erol B., Erol S. IntechOpen, - 2021. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97349>

11. Kouraev A.V., Crétaux J.-F., Lebedev S.A., Kostianoy A.G., Ginzburg A.I., Sheremet N.A., Mamedov R., Zakharova E.A., Roblou L., Lyard F., Calmant S., Bergé-Nguyen M. Satellite Altimetry Applications in the Caspian Sea // Coastal Altimetry / ed. Vignudelli S., Kostianoy A.G., Cipollini P., Benveniste J. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, - 2011. - P. 331–366. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-12796-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12796-0_13)

12. GEOS-3. URL: <https://podaac.jpl.nasa.gov/GEOS-3> (accessed: 01.09.2023).

13. CoastWatch. URL: <https://coastwatch.noaa.gov/cwn/index.html> (accessed: 01.09.2023).

14. CryoSat data - Planet Earth online (esa.int). URL: <https://esa.int> (accessed: 01.09.2023).

15. National Satellite Ocean Application Service (NSOAS). URL: <http://www.nsoas.org.cn/> (accessed: 01.09.2023).

16. Indian Space Research Organisation (ISRO). URL: <https://www.isro.gov.in/> (accessed: 01.09.2023).

17. Lebedev S.A., Kostyanoy A.G., Lavrova O.Yu. Dinamika Kaspiyskogo morya po dannym spustnikovoy altimetriy [Dynamics of the Caspian Sea according to satellite altimetry data] Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern problems of remote sensing of the Earth from space]. 2015. - V. 12. - № 4. - P. 72-85. [in Russian]

18. Otkrytyy tsentr dostupa (copernicus.eu). URL: <https://copernicus.eu> (accessed: 01.09.2023).

19. BlueIce - NASA. URL: <https://blueice.gsfc.nasa.gov/gwm/lake/Index> (accessed: 01.09.2023).

20. Bašić T. Introductory Chapter: Satellite Altimetry – Overview // Satellite Altimetry - Theory, Applications and Recent Advances / ed. Bašić T. IntechOpen, - 2023. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112394>

21. Zech C., Schöne T., Illigner J., Stolarczuk N., Queißer T., Köppl M., et al. Hydrometeorological Data from a Remotely Operated Multi-Parameter Station Network in Central Asia // Earth System Science Data. - 2021. - Vol. 13, № 3. - P. 1289–1306. <https://doi.org/10.5194/essd-13-1289-2021>

22. DAHITI Water-Level Altimetry. URL: <https://dahiti.dgfi.tum.de/en/39/water-level-altimetry/>

23. Global Reservoir - USDA. URL: [https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/global\\_reservoir/](https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/global_reservoir/)

24. Hydroweb - CNES. URL: <https://hydroweb.next.theia-land.fr/>

25. Radar Altimeter Database System (RADs) - TU Delft. URL: <http://rads.tudelft.nl/rads/data/submitradsrequest.cgi> (accessed: 01.09.2023).

26. Popov E.G. Gidrologicheskie prognozy [Hydrological forecasts] (L.: Gidrometeoizdat, 1979, 40 p.) [in Russian]

27. Legates D.R., McCabe G.J. Evaluating the use of “goodness-of-fit” Measures in hydrologic and hydroclimatic model validation // Water Resources Research. - 1999. - Vol. 35, № 1. - P. 233–241. <https://doi.org/10.1029/1998WR900018>

28. Kabela E.D., Carbone G.J. NARCCAP Model Skill and Bias for the Southeast United States // American Journal of Climate Change. - 2015. - Vol. 04, № 01. - P. 94–114. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2015.41009>

29. Nash J.E., Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles // Journal of Hydrology. - 1970. - Vol. 10, № 3. - P. 282–290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)

30. Willmott C.J., Ackleson S.G., Davis R.E., Feddema J.J., Klink K.M., Legates D.R., O'Donnell J., Rowe C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models // Journal of Geophysical Research: Oceans. - 1985. - Vol. 90, № C5. - P. 8995–9005. <https://doi.org/10.1029/JC090iC05p08995>.

31. Shu S., Liu H., Beck R.A., Frappart F., Korhonen J., Xu M., Yang B., Hinkel K.M., Huang Y., Yu B. Analysis of Sentinel-3 SAR altimetry waveform retracking algorithms for deriving temporally consistent water levels over ice-covered lakes // Remote Sensing of Environment. - 2020. - Vol. 239. - P. 111643. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111643>

#### Сведения об авторах:

**Жағпарова Н.Н.** – магистр естественных наук, ведущий инженер управления гидрометеорологических исследований Каспийского моря Научно-исследовательского центра РГП «Казгидромет», пр. Мәңгілік ел 11/1, 010000, Астана, Казахстан

**Базарбай Л.Б.** – магистр естественных наук, ведущий научный сотрудник управления гидрометеорологических исследований Каспийского моря Научно-исследовательского центра РГП «Казгидромет», пр. Мәңгілік ел 11/1, 010000, Астана, Казахстан

**Zhagparova N.N.** – master of natural sciences, leading engineer of the Caspian sea hydrometeorological research department of the Scientific-research center RSE “Kazhydromet”, Mangilik Ave. 11/1, 010000, Astana, Kazakhstan

**Bazarbay L.B.** – master of natural sciences, leading researcher of the Caspian Sea hydrometeorological research department of the Scientific-research center RSE “Kazhydromet”, Mangilik Ave. 11/1, 010000, Astana, Kazakhstan



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)





МРНТИ: 87.27.05; 87.03.05

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-124-141>

Статья

## Анализ динамики продуктивности степной зоны Мартукского района Актюбинской области

Ж.Г. Берденов <sup>1</sup>, Ж.И. Инкарова <sup>2</sup>, Г.Е. Мендыбаева <sup>3</sup>,

А.Т. Бекетова <sup>4</sup>, Г.Ә. Әділбектегі <sup>5\*</sup>

<sup>1,2,4,5</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан

<sup>3</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

(E-mail: <sup>1</sup>[berdenov-z@mail.ru](mailto:berdenov-z@mail.ru), <sup>2</sup>[inkarzh@mail.ru](mailto:inkarzh@mail.ru), <sup>3</sup>[mendybaeva95@list.ru](mailto:mendybaeva95@list.ru),  
<sup>4</sup>[atbeketova@mail.ru](mailto:atbeketova@mail.ru), <sup>5\*</sup>[adilbekova.gulmira@yandex.ru](mailto:adilbekova.gulmira@yandex.ru))

**Аннотация.** Данное исследование заключается в применении гидротермических показателей для оценки характера продукционно-деструкционного процесса в системе почва-растительность. Впервые в Мартукском районе Актюбинской области дана оценка интенсивности продукционно-деструкционного процесса при помощи балансовых уравнений по методике А.А. Титляновой. Объектом исследования является растительный покров сухих степей Мартукского района Актюбинской области. Предметом исследования является выявление влияния климатических и микроклиматических условий на динамику продуктивности и интенсивность продукционно – деструкционного процесса основных ассоциаций. Применение уравнений минимальной оценки биопродуктивности дало возможность рассчитать ряд динамических переменных для системы растения - почва, не поддающихся непосредственному измерению. Установлено, что одним из основных факторов, лимитирующих продукционно-деструкционный процесс в растительном сообществе, является их водный и температурный режим.

**Ключевые слова:** продуктивность, динамика, растительный покров, растительная ассоциация.

Поступила: 19.09.2024. Одобрена: 24.09.2024. Доступна онлайн: 30.09.2024

\* автор для корреспонденции

## **Введение**

К настоящему времени накоплен обширный материал по продуктивности растительных сообществ. Эти исследования, начатые еще в 30-х годах XX века, постепенно приобретали все более последовательный и целенаправленный характер. В первый период развития таких работ изучались преимущественно запасы фитомассы в надземной части растительности, отсутствовали наблюдения за динамикой накопления растительного вещества не только во внутривегетационном, но и во многолетнем разрезе, а изучение динамики разложения было начато спустя два десятилетия. До сегодняшнего дня материалы по накоплению и разложению подземной массы естественной растительности остаются довольно редким явлением в литературе по биогеоценологии и продуктивности [1-4].

Изучения комплексных степей началось ещё задолго до глобального вмешательства и техногенеза человечества во многие основные процессы, происходящие в природе, нарушая её законы и необратимо изменяя её [5, 6].

Исследование растительности комплексных степей В. И. Ивановым [7-9] в начале 20 века носит практический характер, так как необходимы были данные о состоянии почв и растительности.

Растительность, как показатель условий среды, становится объектом изучения многих Академии Наук. Почвовед Н.А. Димо и ботаник Б.А. Келлер в 1907 году издали совместную работу «В области полупустыни». Работа показывает связь растительных сообществ с конкретными условиями местообитания. В работе «Индикаторные свойства растительных сообществ» даются данные о качестве почвенного покрова. За первые три десятилетия 20 века растительные индикаторы использовались многими исследователями при изучении почв сельскохозяйственных угодий [10-13].

Продуктивность различных растительных сообществ по природным зонам СССР и всей суши земного шара исследована в ряде работ Н.И. Базилевич. Труды Родина, Базилевича, Ремезова, Розова дают наиболее полные сведения по динамике органического вещества надземной и подземной фитомассы [14].

Накоплению органического вещества как надземной, так и подземной части растительных сообществ посвящены региональные исследования Н.И. Базилевич и А.А. Титляновой, которые в методическом отношении являются эталоном. Подробно исследована подстилка, фитомасса для степной растительности в работах Семенова-Тянь-Шанского (1965, 1966, 1977). Динамика продуктивности степных фитоценозов Казахстана была изучена Т.К. Гордеевой (1976). Ю. Мирошниченко (1966) выводит закономерности распространения надземной и подземной фитомассы степных фитоценозов Казахстана. В работе Т.К. Гордеевой и Р.В. Суховерко (1966) описаны некоторые методы изучения продуктивности ковыльно-злаковых сообществ казахстанских степей [15, 16].

Количественная характеристика подземной и надземной фитомассы растительных сообществ субтропической зоны дана в работе азербайджанских исследователей. Продуктивность корневых систем растительности Костанайской области характеризует М.Е. Яковлева [17-25]. Изучением продуктивности растительных сообществ Центрального Казахстана, Каракумов, Кызылкумов, пустынных степей и северных пустынь Монгольской Народной Республики занимались многие годы ученые ботанического института АН СССР (Родин, Мирошниченко, 1977, Гордеев, 1976, Тогзаев).



## Материалы и методы

Изучение современного состояния и продуктивности степного комплекса проводилось по программе и методике, принятой Международной биологической программой. Использовались методы, описанные в монографиях [26-28]. Методические основы таких исследований были разработаны под руководством и при непосредственном участии ведущих специалистов - В.Н. Сукачева, Ю.В. Раункиера, А.А. Молчанова, Н.В. Дылиса, В.Т. Карпова, Ю.А. Цельникера, С.В. Зонна, Т.А. Работнова, Н.И. Базилевич, Л.И. Родина, Н.Т. Нечаевой, А.А. Титляновой.

Выбор участков был произведён на основании обработки материалов и анализа многочисленных литературных данных. Было установлено, что выбранные участки являются типичными для степного комплекса изучаемого региона [7].

Отбор проб растений для лабораторных анализов и учёт продуктивности ассоциаций проводились в течение 2023 и 2024 гг. в Мартукском районе в период с мая по сентябрь на постоянных участках. В ассоциациях укосы срезались в пяти кратной повторности с площадки 20x20 см через каждые 20 – 25 дней. В ассоциациях в определённый срок по 5 площадок в течении вегетационного сезона, линейным маршрутом с интервалом между ними 2 – 3 м на уровне почвы, учитывалась подстилка.

Укосная фитомасса ассоциаций делилась на две части. Первая часть укосов разбиралась по видам с последующим взвешиванием, а вторая взвешивалась целиком без видового анализа для определения продуктивности ассоциаций в целом.

Для определения продуктивности фитомассы ассоциаций в целом учитывались мёртвые остатки, ветошь, подстилка. Зелёная масса и ветошь срезались на уровне почвы, затем с площадки собиралась подстилка, срезалась зелёная масса и отбиралась ветошь (пожелтевшая, отмершая часть растений). Живые отростки, встречающиеся в подстилке, учитывались в фитомассе. На глубине до 30 см буром Некрасова (по горизонтали 0-10, 10-20, 20-30 см) отбиралась подземная часть ассоциации. На укосной площадке 0,04 кв. м бурили в трёх повторностях до глубины 30 см. Корни промывались через сито диаметром 0,25 мм, затем помещались в цилиндр объёмом 500 мл, где живые корни отделялись от мёртвых путём оседания живых корней на дно цилиндра.

Годичный прирост надземной фитомассы и корней вычисляется при помощи балансовых уравнений [29] по данным о динамике запаса фитомассы, ветоши, подстилки, живых и мёртвых корней. Одновременно с определением запаса в дни учёта велись микроклиматические наблюдения на всех элементах биогеоценоза (микрорельефа), также велись наблюдения за температурой и влажностью воздуха в травостое и на высоте 1,5 м с помощью аспирационного психрометра [30].

Весовые показатели по надземной, подземной фитомассе, ветоши, подстилке подвергались статистической обработке. Ошибка количественных данных надземных и подземных масс должна составлять не более 3%. Органическое вещество определялось по Тюрину (ГОСТ 26213-91), рН - водной вытяжки – по Михаэлису. Катионно-анионный состав водной вытяжки определялся по ГОСТам 26425-85, 26426-85, 26428-85, 26951-86 [31].

В геоморфологическом отношении территория Мартукского района располагается в пределах Мугоджарских гор, представляющих собой южные отроги Уральского хребта.

По устройству поверхности территория исследования относится к Буртинскому сопочно-равнинному району с абсолютными отметками высот 200-390 метров (Рисунок 1).



Рисунок 1. Карта территории исследования

Характерной особенностью рельефа описываемого хозяйства в целом, является большая изрезанность всей территории многочисленными оврагами, балками и речными долинами. Наличие большого количества последних делает рельеф сильно расчленённым, почвы – комплексными, а территорию – сравнительно труднопроходимой.

Условно территорию землепользования можно разделить на 4 части:

1. Северная
2. Центральная
3. Юго-западная
4. Юго-восточная

Северная часть (севернее р. Карагачка – вторая) представляет собой холмисто-волнистую равнину с общим южным склоном. На востоке она несколько выровнена; здесь расположены пахотные массивы. Целостность этой части нарушается густой овражно-балочной сетью.

Центральная часть простирается от р. Карагачка – 2-ая на севере до р. Карагачка -1-ая, Урта-Буртя на юге и юго-западе. Представляет собой платообразную слабоволнистую равнину с пологими северными и северо-западными склонами, крутыми короткими южными и юго-западными склонами. Здесь наиболее ярко выражен микрорельеф. Юго-западная часть носит полого-волнисто-равнинный характер рельефа с общим северо-восточным восточным уклоном. На юге этой части сильно развита овражно-балочная сеть.

Юго-восточная часть (южнее центральной части до р. Буртя) представляет волнистую равнину с редко встречающимися холмами, с крутыми склонами, поверхность которых усыпана щебенкой и обломками коренных пород. Берега многочисленных оврагов и балок крутые, обрывистые, часто с обнажениями коренных пород.

## Результаты и обсуждение

Рельеф принимает активное участие в почвообразовательном процессе, оказывая влияние на отдельные факторы. Так, рельеф является распределителем тепла и влаги в

почве. На южных склонах сход снега отмечается раньше, быстрее созревает урожай. На северных склонах снеготаяние продолжается несколько дольше, но при этом почва больше впитывает талой воды. Крутые склоны быстрее освобождаются от талой дождевой воды, и почва не успевает её впитывать. Кроме того, здесь почвы в большей степени подвержены водной и ветровой эрозии.

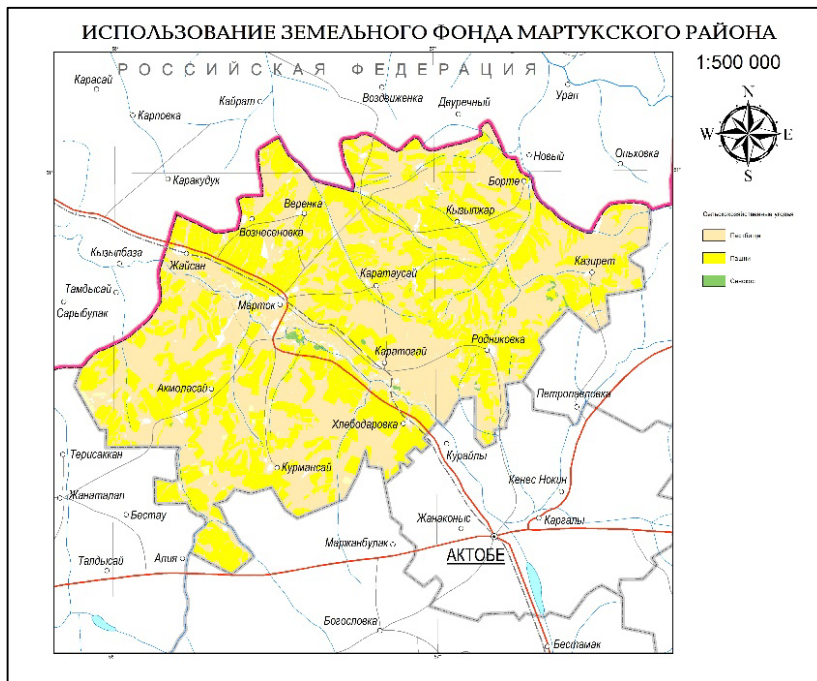
На замкнутых понижениях в период бурного снеготаяния часто отмечается переувлажнение, что иногда приводит к вымоканию посевов. Талые и дождевые воды частично вымывают вещества на пониженные участки.

Таким образом, рельеф определяет однородность или комплексность почвенного покрова, пригодность почв под пашню, сроки проведения сельскохозяйственных работ в зависимости от спелости почв

Растительность, в основном, представлена засухоустойчивыми видами. Древесная растительность представлена небольшими рощицами из осины; берёзы и клёна татарского и ползающими лесонасаждениями по границам полей севооборотов, которые состоят из вяза мелколистного клёна татарского и акации жёлтой.

Травянистая растительность находится в тесной взаимосвязи с почвенным покровом. Наиболее разнообразна растительность луговых и луговато-черноземных почв, расположенных небольшими участками в пониженных местах по берегам рек и ручьев и в других пониженных местах. Растительность представлена разнотравно-злаковой ассоциацией: разнотравье – Veronica (вероника), Achillea (тысячелистник – белый), Galium (подмаренник), щавель, подорожник, спирея, зонтичные, мальва, кровохлебка и т.д. – 40 – 50%; злаки – Stipa (ковыль), Festuca (типчак, мятлик), ежа сборная, костер безостый – 50 – 60%.

На зональных почвах распространена разнотравно-полыннозлаковая ассоциация, которая представлена следующими видами: разнотравье – подорожник, тысячелистник, вероника, полынь белая, австрийская; злаки – ковыль, типчак, мятлик. 50% территории занято пастбищами, 45% пашни и 5% сенокосы (Рисунок 2).



**Рисунок 2. Использование земельного фонда**

Примечание: по данным фондовых материалов и карта-схем КазГипрозем по Актыбинской области за 2023 г.

Увлажнение приземных слоев атмосферы связана с развитием травостоя. Состояние растительности в значительной мере определяется климатическими условиями, которые воздействует на среду обитания, особенно на микроклимат.

На увлажнение приземного слоя воздуха большое влияние оказывает наличие мертвых остатков, так как они снижают нагрев верхних горизонтов почвы, препятствуют испарению воды почвой, что сказывается на водном режиме различных ассоциаций. В таблицах 1,2 и показана связь влажности и температуры воздуха с влажностью и температурой почвы. Повышение температуры воздуха способствует повышению температуры в почве. Выпадение осадков увеличивает влажность воздуха в травостое и понижает температуру в приземном слое и в верхних горизонтах почвы.

**Таблица 1. Влажность (W, %) и температура воздуха (t, °C) в разнотравно-злаковой ассоциации за 2023 год (вблизи п. Каратагай)**

Дата наблюдения	2023 год			
	На поверхности почвы		На высоте 150 см	
	W, %	t, °C	W, %	t, °C
15.05	65	32	75	31
18.06	60	30	58	27
04.07	63	36	85	37
22.08	70	26	75	28
19.09	75	16	80	18

Максимальная температура на поверхности почвы в травостое типчаково-ковыльной ассоциации составила в июле +36°C, а минимальная в сентябре +16°C (Таблица 1). Как уже отмечалось, поверхность почвы защищена слоем подстилки толщиной до 3 см.

**Таблица 2. Влажность (W, %) и температура воздуха (t, °C) в типчаково-ковыльной ассоциации за 2023 год (вблизи с. Мартук)**

Дата наблюдения	2023 год			
	На поверхности почвы		На высоте 150 см	
	W, %	t, °C	W, %	t, °C
26.05	69	31	67	35
20.06	66	34	60	38
04.07	78	41	80	35
22.08	73	27	86	30
19.09	77	17	83	19

Максимальная температура на поверхности почвы в травостое типчаково-ковыльной ассоциации составила в июле + 41°C, а минимальная в сентябре + 17° (Таблица 2). Как уже отмечалось, поверхность почвы защищена слоем подстилки толщиной до 3 см.

Степная злаковая растительность встречается отдельными массивами на всей территории района и представляет хорошие выпаса для крупного рогатого скота, лошадей; для выпаса овец эти пастбища мало используются, так как семена ковыля вызывают большие потери шерсти и повреждают кожный покров. Частично эти

массивы используются как косимые угодий. На почвах супесчаного механического состава преобладают типчаково-ковыльная ассоциация с примесью полыни песчаной и белой, молочная, тысячелистника и житняка. Иногда доля типчака и житняка в травостое преобладает, тогда такие угодья используются для выпаса овец, но в основном – это сенокосные угодья.

Роль растительного покрова в ходе почвообразовательного процесса очень велика. Несмотря на то, что в условиях сухого климата вегетативная масса растительности незначительная, она ежегодно пополняет запасы органического вещества в почве и снабжает ее гумусом. Кроме того, значение растительности заключается в том, что естественный травостой создает биологический круговорот всех питательных и зональных веществ.

Рассмотрим разнотравно-злаковую ассоциацию (*Stipa capillata*+*Medicago falcata*) на лугово-каштановой почве западин с дополнительным поверхностным увлажнением. В травостое кроме доминантов обильны: *Stipa capillata*, *S. lessingiana*, *Festuca valesiaca*, а также *Medicago falcata* и др. Данная почвенная разновидность занимает небольшую площадь, но имеет широкое распространение на территории обследования.

Лугово-каштановые почвы расположены в северной части района в основном небольшими участками среди пашни. Формируются данные почвенные разновидности в пониженных элементах рельефа, по днищам балок, террасам рек, межсочным понижениям и степным западинкам. В основном характеризуются почвы расположены среди распаханых тёмно-каштановых карбонатно слабосолонцеватых почв. Возникновение этих почв связано с избыточным поверхностным увлажнением счет вод, стекающих с выше лежащих поверхностей. За счет стока вод с повышенных элементов рельефа развивается более богатая растительность

Динамика запасов фитомассы изучались в течение вегетативного периода 2023 и 2024 гг. (Мартукский район, с. Каратогай), 2023 и 2024 гг. (Мартукский район, с. Мартук). Воспроизводство органического вещества биоценозами есть показатель экологического его состояния и устойчивости к неблагоприятным условиям среды. Методика таких исследований описана в работах Н.И. Базилевич и А.А. Титляновой. Подземная фитомасса определялась в слое 0 – 30 см, т.к. основная активная и продуктивная масса корней сосредоточена именно в этом слое [32].

Показатели динамики запасов фитомассы определялись по отдельным блокам, а именно: Ф- зеленая масса, В- ветошь, П- подстилка, R -живые корни, V- мертвые корни (таблица 3,4).

Фитомасса общее количество живого органического вещества растений (как вышедших, так и низших), накопленные к данному моменту в подземной и надземной сфере фитоценоза суши (участки леса, луга) или водного пространства.

Мертвое органическое вещество – количество органического вещества, содержащегося в отмерших частях растений, а также в накопившихся на почве продуктах опада (лесная подстилка, степной войлок).

Ветошь – старая, пожелтевшая, прошлогодняя трава, нескошенная, отмершая часть растений.

Подстилка – напочвенный покров из разлагающегося листового опада, мелких веток, остатков крупных сучьев и стволов, отмерших корней и растений напочвенного яруса в лесах. Место обитания многих лесных беспозвоночных. Толщина подстилки составляет в среднем от 5 до 20 см.

Опад – совокупность органических компонентов, заключенных в отмирающих частях надземной (листья, ветки, иглы) и подземной (отмершая часть корней) растительности на единицу площади (обычно в центнерах на гектар) [33].

Увеличение биологической продуктивности экосистем и особенно вторичной продуктивности является одной из основных задач, стоящих перед человечеством.

Органическое вещество, создаваемое продуцентами в процессе фотосинтеза или хемосинтеза, называется первичной продукцией экосистем (сообщества).

Количество органического вещества, накопленного гетеротрофными организмами, называется вторичной продукцией.

**Таблица 3. Динамика продуктивности *Stipa capillata*+ *Medicago falcata* (ц/га) за 2023 и 2024 года (с. Каратогай)**

Месяцы	Ф	В	П	R	V	R+V	(B+П+V)/(R+Ф)
2023 год							
Май	60,49	56,27	108,48	5,15	5,5	10,65	2,59
Июнь	56,79	18,71	65,4	3,8	5,2	9,00	1,5
Июль	33,92	10,3	40,05	9,39	4,21	13,6	1,26
Август	-	-	-	-	-	-	-
Сентябрь	14,27	123,99	142,83	2,00	5,61	7,61	16,7
Среднее за вегетативный период	41,37	52,32	89,19	5,085	5,13	10,215	5,512
2024 год							
Май	12,55	23,38	35,93	3,11	4,13	7,24	4,05
Июнь	11,79	21,96	33,75	2,42	5,23	7,65	3,98
Июль	30,14	18,97	49,11	2,98	5,76	8,74	2,32
Август	21,95	15,06	37,01	1,36	4,29	5,65	2,42
Сентябрь	17,33	37,05	54,38	1,37	5,32	6,69	5,17
Октябрь	15,12	41,33	56,45	1,01	5,29	6,3	6,4
Среднее за вегетативный период	18,15	26,29	44,44	2,04	5	7,045	4,05

Из двух исследуемых лет активный рост зеленой фитомассы (Ф) отмечен в мае и июле – 60,49 ц/га и 30,14 ц/га, так как именно с этим временем связаны фазы цветения и плодоношения доминирующих видов и развития разнотравья (Таблицы 1, 2 в 2023 г. температура воздуха составляла 30 градусов, а влажность воздуха равна 78%, а в 2024 г. Температура воздуха – 40 градусов, а влажность воздуха равна 85%). Затем зеленая масса постепенно уменьшается, в связи с изменением климатических условий (с увеличением температуры). Также почва в это время сильно иссушается, почти все злаки находятся в периоде покоя. В сентябре она составила 2023 год – 14,27 ц/га, в сентябрь 2024 год – 17,33 ц/га.

Ветошь (В) в данной ассоциации накапливается по мере отмирания фитомассы или отдельных органов, так как неблагоприятные погодные условия способствуют быстрому отмиранию зеленой фитомассы и перехода ее в ветошь. Максимальный запас ветоши отмечен в осенний период (123,99 ц/га и 41,33 ц/га). Это связано с повышением температуры воздуха.

Накопление подстилки в 2024 год в сравнении с 2023 годом незначительное, на месяцы приходится равномерное количество. Максимальное количество подстилки (П) отмечено в сентябре – 142,83 ц/га и в октябре – 56,45 ц/га.

Максимальный запас живых корней (R) нами отмечен в июле – 9,39 ц/га (2023 год) и в мае – 3,11 ц/га (2024 год), минимальный запас в сентябре был равен 2 ц/га (2023 год) и в октябре – 1,01 ц/га (2024 год). Таким образом, запас живых корней незначительно увеличивается в период временного водного дефицита. Запас мертвых корней (V) весной (май) 2023 год – 5,5 ц/га, 2024 год – 4,13 ц/га, и в осенний период самый высокий 2023 год – 5,61 ц/га, 2024 год – 5,32 ц/га.

Показатель отношения запаса мертвого органического вещества (B+П+V/R+Ф) за исследуемые годы больше единицы, т.е. количество мертвых органов в ассоциации больше живых, что говорит об экстремальных условиях существования ассоциации. Экологический показатель указывает на устойчивость – адаптацию этого растительного сообщества к засухе. Отсутствие усвояемой воды в почвенных горизонтах, высокая температура – все это угнетает рост корней, но все же их количество больше зеленой фитомассы, что еще говорит о приспособлении степных ассоциаций к неблагоприятным условиям.

Типчаково-ковыльная ассоциация (*Festuca valesiaca*+*Stipa capillata*) произрастает на почвах, которые довольно широко распространены на территории района и представлены, как однородными массивами, так и в виде компонентов различных комплексов.

Тёмно-каштановые почвы сформировались в условиях слабо волнистого и пологоволнистого рельефа под типчаково-ковыльной (с примесью разнотравья) растительностью. Характерной чертой тёмно-каштановых почв является относительно не высокое содержание гумуса.

**Таблица 4. Динамика продуктивности ассоциации *Festuca valesiaca*+*Stipa capillata* (ц/га) за 2023 и 2024 гг (с. Мартук)**

Месяцы	Ф	В	П	R	V	R+V	(B+П+V/R+Ф)
2023 год							
Май	52,4	20,66	137,81	2,15	4,43	6,58	2,98
Июнь	41,86	11,27	36,17	7,2	2,5	9,7	0,018
Июль	15,58	23,9	4,89	3,21	2,13	5,34	3,56
Август	-	-	-	-	-	-	-
Сентябрь	5,6	36,8	154,41	2,18	3,8	5,98	25,056
Среднее за вегетативный период	28,86	23,16	92,32	3,7	3,215	6,9	7,9
2024 год							
Май	7,58	4,5	12,08	1,34	2,05	3,39	2,09
Июнь	6,49	2,66	9,15	0,94	2,67	3,61	1,95
Июль	15,54	4,63	10,91	2,31	1,23	3,54	0,99
Август	13,35	1,69	11,66	1,97	1,86	3,83	0,99
Сентябрь	14,75	2,81	11,94	2,71	3,11	5,82	1,02
Октябрь	9,19	3,02	12,21	1,96	4,79	6,75	1,8
Среднее за вегетативный период	11,15	3,22	11,33	1,87	2,62	4,49	1,47



Из двух исследуемых лет (Таблица 4) активный рост зеленой фитомассы (Ф) отмечен в мае – 52,4 ц/га и июле – 15,54 ц/га, так как именно с этим временем связаны фазы цветения и плодоношения доминирующих видов и развития разнотравья (таблица 2, 3, температура воздуха составляла 28 градуса, а влажность воздуха равна 75% (2023 и 2024 гг.)). Затем зеленая масса постепенно уменьшается, в связи с изменением климатических условий (с уменьшением температуры). Также почва в это время сильно иссушается, почти все злаки находятся в периоде покоя. В сентябре она составила 2023 год – 5,6 ц/га, в октябре 2024 год – 9,9 ц/га.

Ветошь (В) в данной ассоциации накапливается по мере отмирания фитомассы или отдельных органов, так как неблагоприятные погодные условия способствуют быстрому отмиранию зеленой фитомассы и перехода ее в ветошь. Активный рост отмечен в мае 20,66 ц/га (2023 г.) и в июне – 4,63 ц/га (2024 г.), затем летний спад и вновь количество ветоши возрастает в сентябре – 36,8 ц/га (2023 г.) и в октябре – 3,02 ц/га (2024 г.).

Пик накопления подстилки приходится на осенний период (сентябрь 154,41 ц/га – 2023 г. и октябрь 12,21 ц/га – 2024 г.). Это связано с опадом ветоши, что в свою очередь обусловлено окончанием вегетации некоторых видов, слагающих ассоциацию.

Максимальный запас живых корней (R) нами отмечен в июне – 7,2 ц/га (2023 год) и в июле – 2,31 ц/га (2024 год), минимальный запас в сентябре был равен 2,18 ц/га (2023 год) и в июне – 0,94 ц/га (2024 год). Таким образом, запас живых корней незначительно увеличивается в период временного водного дефицита. Запас мертвых корней (V) в мае самый высокий (2023 г.) – 4,43 ц/га, в октябре 2024 год – 4,79 ц/га. Уменьшение мертвых корней связано с жизнедеятельностью микроорганизмов, участвующих в разложении опада. Минимальное количество отмечено в июле (2023 г.) – 2,13 ц/га и 1,1 ц/га (2024 г.).

Показатель отношения запаса мертвого органического вещества  $(B+V+V/R+Ф)$  за исследуемые годы больше единицы, т.е. количество мертвых органов в ассоциации больше живых, что говорит об экстремальных условиях существования ассоциации. Экологический показатель указывает на устойчивость – адаптацию этого растительного сообщества к засухе. Отсутствие усвояемой воды в почвенных горизонтах, высокая температура – все это угнетает рост корней, но все же их количество больше зеленой фитомассы, что еще говорит о приспособлении степных ассоциаций к неблагоприятным условиям.

Нами были рассчитаны: прирост живого органического вещества в надземной и подземной сферах ( $Ф_p$ ,  $R_p$ ), приход надземной мортмассы в результате отмирания надземных органов и перехода их в ветошь ( $B_p$ ), образование подстилки ( $П_p$ ) из ветоши и отмирание подземных органов- корней ( $V_p$ ), убыль подстилки при ее минерализации ( $M_p$ ) и разложение подземных мертвых растительных остатков ( $W_p$ ).

Анализ экспериментального материала показывает, что интенсивность продукционно-деструкционного процесса в ходе вегетации может увеличиваться, уменьшаться, оставаться постоянной (Таблицы 5, 6). Основными характеристиками продукционного процесса в растительном сообществе является величина годичного прироста надземной  $Ф_p$  и подземной  $R_p$  фитомассы. От этих величин зависит количество и интенсивность образования и разложения мертвых растительных остатков, количество и состояние гумуса в почве.

Разнотравно-злаковая ассоциация (*Stipa capillata*+ *Medicago falcata*) характеризуется лугово-степным типом ритмики образования продукции и пятью периодами развития: ранневесенним, весенне-летним, летним, летне-осенним, осенним. Ритмика процессов отмирания и разложения связана и с ритмом развития видов, слагающих ассоциацию и с погодными условиями.

В ранневесенний период (апрель-первая декада мая) нами отмечено отсутствие образования продукции, энергетическое разложение подстилки и переход ветоши в подстилку. В мае прибавка фитомассы равна нулю. Летнее образование продукции также равно нулю. Из таблицы 5 видим, что максимальный прирост фитомассы отмечен в сентябре – 196,82 ц/га (2023 г.) и 43,98 ц/га (2024 г.). Нарастание ветоши постепенно увеличивается и в осенний период составляет 216,47 ц/га (2023 г.) и 39,36 ц/га (2024 г.). Процесс разложения подстилки в течение года идет неравномерно.

**Таблица 5. Динамика продукционно-деструкционного процесса *Stipa capillata*+*Medicago falcata* (ц/га) за 2023 и 2024 года (п. Каратагай)**

Месяцы	Фр	Вр	Пр	Мр	Рр	Вр	Wr
2023 год							
Май-июнь	0	3,7	41,26	84,34	0	10,7	11
Июнь-июль	0	22,87	31,28	56,63	5,59	0	0,99
Июль-сентябрь	196,82	216,47	108,78	0	0	9,82	8,42
Средние за вегетативный период	65,61	81,013	58,44	46,99	1,863	6,84	6,80
2024 год							
Май-июнь	0	0,76	2,18	4,36	0	0,69	1,79
Июнь-июль	18,35	0	2,99	18,35	1,09	0,53	0
Июль-август	0	8,19	12,1	24,2	3,09	1,47	0
Август-сентябрь	43,98	39,36	17,37	0	1,04	1,03	0
Среднее за вегетативный период	15,58	12,08	8,66	11,73	1,31	0,93	0,45

Анализ Таблицы 5 показал, что наибольшее количество прироста фитомассы приходится на осенний период. В 2023 году составляет 196,62 ц/га и, в 2024 году – 43,98 ц/га. В весенне-летний и летний периоды 2023 и 2024 гг. прирост фитомассы равен нулю.

Нарастание ветоши наибольшее количество отмечено в осенний период и составляет в 2023 году 216,47 ц/га, а в 2024 году – 39,36 ц/га.

Максимальное количество подстилки наблюдается в осенний период в 2023 году и составляет 108,78 ц/га, а в 2024 году – 17,37 ц/га. Минимальное количество подстилки приходится в 2023 г. на летний период и составляет - 31,28, в 2024 г. на весенний период - 2,18 ц/га.

Разложение подстилки прослеживается в обоих годах. Максимум приходится на весенне-летний период в 2023 г. - 84,34 ц/га, в 2024г. на летний период - 24,2 ц/га. В осенних периодах в обоих годах процесс минерализации прекращается и равен нулю.

Типчаково-ковыльная ассоциация (*Festuca valesiaca*+*Stipa capillata*) характеризуется лугово-степным типом образования продукции и 5 периодами развития: ранневесенний, весенне-летний, летний, летне-осенний и осенний. Ритмика процессов отмирания и разложения связана с ритмом развития видов, слагающих данную ассоциацию и с погодными условиями.

В ранневесенний период нами отмечено отсутствие образования продукции, энергетическое разложение подстилки и переход ветоши в подстилку (2023 г.). Из Таблицы 6 видим, что максимальный прирост фитомассы отмечен лишь в июле-сентябре 116,44 ц/га (2023 г.) и в июне-июле – 12,78 ц/га (2024 г.).

Наращение ветоши постепенно увеличивается и в осенний период составляет 126,42 ц/га (2023г.), а в июне-июле 2024г. отмечено максимум нарастания ветоши-3,73 ц/га.

Процесс разложения подстилки в течении 2023 и 2024 г.г. идет неравномерно. Максимум Пр отмечен в июле-сентябре – 113,52 ц/га (2023г.) и июле-августе – 5,13 ц/га (2024г.).

Разложение подстилки Мр идет наиболее интенсивно в мае-июне 121,57 ц/га (2023г.) и 5,86 ц/га (2024г.), затем процесс постепенно уменьшается, и в осенний период Мр равняется нулю.

Характер нарастания подземных органов так же, как и надземных зависит от погодных условий. Достаточное количество влаги в почве способствовало усиленному образованию корней. Максимум прироста живых корней наблюдается в мае-июне – 5,05 ц/га (2023 г.) и в августе-сентябре – 1,99 ц/га (2024 г.).

Максимальное значение прирост мертвых корней отмечено в летний период 4,63 ц/га (2023 г.) и в августе-сентябре – 1,25 ц/га (2024 г.).

В летний период 2023 г. отмечена наиболее интенсивная минерализация мертвых корней 5,00 ц/га, в сентябре минерализация равна 0, вследствие иссушения почвы. В 2024 г. интенсивная минерализация отмечена в сентябре-октябре – 1,68 ц/га.

**Таблица 6. Динамика продукционно-деструкционного процесса ассоциации *Festuca valesiaca+Stipa capillata* (ц/га) за 2023 и 2024 года (с. Мартук)**

Месяцы	Фр	Вр	Пр	Мр	Рр	Вр	Wр
2023 год							
Май-июнь	0	10,54	19,93	121,57	5,05	0	1,93
Июнь-июль	0	26,28	13,65	8,93	0	4,63	5,00
Июль-сентябрь	116,44	126,42	113,52	0	2,7	1,67	0
Средние за вегетативный период	38,813	54,413	49,033	43,5	2,583	2,1	2,13
2024 год							
Май-июнь	0	1,09	2,93	5,86	0	0,4	1,02
Июнь-июль	12,78	3,73	1,76	0	1,37	0	1,44
Июль-август	0	2,19	5,13	4,38	0	0,34	0,97
Август-сентябрь	2,8	1,4	0,28	0	1,99	1,25	0
Сентябрь-октябрь	6,04	0,48	0,27	0	0	0,75	1,68
Среднее за вегетативный период	4,324	1,778	2,074	2,048	0,672	0,548	1,022

Анализ экспериментального материала показывает, что интенсивность продукционно-деструкционного процесса в ходе вегетации может возрастать, убывать и оставаться постоянной. Основными характеристиками продукционного процесса в растительном сообществе является величина годового прироста надземной (Фр) и подземной (Рр) фитомасс. От этих величин зависит количество и интенсивность образования мертвых растительных остатков (Вр, Пр, Vр).

Ассоциацию *Stipa capillata*+ *Medicago falcata* можно отметить, как весьма приспособленное сообщество к условиям данного биогеоценоза.

### Заклучение

В результате исследований, проведенных сухих степях Мартукского района Актюбинской области мы убедились в том, что изучаемые ассоциации являются эталоном биоразнообразия. Значительную роль в формировании микроклимата играет степная подстилка, так как она оказывает заметное влияние на температуру, на влажность верхних слоев почвы. В наиболее благоприятных условиях с этой точки зрения находятся разнотравно-злаковые ассоциации (*Stipa capillata*+*Medicago falcata*). Выявлена высокая продуктивность в ассоциациях *Stipa capillata*+*Medicago falcata*, и низкая – в ассоциации *Festuca valesiaca*+*Stipa capillata*.

Исследования, показывают неразрывную связь продукционного и почвообразовательного процессов. Изучение их во взаимосвязи на основе системного анализа позволяет установить закономерности и в накоплении органического вещества. Плодородие почв неразрывно связано с продуктивностью растительных сообществ. Показатель отношения запаса мертвого органического вещества за исследуемые годы больше единицы, т.е. количество мертвых органов в ассоциации больше живых, что говорит об экстремальных условиях существования ассоциации.

**Финансирование:** Данное исследование было проведено в рамках реализации научного проекта по грантовому финансированию Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН № AP19575017).

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Вклад авторов:** Концептуализация, анализ и написание теста – Берденов Ж.Г., Инкарова Ж.И., Мендыбаева Г.Е., Бекетова А.Т.; сбор данных и валидация – Берденов Ж.Г., Инкарова Ж.И., Мендыбаева Г.Е., Бекетова А.Т.; подготовка оригинального проекта – Берденов Ж.Г., Инкарова Ж.И., Мендыбаева Г.Е.; корректировка и утверждение окончательного варианта статьи для публикации - Берденов Ж.Г., Әділбектегі Г.Э. Все авторы рассмотрели и согласились с опубликованной версией рукописи.

### Список литературы

1. Степановских А.С. Общая экология. - М: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. - С. 273-277
2. Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Т.2. - Новосибирск: Наука, 1976. - 495 с.
3. Биологическая продуктивность растительности Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1974. - С. 107-178.
4. Быстрицкая Т.Л., Осычнюк В.В. Почвы и первичная биологическая продуктивность степей Приазовья. - М.: Наука, 1975. – 112 с.
5. Программа и методика биогеоценологических исследований. - М.: Наука, 1974. - 403 с.
6. Рычков П.И. Топография Оренбургской губернии. ч. 1 и 2. 1762. - Оренбург: изд. на средства Ф.И. Базилев. Оренбург. отд. Рус. геогр. о-ва, 1887. - 406 с.
7. Иванов В.В. К вопросу о стационарном изучении смен растительного покрова южных степей и полупустынь. - В кн.: Доклады на совещании по стационарным геоботаническим исследованиям. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. - С.83-96.
8. Иванов В.В. Степи Западного Казахстана в связи с динамикой их покрова. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1958. - 288 с.
9. Иванов В.В. О некоторых новых геоботанических показателях. - Изв. Всес. Географ. общ-ва, 1952. - т.84. - С. 54-72.

10. Ларин И.В., Шифферс Е.В., Левина Ф.Я. и др. Основные закономерности распределения растительности и геоботаническое районирование Северного Прикаспия в пределах Междуречья Волга-Урал. Вопросы улучшения кормовой базы в степной, полупустынной и пустынной зонах СССР. - М.-Л: АН СССР, 1954. - С. 5-27
11. Ларин И.В. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. т.1. - М.-Л: АН СССР, 1950. - 620 с.
12. Келлер Б. А. Краткий вводный очерк растительности. т. 1. - М.-Л: АН СССР, 1936. - С. 5-48
13. Лавренко Е.М., Андреев В.Н., Леонтьев В.Н. Профиль продуктивности надземной части природного растительного покрова СССР от тундр к пустыням // Ботан. журн.- 1995. - т.40, №3. - С.415-419
14. Базилевич Н.И., Дроздов А.В., Родин Л.Е. Продуктивность растительного покрова Земли. Общие закономерности размещений и связи с факторами климата // Журнал «Общая биология». - т. XXIX. - С. 261-272.
15. Гордеева Т. К. Комплексная характеристика основных растительных сообществ пустынных степей Центрального Казахстана. - Л.: Наука, 1976. - С. 232-233
16. Мирошниченко Ю. М. Закономерность распространения надземной и подземной растительной массы в фитоценозах Евразийской степной области // Ботан. журн. - 1966. - т. 51, №8. - С.1140-1149
17. Дружинина Н.П. Фитомасса степных сообществ Юго-Восточного Забайкалья. - Новосибирск, 1973. - 150 с.
18. Berdenov Z., Mendibaev E., Salihov T., Akhmedenov K., Ataeva G. Geocological analysis of industrial cities: On the example of Aktobe agglomeration // Chemistry. – 2017. - 26(6). – P. 890–902. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-85038411112&partnerID=MN8TOARS>
19. Beketova A., Berdenov Z., Mendybayev E., Safarov R., Shomanova Zh. Herman G.V. Geochemical monitoring of industrial center for development of recreational areas (on the example of Khromtau-Don industrial hub, Kazakhstan) // GeoJournal of Tourism and Geosites. – 2019. - 27(4). – P. 1449–1463. <https://doi.org/10.30892/gtg.27428-447>
20. O zgeldinova Z.O., Janaleyeva K.M., David L.D., Mukayev Z.T., Beisembayeva M.A., Ospan G.T. Estimating the potential sustainability of geosystems in conditions of anthropogenic impacts (A case study of sarysu basin, Kazakhstan) // Applied Ecology and Environmental Research. - 2017. - 15(4). – P. 1733-1744. [https://doi.org/10.15666/aeer/1504\\_17331744](https://doi.org/10.15666/aeer/1504_17331744)
21. Берденов Ж.Г. Современное состояние и геоэкологический анализ геосистем бассейна реки Илек. Монография. Ж.Г.Берденов. – Алматы: Эпиграф, 2019. – 172 с.
22. Большев Н.Н., Воробьева Л.А. К вопросу о роли растительности в образовании солонцов // Вестник МГУ. Сер. биология, почвоведение. – 1958. - № 2. - С.97-108.
23. Першина М.Н., Яковлева М.Е. Биологический круговорот зольных веществ в зоне сухих степей СССР. Доклады советских почвоведов к УП Международному конгрессу почвоведов в США. - М.: Изд-во АН СССР, 1960. - С.116-121.
24. Першина М.Н., Додалина В.Т. Основные черты биологического круговорота веществ в почве в подзоне полупустынных степей // Изв. ТСХЛ. - 1961. - вып.5
25. Иванов В.В., Богданов А.Ю., Грищенко О.М., Фартушина М.М. Динамика фитомассы, энергии, зольных элементов и азота в основных фитоценозах Северного Прикаспия. В сб.: Топологические аспекты изучения поведения вещества в геосистемах. - Иркутск, 1973. - С.128-132.
26. Makhanova N., Berdenov Z., Wendt J.A., Sarsekova D., Mursalimova E., Sansyzbayeva A., Nurtazina,N., Safarov R. Biogeographic potential of the North Kazakh plain in the perspective of health tourism development // GeoJournal of Tourism and Geosites. - 2022. - 40(1). – P. 253–258. <https://doi.org/10.30892/gtg.40130-826>
27. Ma J., Li L., Jiao L., Zhu H., Liu C., Li F., Li P. Identifying Ecological Security Patterns Considering the Stability of Ecological Sources in Ecologically Fragile Areas // Land. – 2024. – Vol. 13, №2. – P. 214. <https://doi.org/10.3390/land13020214>
28. Berdenov Z., Mendybayev E., Beketova A., Satkarov, N., Gozner M. Assessment of the Southern Urals recreational potential for the development of the Aktobe tourism industry // GeoJournal of Tourism and Geosites. – 2021. – Vol. 38, № 4. – P. 1274–1279. <https://doi.org/10.30892/gtg.38435-769>

29. Титлянова А.А. Изучение биологического круговорота в биогеоценозах (методическое руководство). - Новосибирск: Наука, 1971. – 31 с.
30. Basilevich N.I., Titlyanova A.A. Comparative studies of ecosystem function. - In.: Grasslands, systems analysis and man. - IBP Publ., Cambridge etc.: Cambridge Univ. press, 1980, vol.19. - P.713-758.
31. Мендыбаев Е.Х. Методическое пособие для проведения лабораторно-практических занятий по почвоведению. - Актобе, 2006. –С. 14-20.
32. Dahlman R.C., Kucera C.L. Root productivity and turnover in native prairie. // Ecology. – 1965. - Vol. 46, №.1-2. - P. 84-89.
33. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И., Трофимов С.Я. Биосфера: загрязнение, деградация, охрана: Краткий толковый словарь. - М.: Высш. шк., 2005. – 125 с.

**Ж.Г. Берденов<sup>1</sup>, Ж.И. Инкарова<sup>2</sup>, Г.Е. Мендыбаева<sup>3</sup>,  
А.Т. Бекетова<sup>4</sup>, Г.Ә. Әділбектегі<sup>5</sup>**

*<sup>1,2,4,5</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

*<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан*

### **Ақтөбе облысы Мәртөк ауданындағы далалық аймақтың өнімділік динамикасын талдау**

**Андатпа.** Бұл зерттеу топырақ-өсімдік жүйесіндегі өндіріс-жойылу процесінің сипатын бағалау үшін гидротермиялық көрсеткіштерді қолдануды қамтиды. Ақтөбе облысының Мәртөк ауданында алғаш рет А.А.Титлянованың әдістемесі бойынша баланстық теңдеулерді пайдалана отырып, өндіру-жою процесінің қарқындылығын бағалау жүргізілді. Зерттеу объектісі Ақтөбе облысы Мәртөк ауданының құрғақ далаларының өсімдік жамылғысы болып табылады. Зерттеу пәні климаттық және микроклиматтық жағдайлардың өнімділік динамикасына және негізгі бірлестіктердің өндірістік-қирау процесінің қарқындылығына әсерін анықтау болып табылады. Биоөнімділікті минималды бағалау үшін теңдеулерді пайдалану өсімдік-топырақ жүйесі үшін тікелей өлшеуге болмайтын бірқатар динамикалық айнымалыларды есептеуге мүмкіндік берді. Өсімдіктер қауымдастығындағы өндіріс-жойылу процесін шектейтін негізгі факторлардың бірі олардың су-температуралық жағдайлары екені анықталды.

**Түйін сөздер:** өнімділігі, динамикасы, өсімдік жамылғысы, өсімдіктер бірлестігі.

**Zh.G. Berdenov<sup>1</sup>, Zh.I. Inkarova<sup>2</sup>, G.E. Mendybaeva<sup>3</sup>,  
A.T. Beketova<sup>4</sup>, G.A. Adilbektegi<sup>5</sup>**

*<sup>1,2,4,5</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.*

*<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

### **Analysis of productivity dynamics of the steppe zone of Martuk district of Aktobe region**

**Abstract.** This study consists of the application of hydrothermal indicators to assess the nature of the production-destruction process in the soil-vegetation system. For the first time in the Martuk district of the Aktobe region, the intensity of the production-destruction process was assessed using balance equations according to the method of A. A. Titlyanova. The object of the study is the vegetation cover of dry steppes of Martuk district of Aktobe region. The subject of the study is the identification of the influence of climatic and microclimatic conditions on the dynamics of productivity and intensity of the productivity-destructive process of the main associations. The application of minimum bioproductivity estimation equations made it possible to calculate a number of dynamic variables for the plant-soil system that are not directly measurable. It has been established that one of the main factors limiting the production and destructive process in plant communities is their water and temperature regime.

**Keywords:** productivity, dynamics, vegetation cover, vegetation association.

## References

1. Stepanovskih A.S. Obshhaja jekologija. [General ecology] (M: JuNITI-DANA, 2005, P. 273-277) [in Russian]
2. Struktura, funkcionirovanie i jevoljucija sistemy biogeocenzov Baraby. T.2. [Structure, functioning and evolution of the Baraba biogeocenosis system] (Novosibirsk: Nauka, 1976, 495 p.) [in Russian]
3. Biologicheskaja produktivnost' rastitel'nosti Kazahstana. [Biological productivity of vegetation in Kazakhstan] (Alma-Ata: Nauka, 1974. P.107-178) [in Russian]
4. Bystrickaja T.L., Osychnjuk V.V. Pochvy i pervichnaja biologicheskaja produktivnost' stepej Priazov'ja. [Soils and primary biological productivity of the Azov steppes] (M.: Nauka, 1975, 112 p.) [in Russian]
5. Programma i metodika biogeocenologicheskikh issledovanij. [Program and methodology of biogeocenological research] (M.: Nauka, 1974, 403 p.) [in Russian]
6. Rychkov P.I. Topografija Orenburgskoj gubernii. ch. 1 i 2. 1762. [Topography of the Orenburg province] (Orenburg: izd. na sredstva F.I. Bazilev. Orenburg. otd. Rus. geogr. o-va, 1887, 406 p.) [in Russian]
7. Ivanov V.V. K voprosu o stacionarnom izuchenii smen rastitel'nogo pokrova juzhnyh stepej i polupustyn'. V kn.: Doklady na soveshhanii po stacionarnym geobotanicheskim issledovanijam. [On the issue of stationary study of changes in vegetation cover of the southern steppes and semi-deserts] (M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1954, P.83-96) [in Russian]
8. Ivanov V.V. Stepi Zapadnogo Kazahstana v svjazi s dinamikoj ih pokrova. [Steppes of Western Kazakhstan in connection with the dynamics of their cover.] (M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1958, 288 p.) [in Russian]
9. Ivanov V.V. O nekotoryh novyh geobotanicheskih pokazateljah. [About some new geobotanical indicators] (Izv. Vses. Geograf. obshh-va, 1952, t.84, P. 54-72.) [in Russian]
10. Larin I. V., Shiffers E. V., Levina F. Ja. i dr. Osnovnye zakonomernosti raspredelenija rastitel'nosti i geobotanicheskoe rajonirovanie Severnogo Prikaspija v predelakh Mezhdurech'ja Volga-Ural. Voprosy uluchshenija kormovoj bazy v stepnoj, polupustynnoj i pustynnoj zonah SSSR. [Basic patterns of vegetation distribution and geobotanical zoning of the Northern Caspian region within the Volga-Ural interfluvium. Issues of improving the food supply in the steppe, semi-desert and desert zones of the USSR.] (M.-L.: AN SSSR, 1954, P. 5-27) [in Russian]
11. Larin I. V. Kormovye rastenija senokosov i pastbishh SSSR. t.1. [Forage plants of hayfields and pastures of the USSR.] (M.-L.: AN SSSR, 1950, 620 p.) [in Russian]
12. Keller B. A. Kratkij vvodnyj ocherk rastitel'nosti. t. 1. [Brief introductory sketch of vegetation] (M.-L.: AN SSSR, 1936, P. 5-48) [in Russian]
13. Lavrenko E. M., Andreev V. N., Leont'ev V. N. Profil' produktivnosti nadzemnoj chasti prirodnoho rastitel'nogo pokrova SSSR ot tundry k pustynjam [Productivity profile of the above-ground part of the natural vegetation cover of the USSR from tundra to deserts] Botan. zhurn.-1995. - t.40, №3. - P.415-419 [in Russian]
14. Bazilevich N.I., Drozdov A.V., Rodin L.E. Produktivnost' rastitel'nogo pokrova Zemli. Obshhie zakonomernosti razmeshhenij i svjazi s faktorami klimata [Productivity of the Earth's vegetation cover. General patterns of locations and connections with climate factors] Zhurnal «Obshhaja biologija». - t. XXIX. - P. 261-272. [in Russian]
15. Gordeeva T. K. Kompleksnaja harakteristika osnovnyh rastitel'nyh soobshhestv pustynnyh stepej Central'nogo Kazahstana [Comprehensive characteristics of the main plant communities of the desert steppes of Central Kazakhstan]. (L.: Nauka, 1976, P. 232-233) [in Russian]
16. Miroshnichenko Ju. M. Zakonomernost' rasprostraneniya nadzemnoj i podzemnoj rastitel'noj massy v fitocenzah Evroazijskoj stepnoj oblasti [The pattern of distribution of aboveground and underground plant mass in phytocenoses of the Eurasian steppe region] Botan. zhurn. - 1966. - vol. 51, №8. - P.1140-1149 [in Russian]
17. Druzhinina N.P. Fitomassa stepnyh soobshhestv Jugo-Vostochnogo Zabajkal'ja. [Phytomass of steppe communities of South-Eastern Transbaikalia] (Novosibirsk, 1973, 150 p.) [in Russian]



18. Berdenov Z., Mendibaev E., Salihov T., Akhmedenov K., Ataeva G. Geocological analysis of industrial cities: On the example of Aktobe agglomeration // Chemistry. – 2017. - 26(6). – P. 890–902. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-85038411112&partnerID=MN8TOARS>
19. Beketova A., Berdenov Z., Mendybayev E., Safarov R., Shomanova Zh. Herman G.V. Geochemical monitoring of industrial center for development of recreational areas (on the example of Khromtau-Don industrial hub, Kazakhstan) // GeoJournal of Tourism and Geosites. – 2019. - 27(4). – P. 1449–1463. <https://doi.org/10.30892/gtg.27428-447>
20. O zgeldinova Z.O., Janaleyeva K.M., David L.D., Mukayev Z.T., Beisembayeva M.A., Ospan G.T. Estimating the potential sustainability of geosystems in conditions of anthropogenic impacts (A case study of sarysu basin, Kazakhstan) // Applied Ecology and Environmental Research. - 2017. - 15(4). – P. 1733-1744. [https://doi.org/10.15666/aeer/1504\\_17331744](https://doi.org/10.15666/aeer/1504_17331744)
21. Berdenov Zh.G. Sovremennoe sostojanie i geojekologicheskij analiz geosistem bassejna reki llek. Monografija. Zh.G.Berdenov. [Current state and geocological analysis of the geosystems of the llek River basin] (Almaty: Jepigraf, 2019, 172 p.) [in Russian]
22. Bolyshev N.N., Vorob'eva L.A. K voprosu o roli rastitel'nosti v obrazovanii soloncov [On the question of the role of vegetation in the formation of solonchaks] Vestnik MGU. Ser. biologija, pochvovedenie [Bulletin of Moscow State University. Ser. biology, soil science] – 1958. - № 2. - P.97-108. [in Russian]
23. Pershina M.N., Jakovleva M.E. Biologicheskij krugovorot zol'nyh veshhestv v zone suhih stepej SSCR. Doklady sovetskih pochvovedov k UP Mezhdunarodnomu kongressu pochvovedov v SShA. [Biological cycle of ash substances in the dry steppe zone of the USSR. Reports of Soviet soil scientists to the UP International Congress of Soil Scientists in the USA] (M.: Izd-vo AN SSSR, 1960, P.116-121.) [in Russian]
24. Pershina M.N., Dodalina V.T. Osnovnye cherty biologicheskogo krugovorota veshhestv v pochve v podzone polupustynnyh stepej [The main features of the biological cycle of substances in the soil in the subzone of semi-desert steppes] Izv. TSHL. - 1961. - vyp.5 [in Russian]
25. Ivanov V.V., Bogdanov A.Ju., Grishhenko O.M., Fartushina M.M. Dinamika fitomassy, jenerгии, zol'nyh jelementov i azota v osnovnyh fitocenzozah Severnogo Prikaspija. [Dynamics of phytomass, energy, ash elements and nitrogen in the main phytocenoses of the Northern Caspian region. In: Topological aspects of studying the behavior of matter in geosystems] V sb.: Topologicheskije aspekty izuchenija povedenija veshhestva v geosistemah. [In: Topological aspects of studying the behavior of matter in geosystems] (Irkutsk, 1973, P.128-132.) [in Russian]
26. Makhanova N., Berdenov Z., Wendt J.A., Sarsekova D., Mursalimova E., Sansyrbayeva A., Nurtazina, N., Safarov R. Biogeographic potential of the North Kazakh plain in the perspective of health tourism development // GeoJournal of Tourism and Geosites. - 2022. - 40(1). – P. 253–258. <https://doi.org/10.30892/gtg.40130-826>
27. Ma J., Li L., Jiao L., Zhu H., Liu C., Li F., Li P. Identifying Ecological Security Patterns Considering the Stability of Ecological Sources in Ecologically Fragile Areas // Land. – 2024. – Vol. 13, №2. – P. 214. <https://doi.org/10.3390/land13020214>
28. Berdenov Z., Mendybayev E., Beketova A., Satkarov, N., Gozner M. Assessment of the Southern Urals recreational potential for the development of the Aktobe tourism industry // GeoJournal of Tourism and Geosites. – 2021. – Vol. 38, № 4. – P. 1274–1279. <https://doi.org/10.30892/gtg.38435-769>
29. Titljanova A.A. Izuchenie biologicheskogo krugovorota v biogeocenzozah (metodicheskoe rukovodstvo) [Study of biological circulation in biogeocenoses]. (Novosibirsk: Nauka, 1971, 31 p.) [in Russian]
30. Basilevich N.I., Titljanova A.A. Comparative studies of ecosystem function. - In.: Grasslands, systems analysis and man. - IBP Publ., Cambridge etc.: Cambridge Univ. press, 1980, vol.19. - P. 713-758.
31. Mendybayev E.H. Metodicheskoe posobie dlja provedenija laboratorno-prakticheskikh zanjatij po pochvovedeniju [Methodological manual for conducting laboratory and practical classes in soil science] (Aktobe, 2006. P. 14-20) [in Russian]
32. Dahlman R.C., Kucera C.L. Root productivity and turnover in native prairie. // Ecology. – 1965. - vol. 46, №1-2. - P. 84-89.

33. Orlov D.S., Sadovnikova L.K., Suhanova N.I., Trofimov S.Ja. Biosfera: zagrjaznenie, degradacija, ohrana: Kratkij tolkovyj slovar'. [Biosphere: pollution, degradation, protection: A brief explanatory dictionary.] (M.: Vyssh. shk., 2005, 125 p. [in Russian])

#### Сведения об авторах:

**Берденов Жарас Галимжанович** – PhD, ассоциированный профессор, декан факультета естественных наук Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва, ул. Сатбаева 2, 010008, Астана, Казахстан.

**Инкарова Жансулу Ишановна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры Физической и экономической географии Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва, ул. Сатбаева 2, 010008, Астана, Казахстан.

**Мендыбаева Гүлшара Ерболатовна** – докторант по образовательной программе «8D07303-Картография» Казахского национального университета им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби 71, 050040, Алматы, Казахстан.

**Бекетова Айдана Тайшибаевна** – лаборант УЛЦ факультета естественных наук Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва, ул. Сатбаева 2, 010008, Астана, Казахстан.

**Әділбектегі Гүлмира Әділбекқызы** – автор для корреспонденции, кандидат географических наук, ассоциированный профессор кафедры Управления и инжиниринга в сфере охраны окружающей среды Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва, ул. Сатбаева 2, 010008, Астана, Казахстан.

**Berdenov Zharas Galimzhanovich** - PhD, Associate Professor, Dean of the Faculty of Natural Sciences of L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.

**Inkarova Zhansulu Ishanovna** - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physical and Economic Geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.

**Mendymbaeva Gulshara Erbolatovna** - doctoral student in the educational programme '8D07303-Cartography' of Al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave, 050040, Almaty, Kazakhstan.

**Beketova Aidana Tayshibaevna** - laboratory assistant of the Faculty of Natural Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.

**Adilbektegi Gulmira Adilbekkyzy** - Corresponding author, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Management and Engineering in the field of environmental protection, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satbaev st., 010008, Astana, Kazakhstan.



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



IRSTI 70.25.17  
Scientific Article

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-142-149>

## Industrial wastewater treatment from oil and petroleum products with carbonate sludge

N.B. Beskuzov<sup>1</sup> , N.E. Aikenova<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup> K. Zhubanov Aktobe Regional University after named, Aktobe, Kazakhstan

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

(E-mail: <sup>1</sup>nurzhan\_171200@mail.ru, <sup>2</sup>nuriya.rk@gmail.com)

**Abstract.** In the modern world, pollution of industrial wastewater by oil and petroleum products is one of the most acute environmental problems. These pollutants have a significant negative impact on ecosystems and water quality. In this regard, there is a need to develop effective and environmentally safe methods of wastewater treatment. The aim of the study is to develop and evaluate the efficiency of using carbonate sludge as an adsorbent for removing oil and petroleum products from wastewater. The scientific and practical significance of the work lies in the proposal of an environmentally friendly treatment method that can not only improve the quality of wastewater, but also ensure the disposal of industrial waste. The use of carbonate sludge, a by-product of industry, makes the method cost-effective and reduces the environmental burden.

The main results of the study showed that carbonate sludge has a high sorption capacity for petroleum products. The adsorption isotherm belongs to type I according to the Brunauer, Deming, Deming and Teller classification, which indicates the presence of monolayer adsorption on the sludge surface. It was found that the sludge is able to remove up to 95% of pollutants from wastewater. The value of the study lies in demonstrating that carbonate sludge is an effective and affordable material for solving environmental problems associated with water pollution by petroleum products. This research contributes to the development of industrial waste recycling technologies by offering a new application for carbonate sludge. The practical significance of this work lies in the possibility of introducing this method at industrial enterprises for wastewater treatment, which can lead to a reduction in waste disposal costs and an improvement in the environmental situation. The results of the study can be useful for enterprises of the petrochemical industry and wastewater treatment plants.

\* автор-корреспондент

**Keywords:** adsorption, wastewater, adsorbents, carbonate sludge, water treatment, oil and petroleum products.

---

Received 23.09.2024. Accepted 27.09.2024. Available online 30.09.2024

## Introduction

Despite the fact that there are many reserves on the Earth's surface, most of the water reserves on Earth (approximately 0.03%) are water resources that are available for human activities. The growth of the world's population and industry generates an ever-increasing demand for water in proportion to the available sources, which remain unchanged. Thus, it is necessary to minimize its consumption, as well as return some of it to the environment with a minimal load of pollution due to the limited self-cleaning capacity, this shows the importance of the wastewater (WW) treatment process [1].

Industrial wastewater treatment from oil and petroleum products is one of the key environmental challenges facing industrial enterprises. Oil products entering aquatic ecosystems have a negative impact on living organisms, disrupt the processes of natural self-purification of water and lead to a significant decrease in water quality. One of the promising methods for solving this problem is the use of carbonate sludge for wastewater treatment.

There are various methods of wastewater treatment from oil pollution, among which physical and chemical methods (flotation, adsorption, coagulation, etc.), biological methods and membrane filtration methods are widely used. The use of carbonate sludge as an adsorbent is an effective method for removing oil and petroleum products, due to its high porosity and sorption properties.

Carbonate sludge formed as a result of water treatment at chemical industry enterprises has a high sorption activity due to the presence of hydrated oxides of calcium, magnesium and other minerals in its composition. These compounds form active centres on the surface of sludge particles that interact effectively with hydrocarbon molecules. The adsorption of petroleum products on the sludge surface occurs due to hydrophobic interactions, which contributes to wastewater treatment.

In practice, the use of carbonate sludge for wastewater treatment demonstrates high efficiency. Experimental studies have shown that carbonate sludge can remove up to 95% of petroleum products from wastewater, which makes it a promising material for use in industrial facilities. In particular, the introduction of this technology at a number of enterprises has significantly reduced the emissions of pollutants into the environment [2-5].

The aim of the study is to develop an effective method for cleaning industrial wastewater from oil and petroleum products using carbonate sludge, as well as to study its sorption properties in order to improve the environmental safety of industrial enterprises.

The relevance of the study is due to the serious environmental problem of water resources pollution by oil and petroleum products, which leads to ecosystem disruption and deterioration of water quality. Industrial enterprises, such as petrochemical plants and oil processing plants, generate significant volumes of wastewater containing petroleum products. In this regard, there is a need to develop effective and cost-effective methods for treating such waters. One of these methods is the use of carbonate sludge, which is industrial waste and has a high sorption capacity. Its use will not only improve the quality of wastewater treatment, but also solve the problem of industrial waste disposal, which makes the study particularly relevant in the context of the transition to sustainable technologies.

The object of the study is industrial wastewater contaminated with oil and petroleum products, as well as carbonate sludge used as a sorbent for cleaning these waters. Special

attention is paid to the study of the sorption characteristics of sludge and its ability to effectively remove hydrocarbons from the aquatic environment.

## Materials and methods

### 1.1. Materials

1.1.1. Model solutions of oil-contaminated wastewater. A model solution with an Alibekmola oil field concentration of 10 mg /dm<sup>3</sup> is dissolved in distilled water in one step. Concentrations of oil and oil products in water were determined using the methods of Government Standards: GOST 31862-2012 and GOST R 51794-2001.

1.1.2. Carbonate sludge. Sludge of Chemical water treatment (CWT) is a waste that is formed at the water treatment plant of thermal power plants, at the stage of preliminary treatment of natural water. The dried sludge is a fine powder from light yellow to brown in colour [6-7]. In the course of the study, a fraction with a particle size of 0.05-0.09 mm was used.

### 1.2. Methods

1.2.1. Determination of oil and petroleum products in water by infrared spectrometry and according to GOST 31862-2012. Water is collected in glass or metal containers that exclude contact with organic solvents and other pollutants. For analysis, carbon tetrachloride is used as a solvent. Hydrocarbon compounds are extracted from the water sample. The resulting extract is examined on an infrared spectrometer. The concentration of petroleum products is determined by the absorption of infrared radiation in the range of 2930 cm<sup>-1</sup> and 2960 cm<sup>-1</sup>, characteristic of C-H bonds of hydrocarbons. The method allows detecting petroleum products in concentrations from 0.05 to 10 mg/l.

1.2.2. Determination of oil and petroleum products in water by gravimetric method according to GOST R 51794-2001. Water samples are taken in the same way, without contamination by organic substances. A solvent (hexane or chloroform) is used to extract hydrocarbons from an aqueous sample. The resulting extract is evaporated to a dry residue, and then the residue is weighed to an accuracy of 0.1 mg. This residue is petroleum products. The method allows the determination of petroleum products in concentrations from 0.5 to 500 mg / l.

1.2.3. Determination of the adsorption of oil and petroleum products by carbonate sludge. Adsorption of oil and oil products by sorbents is carried out under static conditions. The adsorption capacity of the material is studied at 293 K by the constant concentration and variable weighting method. For the experiment, take 7 conical flasks with a volume of 10 cm<sup>3</sup> of a model phenol solution at pH = 6.5-8.5 with a different sample of sorption material: 0.01 g; 0.05 g; 0.1 g; 0.5 g; 1 g; 1.5 g; 2 g. The solutions are mixed for 24 hours. Next, the sorption material is filtered with a paper filter from the model solution, and the content of oil and petroleum products in the filtrate is determined [6].

Adsorption value:

$$A = \frac{(C_{or}-C_o)}{m} \cdot V, \quad (1)$$

where  $A$  is the amount of phenol adsorption, mg/g;  $V$  – volume of the model solution, dm<sup>3</sup>;  $m$  is the mass of the sorbent in the volume of the model solution, g;  $C_{or}$ ,  $C_o$  – initial and equilibrium concentrations of oil and petroleum products in the model solution, mg/dm<sup>3</sup>. To determine the adsorption value of the material, an adsorption isotherm is constructed.

## Results and Discussion

Modified carbonate sludge of Aktobe CHP JSC is used as a sorption material for the application of technologies for cleaning industrial WW of industrial enterprises by adsorption. X-ray qualitative and phase analysis of the sludge on P8 ADVANCE diffractometer Bruker showed the composition of the carbonate sludge, which is presented in Table 1.

**Table 1. Chemical composition of carbonate sludge of Aktobe CHP JSC**

Substance	Calcite CaCO <sub>3</sub>	Brucite Mg(OH) <sub>2</sub>	Portlandite Ca(OH) <sub>2</sub>	Quartz SiO <sub>2</sub>	Limonite Fe(OH) <sub>3</sub>	Other substances
Mass fraction, %	75	4	0.5	0.1	6	14

The composition of the CWT sludge of Aktobe CHP JSC also contains organic substances up to 9%. For their determination, the method of chromatographic analysis on a chromato-mass spectrometer (Thermo Fisher Sci.Co, USA). The analysis shows the presence of functional groups of organic substances in the sludge, including carboxylic, nitro -, aromatic compounds, alcohol and alkyl groups. The presence of these groups in the sludge composition characterizes the high hydrophilic capacity of the material. To study the properties of carbonate sludge as an adsorption material, its technological characteristics of CVP carbonate sludge were studied, which are presented in Table 2.

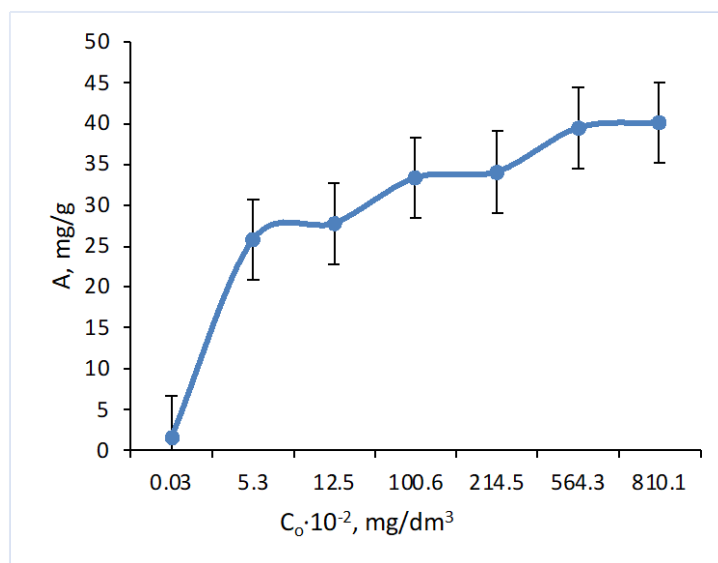
**Table 2. Technological characteristics of carbonate sludge of Aktobe CHP JSC**

Parameter	Value
Bulk density $\rho_n$ , kg/ m <sup>3</sup>	510
Humidity, %	3.3
Water capacity, %	62
Granulometric composition, %	
1.4 mm	32
1.4-1.0 mm	7
0.5-1.0 mm	8.1
0.09-0.5 mm	57.2
0.09 mm	7.4
Ash content, %	84
pH	7.3
Organic substances, %	8.4
Total pore volume, cm <sup>3</sup> / g	0.255

Carbonate sludge, having a high ash content, porosity and fine structure, shows good prospects as an adsorbent for wastewater treatment from petroleum products. The neutral pH value and high water capacity add additional value to the sludge for its industrial applications [7].

An experiment to study the process of adsorption of oil and petroleum products by carbonate sludge is carried out in a static mode. To obtain experimental data, 7 conical flasks were taken with a model solution of oil and petroleum products (concentration 10 mg/dm<sup>3</sup>)

with a different weight of carbonate sludge, g: 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2. Based on the results obtained, an adsorption isotherm is constructed (Figure 1).



**Figure 1. Isotherm of oil and oil products adsorption by carbonate sludge**

The adsorption isotherm belongs to type I according to the Brunauer, Deming, Deming and Teller classification (BDDT), a similar type of isotherm characterizes adsorption on microporous materials characterizes the physical adsorption of gases or liquids on porous solids with a microporous structure. This isotherm is a classic one for adsorbents with limited pore capacity, such as activated carbon or carbonate materials.

For carbonate sludge, if its adsorption isotherm is of type I, this means that when it comes into contact with oil or petroleum products, adsorption occurs within one layer until all available pores are saturated. This also indicates that the sludge has a limited pore volume, which affects its sorption capacity. Thus, the Type I isotherm according to the BDT classification indicates that carbonate sludge is able to effectively adsorb petroleum products, but the sorption volume will be limited by the pore structure and the capacity of active centres on its surface.

## Conclusion

The study confirmed that carbonate sludge is an effective sorbent for wastewater treatment from oil and petroleum products. Due to its physical and chemical characteristics, such as high ash content (84%) and a significant pore volume (0.255 cm<sup>3</sup>/g), the sludge is able to adsorb a significant amount of hydrocarbons from the aquatic environment.

The adsorption of petroleum products on carbonate sludge occurs due to physical adsorption, which is confirmed by the type I isotherm form according to the Brunauer, Deming, Deming and Teller classification (BDDT). Adsorption is limited by the presence of micropores and active centres on the sludge surface, which makes it promising for water treatment with low and medium concentrations of pollutants.

The use of carbonate sludge, which is a by-product of industrial production, allows not only to effectively clean wastewater from petroleum products, but also to solve the problem of waste disposal. This makes the process both environmentally friendly and cost-effective, reducing the cost of producing new sorbents and reducing environmental pollution.



The use of carbonate sludge in real industrial facilities has demonstrated high efficiency of wastewater treatment, removing up to 95% of petroleum products. This allows us to recommend it for wide application in water treatment systems at oil refining enterprises and other industries related to petroleum products.

In the course of the work, it was found that further improvement of the method using carbonate sludge is possible by optimizing the adsorption parameters, such as sludge dosage, temperature and pressure conditions. It also requires research on the durability and regeneration of the sorbent for reuse, which will make the cleaning process even more efficient and cost-effective.

Thus, carbonate sludge has a significant potential as a sorbent for wastewater treatment from petroleum products and can make a significant contribution to solving environmental problems related to water pollution.

**Funding:** none.

**Conflict of interests:** no conflict of interest.

**Contributions of the authors:** Beskuzov N.B.- performing chemical analyses, collecting and interpreting work results. Aikenova N.E. - writing the text, a significant contribution to the concept and design of the work.

## References

1. Chonkhar P.K., Datta S.P., Joshi H.C. Impact of Industrial Effluents on Soil Health and Agriculture // Journal of Scientific and Industrial Research. – 2000. – Vol. 59, No. 5. – P. 350-361. <https://doi.org/10.1234/jsir.2000.059>
2. Mukherjee S., Basak B., Bhunia B. Potential Use of Polyphenol Oxidases (PPO) in the Bioremediation of Phenolic Contaminants Containing Industrial Wastewater // Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. – 2013. – No. 12. – P. 61-73. <https://doi.org/10.1007/s11157-013-9316-2>
3. Tran V.S., Ngo H.H., Guo W. Typical Low-Cost Biosorbents for Adsorptive Removal of Specific Organic Pollutants from Water // Bioresource Technology. – 2015. – No. 182. – P. 353-363. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.02.084>
4. Geethakarathi A., Phanikumar B.R., Sharma A. Industrial Sludge-Based Adsorbents: Industrial Byproducts in the Removal of Reactive Dyes // Global Science Research Journals. – 2014. – Vol. 1, No. 1. – P. 1-9. <https://doi.org/10.1234/gsrj.2014.0101>
5. Ahmad A.A., Hameed B.H., Aziz N. Adsorption of Direct Dye on Palm Ash: Kinetic and Equilibrium Modelling // Journal of Hazardous Materials. – 2007. – No. 141. – P. 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.06.003>
6. Nikolaeva L.A., Aikenova N. Adsorption Purification of Phenol-Containing Wastewater from Oil Refineries // Theoretical and Applied Ecology. – 2020. – No. 4. – P. 136-142. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-136-142>
7. Aikenova N., Sarsembim U., Almuratova K. Wastewater Treatment of Industrial Enterprises from Phenols with Modified Carbonate Sludge // EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy. – 2023. – Vol. 10, No. 04. – P. 2244-2254. <https://doi.org/10.5109/4785105>

**Н.Б. Бескузов<sup>1</sup>, Н.Е. Айкенова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

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

### **Өнеркәсіптік ағынды суларды мұнай мен мұнай өнімдерінен карбонатты шламмен тазарту**

**Аңдатпа.** Қазіргі әлемде өнеркәсіптік ағынды сулардың мұнаймен және мұнай өнімдерімен ластануы экологиялық проблемалардың бірі болып табылады. Бұл ластаушы заттар экожүйелер мен су ресурстарының сапасына айтарлықтай теріс әсер етеді. Осыған байланысты ағынды суларды тазартудың тиімді және экологиялық таза әдістерін жасау қажеттілігі туындайды. Зерттеудің мақсаты-карбонатты шламды ағынды сулардан мұнай мен мұнай өнімдерін кетіру үшін адсорбент ретінде пайдалану тиімділігін әзірлеу және бағалау. Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы ағынды сулардың сапасын жақсартып қана қоймай, сонымен қатар өндірістік қалдықтарды жоюды қамтамасыз ететін экологиялық таза тазарту әдісін ұсыну болып табылады. Өнеркәсіптің жанама өнімі болып табылатын карбонатты шламды пайдалану әдісті үнемді етеді және экологиялық жүктемені азайтады. Зерттеудің негізгі нәтижелері карбонатты шламның мұнай өнімдеріне жоғары сорбциялық қабілеті бар екенін көрсетті. Адсорбция изотермасы Брунауэр, Деминг, Деминг және Теллер классификациясы бойынша I типке жатады, бұл шлам бетінде моноқабатты адсорбцияның болуын көрсетеді. Шлам ағынды сулардан ластанудың 95% - на дейін кетіруге қабілетті екендігі анықталды. Зерттеудің құндылығы карбонатты шлам судың мұнай өнімдерімен ластануына байланысты экологиялық мәселелерді шешу үшін тиімді және қолжетімді материал екенін көрсету болып табылады. Бұл зерттеу карбонатты шламға жаңа қолдануды ұсына отырып, өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу технологияларын дамытуға ықпал етеді. Жұмыстың практикалық маңыздылығы ағынды суларды тазарту үшін өнеркәсіптік кәсіпорындарда осы әдісті енгізу мүмкіндігі болып табылады, бұл қалдықтарды кәдеге жарату шығындарының төмендеуіне және экологиялық жағдайдың жақсаруына әкелуі мүмкін. Зерттеу нәтижелері мұнай-химия өнеркәсібі кәсіпорындары мен ағынды суларды тазарту қондырғылары үшін пайдалы болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** адсорбция, ағынды сулар, адсорбенттер, карбонатты шлам, суды тазарту, мұнай және мұнай өнімдері.

**Н.Б. Бескузов<sup>1</sup>, Н.Е. Айкенова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актөбе, Казахстан

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

### **Очистка промышленных сточных вод от нефти и нефтепродуктов карбонатным шламом**

**Аннотация.** В современном мире загрязнение промышленных сточных вод нефтью и нефтепродуктами является одной из наиболее острых экологических проблем. Эти загрязнители оказывают значительное негативное воздействие на экосистемы и качество водных ресурсов. В связи с этим возникает необходимость разработки эффективных и экологически безопасных методов очистки сточных вод. Целью исследования является разработка и оценка эффективности использования карбонатного шлама как адсорбента для удаления нефти и нефтепродуктов из сточных вод. Научная и практическая значимость работы заключается в предложении экологически безопасного метода очистки, который может не только улучшить качество сточных вод, но и обеспечить утилизацию промышленных отходов. Использование карбонатного шлама, побочного продукта промышленности, делает метод экономически выгодным и снижает экологическую нагрузку.

Основные результаты исследования показали, что карбонатный шлам обладает высокой сорбционной способностью к нефтепродуктам. Изотерма адсорбции относится к I типу по

классификации Брунауэра, Деминга, Деминга и Теллера, что свидетельствует о наличии монослойной адсорбции на поверхности шлама. Было установлено, что шлам способен удалять до 95% загрязнений из сточных вод. Ценность исследования заключается в демонстрации того, что карбонатный шлам является эффективным и доступным материалом для решения экологических проблем, связанных с загрязнением вод нефтепродуктами. Это исследование вносит вклад в развитие технологий вторичного использования промышленных отходов, предлагая новое применение для карбонатного шлама. Практическое значение работы

заключается в возможности внедрения данного метода на промышленных предприятиях для очистки сточных вод, что может привести к снижению затрат на утилизацию отходов и улучшению экологической обстановки. Результаты исследования могут быть полезны для предприятий нефтехимической отрасли и очистных сооружений.

**Ключевые слова:** адсорбция, сточные воды, адсорбенты, карбонатный шлам, очистка вод, нефть и нефтепродукты.

### Information about the authors:

**Beskuzov N.B.** – 2nd year master's student of specialty "7M07102-Chemical technology of organic substances", Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, 34 A. Moldagulovoi Ave., 030000, Aktobe, Kazakhstan.

**Aikenova N.E.** - corresponding author, Candidate of Technical Sciences, PhD, Senior lecturer of the Department of Chemistry L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., 010008, Astana, Kazakhstan.

**Бескузов Н.Б.** – "7M07102-Органикалық заттардың химиялық технологиясы" мамандығының 2 курс магистранты, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, А. Молдағұлова даңғылы, 34, 030000, Ақтөбе, Қазақстан

**Айкенова Н.Е.** - хат-хабар авторы, техника ғылымдарының кандидаты, PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, химия кафедрасының аға оқытушысы, Сәтбаев көшесі 2, 010008, Астана, Қазақстан.



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



МРНТИ 87.15.21  
Научная статья

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-150-157>

## Оценка уровня аэротехногенного загрязнения атмосферы г. Кокшетау

А.И. Григорьев 

Омский государственный педагогический университет, Омск, Россия

(E-mail: [aigrigoryew@mail.ru](mailto:aigrigoryew@mail.ru))

**Аннотация.** В данной статье исследуется возможность применения показателя флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) для оценки состояния городской среды. Предлагаемый метод основан на выявлении отклонений от билатеральной симметрии в развитии листьев, возникающих под воздействием антропогенных факторов. Автор рассматривает флуктуирующую асимметрию как индикатор стрессового состояния растений, вызванного загрязнением окружающей среды, и анализируют ее потенциал для биоиндикации уровня антропогенной нагрузки в городах.

Несмотря на низкий уровень загрязнения воздуха по данным стационарных наблюдений, авторы исследуют возможность применения более чувствительного метода оценки – анализа флуктуирующей асимметрии (ФА) листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) как индикатора антропогенной нагрузки.

В работе описаны особенности проявления ФА у растений, обоснован выбор березы повислой как биоиндикатора и представлена методика оценки ФА листовых пластинок по пяти морфометрическим признакам. Для исследования были выбраны четыре пункта наблюдения в черте города Кокшетау с разной степенью антропогенной нагрузки и контрольная точка за городом. Полученные данные позволяют оценить влияние городской среды на уровень ФА листьев березы и сделать выводы о состоянии атмосферного воздуха в исследуемых районах города.

**Ключевые слова:** биоиндикация, асимметрия листовой пластинки, индекс загрязнения атмосферы, интегральный показатель стабильности.

## Введение

Загрязнение атмосферы является следствием воздействия естественных и антропогенных источников. В любом конкретном месте загрязнение воздуха происходит не только из местных источников, но и из источников, которые влияют на качество воздуха в региональном и даже глобальном масштабе [1]. Основной причиной возникновения проблем с качеством воздуха является рост городского населения, поскольку люди постоянно переезжают из сельской местности в города. В городских районах загрязнение атмосферы выше из-за сочетания многих элементов, таких как промышленная деятельность, предприятия по производству энергии и бытовое отопление, выхлопные газы автомобилей и т.д. [2]. Они заметны по токсикологическим эффектам, возникающими в результате длительного воздействия при вдыхании [3].

Качество атмосферного воздуха определяет уровень здоровья населения и состояние биогеоценозов [4]. Основными источниками выбросов загрязняющих веществ на территории г. Кокшетау являются автотранспорт и предприятия теплоэнергетики. За 2023 год по данным стационарной сети наблюдений Казгидромет (Таблица 1) атмосферный воздух города Кокшетау характеризуется низким уровнем загрязнения. ИЗА составил 2,5. СИ равен 2,8 и НП =14,6%. Воздух города более всего загрязнен взвешенными веществами [5].

**Таблица 1. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха города Кокшетау**

Примесь	Средняя концентрация (г.с.с.)		Максимальная разовая концентрация (г.м.р.)		Число случаев превышения ПДК		
	мг/м <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК <sub>с.с.</sub>	мг/м <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК <sub>м.р.</sub>	>ПДК	>5ПДК	>10ПДК
Взвешенные вещества	0,1516	1,0108	1,4	2,8	81		
Взвешенные частицы РМ-10	0,1156	1,927	0,497	1,657	344		
Диоксид серы	0,030	0,593	0,297	0,594			
Оксид углерода	0,389	0,130	13,717	2,743	61		
Диоксид азота	0,019	0,476	0,350	1,751	604		
Оксид азота	0,023	0,387	0,849	2,123	131		

Примечание: составлено на основании данных [5]

В целом по городу среднемесячные концентрации взвешенных частиц РМ-10 составила 1,9 ПДК<sub>с.с.</sub>, остальных загрязняющих веществ не превышали ПДК. Число случаев превышения более 1 ПДК наблюдалось по диоксиду азота – 604, взвешенным частицам РМ-10 – 344, взвешенным веществам – 81, оксиду углерода - 61, по оксиду азота - 131 случаев [5].

Для интегральной характеристики качества окружающей среды можно основываться на оценке состояния живых организмов по их условиям развития, которые характеризуются уровнем флуктуирующей асимметрии (ФА) морфологических структур [6].

Флуктуирующую асимметрию в живой природе можно рассматривать как широко распространенное явление. Им охвачены практически все билатеральные структуры у самых разных живых существ [7]. Однако, невозможно провести анализ известных признаков всех билатерально - симметричных структур организмов, но у листьев древесных растений, флуктуирующая асимметрия может успешно регистрироваться

[8]. Наряду с этим, данное явление наблюдалось и при иных типах асимметрии, в этом случае она представляет собой отклонения не от строгой симметрии, а от определенно обозначенной средней симметрии.

Явление симметрии в природе, как вид согласованности отдельных частей, который объединяет их в единое целое - одно из наиболее общих явлений, свойственное неживой и живой материи на разных уровнях организации. Флуктуирующая асимметрия описывает диапазон случайных отклонений от абсолютной симметрии, возникающих в ходе онтогенеза и не имеющих самостоятельного адаптивного значения [9].

Исследования В.П. Иванов, Ю.В. Иванова, С.И. Марченко, Вл.В. Кузнецова показывают, что применение интегрального индекса флуктуирующей асимметрии (ФА), рассчитанного для группы морфометрических признаков, потенциально позволяет выявить ФА листа, обнаружение которой невозможно при изучении единственного признака [10].

## Материалы и методы

Объектом исследования является воздушная среда города Кокшетау. Для определения состояния атмосферного воздуха города был использован пассивный биоиндикационный метод оценки качества среды. В то время как, предметом исследования является флуктуирующая асимметрия листовой пластины березы повислой (*Betula pendula Roth.*). Данный вид хорошо представлен в лесной и лесостепной зонах, достаточно широко и успешно применяется в качестве биоиндикатора окружающей среды, отражая довольно обширный спектр внешних воздействий.

Для исследований был проведен отбор трех пунктов наблюдений на территории города, которые расположены на центральные аллеи города (пункт наблюдения №1), оживленной дороге по ул. Ауельбекова (пункт наблюдения №2) и городском парке (пункт наблюдения №3). В качестве контроля был взят лесной массив в западном направлении от г.Кокшетау на удалении 25км от города Кокшетау (пункт наблюдения №4).

Пункт наблюдения №1 - Центральная аллея, располагается по улице Сатпаева, является местом отдыха и большого скопления жителей города. Вдоль аллеи имеется большое количество многолетних зеленых насаждений в виде берез, яблонь и елей. Дорога вдоль аллеи выложена брусчаткой, и в летнее время можно наблюдать за ростом зеленых газонов. Длина аллеи составляет около 230 м, ширина 8-10 м. Вдоль аллеи, на расстоянии 4-8 м расположены жилые и административные здания. Дорожные пути располагаются в 13-14 м с каждого края аллеи. Место было выбрано по причине соединения в себе на данном участке жилого комплекса, зеленых посадок и находящемся на среднем расстоянии транспортных дорог.

Пункт наблюдения №2 - Дорога, расположенная вдоль улицы Ауельбекова, на участке от пересечения улицы Горького до пересечения улицы Сатпаева. Данный участок характеризуется интенсивным движением, высокой загруженностью улиц автотранспортом. Вдоль улицы имеются двусторонние многоэтажные постройки, а также зеленые насаждения тополя, березы, карагач.

Пункт наблюдения №3 - Городской парк расположен на участке занимающий площадь  $S=5$  га, между параллельно расположенными улицами Абая и Ауэзова. Отличается от городских районов тем, что отдален от жилой застройки и средне отдален от дорожных путей города. Доступ автотранспорта на территория парка

ограничен. Имеет высокую плотность расположения зеленых насаждений, в виде многолетних деревьев и трав.

Пункт наблюдения №4 - Лес вдали от города. Расположен вне территории города, далее западной его, вдоль трассы на г. Костанай. Площадь леса примерно равна  $S=24$  га. Данная территория использована в работе в качестве контрольной точки. Дорожная сеть располагается на удалении 15 км от леса.

Согласно методике, проводились измерения по пяти параметрам:

1 – ширина левой и правой половинок листа. Для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки. Затем измеряется расстояние от границы центральной жилки до края листа.

2 – расстояние от основания до конца жилки второго порядка, второй от основания листа.

3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка.

4 – расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка.

5 – угол между главной жилкой и второй, от основания листа, жилкой второго порядка.

На ключевых пробных площадях отбирались листья в количестве 10 штук с каждого модельного дерева с нижней части кроны, на высоте 160-180 см от поверхности земли. Количество модельных деревьев составляло 10 штук. В целом с каждой пробной площади было взято 100 штук листьев.

Степень нарушения морфологического строения листьев березы повислой и отклонения его от нормы оценивали по пятибалльной шкале В.М. Захарова, Е.Ю. Крысанова (1996г.) [11], в модификации А.И. Григорьева и Ю.А. Курило (2013г.) [12].

## Результаты и обсуждение

В результате было выявлено, что показатель ФА листовой пластинки березы повислой на территории г. Кокшетау выше нормы на оживленной дороге по улице Ауельбекова, в остальных точках в пределах нормы (Таблица 2).

Таблица 2. Показатель ФА листовой пластинки березы повислой

№ n/n	Пункт отбора	Показатель ФА	Балл	Уровень загрязнения
1	Центральная аллея	0,049	1	Условно нормальное
2	ул. Ауельбекова	0,063	3	Средний уровень отклонений от нормы
3	Городской парк	0,037	1	Условно нормальное
4	Лес (контроль)	0,032	1	Условно нормальное

Примечание: составлено на основании данных автора

Анализ флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. как маркер уровня антропогенной нагрузки в г. Кокшетау

## Заключение

Результаты исследования показали четкую корреляцию между уровнем флуктуирующей асимметрии (ФА) листовых пластинок *Betula pendula* Roth. и степенью антропогенной нагрузки в различных районах г. Кокшетау.



Максимальные значения показателя ФА были зарегистрированы на пробной площади №2, характеризующейся интенсивным движением автотранспорта. Это свидетельствует о выраженном негативном воздействии выбросов автотранспорта на морфогенез растений, приводящем к нарушениям билатеральной симметрии листьев.

Минимальные значения ФА, приближенные к фоновым, зафиксированы на контрольной пробной площади №4, расположенной вне зоны активного антропогенного воздействия. Данный результат подтверждает чувствительность выбранного биоиндикационного метода и возможность его применения для оценки состояния урбанизированных территорий.

Анализ ФА листьев, собранных на пробных площадях №1 (пешеходная зона) и №3 (городской парк), продемонстрировал промежуточные значения показателя, что указывает на более благоприятную экологическую обстановку в районах с ограниченным движением автотранспорта и развитой системой озеленения.

Таким образом, полученные данные подтверждают неоднородность уровня аэротехногенного загрязнения на территории г. Кокшетау. Использование биоиндикационного метода с анализом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. продемонстрировало свою эффективность для оценки и мониторинга состояния городской среды.

**Финансирование:** нет.

**Конфликт интересов:** нет конфликта интересов.

#### Список литературы

1. Battista G., Pagliaroli T., Mauri L., Basilicata C., De Lieto Vollaro R. Assessment of the Air Pollution Level in the City of Rome (Italy) // Sustainability. - 2016. - Vol. 8, № 9. - P. 838. <https://doi.org/10.3390/su8090838>
2. Guerrieri M., Corriere F., Rizzo G., Casto B., Scaccianoce G. Improving the Sustainability of Transportation: Environmental and Functional Benefits of Right Turn By-Pass Lanes at Roundabouts // Sustainability. - 2015. - Vol. 7, № 5. - P. 5838–5856. <https://doi.org/10.3390/su7055838>
3. Schiavon M., Redivo M., Antonacci G., Rada E.C., Ragazzi M., Zardi D., Giovannini L. Assessing the air quality impact of nitrogen oxides and benzene from road traffic and domestic heating and the associated cancer risk in an urban area of Verona (Italy) // Atmospheric Environment. - 2015. - Vol. 120. - P. 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.054>
4. Звягинцева О. Ю. Оценка качества атмосферного воздуха по величине флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2012. – №. 1 (42). – С. 87-91.
5. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан // Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан РГП «Казгидромет». – 2015. – 96 с.
6. Захаров В. М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова А.Т., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. - М.: Центр экологической политики России, 2000. – С. 27-36.
7. Кубрина Л.В. Использование флуктуирующей асимметрии листа березы повислой для диагностики состояния техногенных территорий // Естественные науки и экология. Ежегодник. Омский государственный педагогический университет. – 2016. - С. 18-22.
8. Розенберг Г. С. Принципы симметрии в экологии (Мысли вслух) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2011. – Т. 20. №. 3. – С. 5-16.
9. Кубрина Л.В., Григорьев А.И., Донец Е.В. Биоиндикация состояния окружающей среды: учеб. пособие. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2012. – 136 с.
10. Иванов В.П., Иванов Ю.В., Марченко С.И., Кузнецов В.В., Использование индексов флуктуирующей асимметрии березы повислой для диагностики состояния фитоценозов в условиях техногенного загрязнения // Физиология растений. – 2015. - Т.62. № 3. - С. 368-377.

11. Захаров В.М., Крысанов Е.Ю. Последствия Чернобыльской катастрофы: здоровье среды. - М.: Моск. Отделение Междунар. фонда «Биотест», 1996. - 170 с.
12. Григорьев А.И., Курило Ю.А. Экологическая оценка нефтешламowego загрязнения природных экосистем электрометрическим методом (на примере березы повислой *Betula pendula Roth.*): монография. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2013. – С. 32-34.

**А.И. Григорьев**

*Омбы мемлекеттік педагогикалық университеті, Омск, Ресей*

### **Көкшетау қаласы атмосферасының аэротехногендік ластану деңгейін бағалау**

**Аңдатпа.** Бұл мақалада қалалық ортаның жай-күйін бағалау үшін қайың жапырағының тербелмелі асимметриясының индикаторын қолдану мүмкіндігі зерттеледі (*Betula pendula Roth.*) Ұсынылған әдіс антропогендік факторлардың әсерінен пайда болатын жапырақтардың дамуындағы екі жақты симметриядан ауытқуларды анықтауға негізделген. Автор өзгермелі асимметрияны қоршаған ортаның ластануынан туындаған өсімдіктердің стресстік күйінің көрсеткіші ретінде қарастырады және оның қалалардағы антропогендік жүктеме деңгейін биоиндикациялау әлеуетін талдайды.

Стационарлық бақылаулардың деректері бойынша ауаның ластану деңгейінің төмендігіне қарамастан, авторлар ілулі қайың жапырағының (*Betula pendula Roth.*) тербелмелі асимметриясын (fa) антропогендік жүктеменің индикаторы ретінде бағалау-талдаудың неғұрлым сезімтал әдісін қолдану мүмкіндігін зерттейді.

Жұмыста өсімдіктердегі ФА көрінісінің ерекшеліктері сипатталған, биоиндикатор ретінде ілулі қайыңды таңдауға негізделген және бес морфометриялық белгілер бойынша жапырақ тақталарының фа бағалау әдістемесі ұсынылған. Зерттеу үшін әр түрлі дәрежедегі антропогендік жүктемесі бар Көкшетау қаласының шегінде төрт бақылау пункті және қаладан тыс бақылау пункті таңдалды. Алынған нәтижелер қайың жапырақтарының ФА деңгейіне қалалық ортаның әсерін бағалауға және қаланың зерттелетін аудандарындағы атмосфералық ауаның жай-күйі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** биоиндикация, жапырақ тақтасының асимметриясы, атмосфераның ластану индексі, тұрақтылықтың интегралды көрсеткіші.

**A.I. Grigoriev**

*Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia*

### **Assessment of the level of aerotechnogenic atmospheric pollution in Kokshetau**

**Abstract:** This article examines the possibility of using the indicator of fluctuating asymmetry of the leaf blade of the hanging birch (*Betula pendula Roth.*) to assess the state of the urban environment. The proposed method is based on the identification of deviations from bilateral symmetry in leaf development that occur under the influence of anthropogenic factors. The author considers fluctuating asymmetry as an indicator of the stress state of plants caused by environmental pollution, and analyzes its potential for bioindication of the level of anthropogenic load in cities.

Despite the low level of air pollution according to stationary observations, the authors explore the possibility of using a more sensitive assessment method - analysis of the fluctuating asymmetry (FA) of the leaf blade of the hanging birch (*Betula pendula Roth.*) as an indicator of anthropogenic load.

The paper describes the features of FA manifestation in plants, justifies the choice of hanging birch as a bioindicator, and presents a methodology for evaluating FA of leaf blades according to five morphometric characteristics. Four observation points within the city of Kokshetau with varying degrees of anthropogenic load and a control point outside the city were selected for the study. The data obtained will allow us to assess the impact of the urban environment on the FA level of birch leaves and draw conclusions about the state of atmospheric air in the studied areas of the city.

**Keywords:** bioindication, leaf plate asymmetry, atmospheric pollution index, integral stability indicator.

## References

1. Battista G., Pagliaroli T., Mauri L., Basilicata C., De Lieto Vollaro R. Assessment of the Air Pollution Level in the City of Rome (Italy) // Sustainability. - 2016. - Vol. 8, № 9. - P. 838. <https://doi.org/10.3390/su8090838>
2. Guerrieri M., Corriere F., Rizzo G., Casto B., Scaccianoce G. Improving the Sustainability of Transportation: Environmental and Functional Benefits of Right Turn By-Pass Lanes at Roundabouts // Sustainability. - 2015. - Vol. 7, № 5. - P. 5838–5856. <https://doi.org/10.3390/su7055838>
3. Schiavon M., Redivo M., Antonacci G., Rada E.C., Ragazzi M., Zardi D., Giovannini L. Assessing the air quality impact of nitrogen oxides and benzene from road traffic and domestic heating and the associated cancer risk in an urban area of Verona (Italy) // Atmospheric Environment. - 2015. - Vol. 120. - P. 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.054>
4. Zvjaginцева О. Ю. Оценка качества атмосферного воздуха по величине флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth [Assessment of atmospheric air quality based on the value of fluctuating asymmetry *Betula pendula* Roth] // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Естественные науки [Scientific notes of Transbaikal State University. Series: Natural Sciences]. – 2012. – №. 1 (42). – P. 87-91. [in Russian]
5. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан [Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan] Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан РГП «Казгидромет» [Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan RSE "Kazhydromet"]. – 2015. – P. 96 [in Russian]
6. Zaharov V. M., Baranov A.S., Borisov V.I., Valeckij A.V., Krjazheva N.G., Chistjakova A.T., Chubinishvili A.T. Zdorov'e sredy: metodika ocenki [Environmental health: assessment methodology] (M.: Centr jekologicheskoy politiki Rossii, 2000., P. 27-36.) [in Russian]
7. Kubrina L.V. Ispol'zovanie флуктуирующей асимметрии листа березы повислой для диагностики состояния техногенных территорий [Using fluctuating asymmetry of silver birch leaves to diagnose the state of technogenic territories] Естественные науки и экология. Ежегодник Омского государственного педагогического университета [Natural sciences and ecology. Yearbook. Omsk State Pedagogical University.]. – 2016. - P. 18-22. [in Russian]
8. Rozenberg G. S. Principy simmetrii v jekologii (Mysli vslyh) [Principles of symmetry in ecology (Thinking out loud)] Samarskaja Luka: problemy regional'noj i global'noj jekologii. – 2011. – T. 20. №. 3. – P. 5-16. [in Russian]
9. Kubrina L.V., Grigor'ev A.I., Donec E.V. Bioindikacija sostojanija okruzhajushhej sredy: ucheb. posobie. [Bioindication of environmental conditions] – Omsk: Izd-vo OmGPU, 2012. – 136 p. [in Russian]
10. Ivanov V.P., Ivanov Ju.V., Marchenko S.I., Kuznecov V.I., Ispol'zovanie indeksov флуктуирующей асимметрии березы повислой для диагностики состояния фитоценозов в условиях техногенного загрязнения [Using fluctuating asymmetry indices of silver birch to diagnose the state of phytocenoses under conditions of technogenic pollution] Физиология растений [Plant Physiology]. – 2015. - T.62. № 3. - P. 368-377. [in Russian]
11. Zaharov V.M., Krysanov E.Ju. Posledstviya Chernobyl'skoj katastrofy: zdorov'e sredy [Consequences of the Chernobyl disaster: environmental health]. (M.: Mosk. Otdelenie Mezhdunar. fonda «Biotest», 1996, 170 p.) [in Russian]
12. Grigor'ev A.I., Kurilo Ju.A. Jekologicheskaja ocenka nefteshlamovogo zagrjaznenija prirodnyh jekosistem jelektrometricheskim metodom (na primere березы повислой *Betula pendula* Roth.): monografija [Ecological assessment of oil sludge pollution of natural ecosystems using the electrometric method (using the example of silver birch *Betula pendula* Roth.): monograph]. [Omsk: Izd-vo OmGPU, 2013. P. 32-34.] [in Russian]

**Сведения об авторе:**

**Григорьев А.И.** – автор для корреспонденции, доктор биологических наук, профессор, Омский государственный педагогический университет, ул. Набережная Тухачевского, д. 14, 644000, Омск (Омская обл.), Россия.

**Grigoriev A.I.** – author for correspondence, Doctor of Biological Sciences, Professor, Omsk State Pedagogical University, st. Tukhachevskogo embankment, 14, 644000, Omsk (Omsk region), Russia.



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



XҒТАР 631.6.02: 631.459.21: 632.125

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-158-172>

Ғылыми мақала

## Қазақстан Республикасындағы эрозиялық үдерістер

Н.С. Сиханова<sup>1</sup> , Е.А. Шынберген<sup>2\*</sup> , Г.Т. Алдамбергенова<sup>3</sup> 

<sup>1,2,3</sup>Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан

(E-mail: <sup>1</sup>[sihanova.nurgul@mail.ru](mailto:sihanova.nurgul@mail.ru), <sup>2</sup>[shynbergenov.erlan@mail.ru](mailto:shynbergenov.erlan@mail.ru), <sup>3</sup>[gulzi\\_31@mail.ru](mailto:gulzi_31@mail.ru))

**Аңдатпа.** Топырақ эрозиясы жердің өнімділігінің төмендеуіне және телімнен тыс көптеген зардапқа әкелу арқылы топырақтың қызметіне едәуір қауіп төндіреді. Су, жел эрозиясы, топырақты өңдеу мен өнімді жинау барысында топыраққа төнетін қауіптілік деңгейі және аталған физикалық тұрғыдан әртүрлі үдерістердің бір мезгілде орын алуы байқалған аймақтарға салдары еселене түседі. Мақаланың мақсаты – Қазақстан Республикасы территориясындағы эрозиялық үдерістердің таралу аймақтарын, облыстар бойынша топырақтың су және жел эрозиясына ұшыраған аумақтарын сипаттау, электронды картография құралдарын пайдаланып тақырыптық карталарды құрастыру, талдау жасау. Зерттеулер нәтижесінде еліміз бойынша ауылшаруашылығы алқаптарынан шайылған топырақтың ең көп көлемі Түркістан облысына (933,7 мың га. немесе өңірдің ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы ауданынан үлесі 18,9%) тиесілі екендігі анықталды, мұнан бөлек егістіктерден шайылған топырақтың ауданы бойынша – Ақмола облысы (351,3 мың га. немесе егістіктің жалпы ауданынан үлесі 28,8%) көш бастап тұр. Қазақстан Республикасындағы жел эрозиясына ұшыраған топырақтың жер көлемі бойынша Атырау облысы (3 133,9 мың га. немесе ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы ауданынан 13%), егістіктің дефляцияланған жерлерінің ауданы бойынша Павлодар облысының (334,3 мың га. немесе егістіктің жалпы ауданынан 74%) үлесі басым. Республика бойынша жел эрозиясына ұшыраған егістіктің жалпы ауданы 451,8 мың га. екендігін ескерсек, Павлодар облысында тіркелген шама топырақтанушы ғалымдардың жіті назар аударып, эрозияға қарсы шаралар мен тәсілдерді қолдануын талап етеді.

**Түйін сөздер:** экологиялық мониторинг, топырақтың азуы, су эрозиясы, жел эрозиясы.

Түсті: 03.07.2024 Мақұлданды: 22.07.2024 Онлайн қолжетімді 30.09.2024

\* автор-корреспондент

## Кіріспе

Табиғи күйдегі топырақ ауыл шаруашылығы мен экожүйелердің өз деңгейінде тіршілік етіп, адамзатқа сапалы қызмет көрсетуінің негізі. Топырақтың сапасының өзгеруі нәтижесінде азық-түлікпен және сумен қамтамасыз ету, көміртегі теңгерімі, биомедициналық қорларды бөліп алатын негізгі микробты генофонд және т.б. маңызды экожүйелік қызметтерді көрсетуге тікелей әсер етеді. Жердің азуы – белгілі бір фактордың әсерінен белгілі бір құбылыстың салдары ретінде топырақ қасиетінің физикалық құрамы жағынан да, химиялық құрамы жағынан да төмендейтін күйі [1]. Жерді пайдаланудағы өзгерістер топырақ эрозиясын едәуір жеделдетуге қабілетті және топырақ өнімінен асып түсетін эрозия, сайып келгенде, ауылшаруашылық әлеуетінің төмендеуіне әкелетіні бұрыннан белгілі болды [2]. Мәселен, 1930 жылдары Солтүстік Америкада орын алған орасан күшті шаңды дауыл салдарынан аймақта егістіктің едәуір бөлігіне залал келтіріліп, елдің әлеуметтік-экономикалық жағдайы ауыр жағдайға түсті. Сонымен қатар мұндай алапат масштабтағы құм мен шаң аралас желдер Қытайдың орталығындағы Хуанхэ және Янцзы өзендері алаптарындағы ләссті топырақты аймақтарда, Африканың солтүстігіндегі Сахара шөлінде жиі болып тұрады. Жалпы әлемде топырақ эрозиясын зерттеуге арналған ұлттық деңгейдегі бағдарламалар өте аз, олар АҚШ қорларды Ұлттық түгендеу және Қытай топырақ және су қорларын зерттеу Ұлттық бағдарламасы [3]. Топырақ құнарлылығы ауылшаруашылығын жүргізу барысындағы пайдаланылатын ирригациялық әдістерге, топырақ түріне, қоректік заттар мен органикалық заттардың мөлшеріне байланысты және әдетте эрозиялық үдерістердің өршуі барысында жедел төмендейді.

Су эрозиясы бүкіл әлемде топырақтың азуының жетекші жаһандық себептерінің бірі болып табылады және ол қоршаған ортаға, ауыл шаруашылығы мен азық-түлік қауіпсіздігіне келетін негізгі қатерлердің бірі ретінде қарастырылады. Сонымен қатар, көптеген соңғы зерттеулер бойынша жер бетіндегі топыраққа, суға және экожүйелерге эрозия қаупі алаңдаушылық туғызады [4]. Сондықтан топырақ қорғауды қажет ететін шектеулі табиғи ресурс ретінде қарастырылады. Топырақ эрозиясының жылдамдығына жауын-шашынның қарқындылығы, топырақтың сапасы, жер бедері, өсімдік жамылғысы, морфологиясы, дренаждық желілердің ерекшеліктері және жерді пайдаланушының қызметі, сондай-ақ адам әрекеті сияқты айнымалылар әсер етеді.

Жаһандық уақыт деңгейінде климат эрозия мен топырақ массасының кемуі механизмдеріне, су айрықтары мен ағын жүйелерін құрылымдауға маңызды реттеуіш ретінде әсер етеді. Сонымен қатар қазіргі кездегі көптеген топырақ эрозиясына қатысты жайсыздықтар жаһандық өзгерістердің салдарынан күшейеді. Бұл тұрғыда шөлейттену климаттың өзгеруінің және жылдам өсіп жатқан антропогендік қысымның нәтижесі болуы мүмкін, олардың екеуі де топырақтың ұзақ мерзімді өміршеңдігін бұзады. Жаһандық температура мен жауын-шашын сипатының құбылуы топырақтың ысырап болуына әртүрлі жолдармен, соның ішінде жауын-шашынның эрозиялық қабілетінің өзгеруімен әсер етеді [5]. Топырақ эрозиясына жауын-шашынның қарқындылығы мен саны, топырақтың салыстырмалы ылғалдылығы мен өсімдіктердің дамуына температураның әсер етуі сияқты бірқатар факторларға байланысты климаттың өзгеруі теріс әсер етеді деп күтілуде.

Сонымен қатар топырақтың азуына әсер ететін факторлардың кемінде біреуі антропогендік әсердің салдарынан күшейген жағдайда эрозиялық үдерістердің кеңістік пен уақыттағы өлшемі де, көлемі де артуы мүмкін. Мәселен, Еуропалық Одақтағы шамамен 110 миллион гектар егістік жердің 43 миллион гектары бір эрозия үдерісіне, 15,6 миллион гектары екі үдерісіне және 0,81 миллион гектары үш немесе

одан да көп үдеріске бейім. Шамамен 3,2 миллион гектар егістік алқаптар су тасқынының, құрғақшылықтың, су және жел эрозиясының күшеюінің ықтимал өзара әрекеттесуіне бейім болып табылады [1].

Сонымен қатар су және жел эрозиясының салдарынан топырақ бөлшектерінде сорбцияланған лаस्ताушы заттардың латералды миграциясы нәтижесінде топырақтың екінші реттік ластануы жүреді. Дефляция үдерісі барысында көтеріліп, көшкен шаң, адамның тыныс алу жолдарына өтетіндігі назар аударады. Топырақтағы улы және/немесе радиоактивті элементтер мөлшері шамадан тыс телімдерден желмен көтерілген шаң әртүрлі қашықтыққа көшу арқылы топырақтың бастапқы ластану телімдерінен едәуір алыс орналасқан аймақтарды ластауға себеп болады [6]. Дәл осылай су эрозиясы үдерістерінің дамуы ластанған топырақ бөлшектерінің көшуіне және олардың флювиалды желілердің (аңғарлардың түбі, табиғи және антропогенді суқоймалар) әртүрлі құрам бөліктерінде қонуына және жинақталуына алып келеді [7]. Сондықтан топырақтың ластануының болжамды теріс әсерін талдау барысында өзен алаптары ішінде дамиды су және жел эрозиясы үдерістерінің ластанған топырақ бөлшектерін көшіру мүмкіндігін де ескерген жөн.

Мақалада су және жел эрозиясының еліміздің әртүрлі аймақтарында кездесу қарқындылығын бағалау және талдау келтірілген. Бұл бірінші кезекте далалық зерттеу жұмыстарын жүргізу қажет облыстарды анықтауға себеп болды, яғни, топырақ эрозиясы үдерістері нәтижесінде шөгінділердің таралуының болжамды теріс әсерін және құрғақ сайлар мен өзен аңғарларында және оларға жапсарлас аймақтарда топырақ эрозиясының жоғары деңгейі қалыптасу телімдерін нақтылауға септігін тигізді.

### **Материалдар мен әдістер**

Мақаланы дайындау барысында келесі зерттеу әдістері қолданылды: ретроспективті талдау, салыстырмалы талдау, жүйелік-құрылымдық тәсіл, типологиялық тәсіл, ұқсастық әдісі, геоақпараттық жүйелерді пайдаланып үлгілеу әдісі. Тақырыптық карталарды дайындау барысында ArcGIS Pro, QGIS геоақпараттық жүйе бағдарламалық өнімдері қолданылды. Тақырыптық карталардың негізі ретінде Open Street Map [7] геоқорынан Қазақстан Республикасының келесі векторлық қабаттары жүктеліп алынды, олар: Қазақстан Республикасының мемлекеттік және әкімшілік-аумақтық бірліктерінің шекаралары, облыс орталықтары мен республикалық маңыздағы, астананың орналасу нүктелері, гидрографиялық торлар. Қазақстан Республикасының топырақ картасын дайындау барысында топырақ түрлерін жіктеу-таксономиялық дәрежеге негіз ретінде Үйлестірілген Дүниежүзілік топырақ базасы [8] деректері қолданылды. Қазақстан Республикасының өзен алаптары шекараларын белгілеу барысында елімізде бекітілген сушаруашылығы алаптары шекаралары қолданылды [9].

### **Нәтижелер мен талқылау**

Қазақстан Республикасында су және жел эрозиясының дамуы жөніндегі қазіргі түсініктер.

Қазіргі таңда әлемдік топырақ қорының 1.9 млрд гектары ( $\approx 65\%$ ) азуға бейім [10]. Оның ішінде 85% топырақ эрозиясының салдары болып табылады. Ауылшаруашылығы алқаптары мен олардан тыс жерлердің топырақ эрозиясымен байланысты экономикалық шығындары жылына шамамен 400 млрд. АҚШ долларына тең [1], ҚР еншісіне осы шығынның 0.2% келеді (Кесте 1).



**Кесте 1. Топырақ эрозиясының қаржылай баламадағы шығындары**

Мемлекеттер	Шығын, млрд. АҚШ доллары/жылына
Қазақстан	0,8 [5]
Ресей	9,7 [11]
Канада	3,0 [12]
АҚШ	44,0 [13]
әлемде	400,0 [1]

ҚР Ауылшаруашылығы министрлігі Жер ресурстарын басқару Комитетінің мәліметтері бойынша еліміздің территориясындағы топырақтың 75 пайыздан астамы азуға бейім, сонымен бірге 30.5 млн. гектардан астам жерде эрозиялық үдерістер байқалады. Еліміздің ауылшаруашылығында жыл сайын орташа есеппен 1.2-1.6 т/га гумус жоғалады [14]. Салыстырмалы түрде Ресейде топырақтың шайылуы есебінен егістіктер орташа есеппен 0.5-0.7 т/га гумус жоғалтады [11]. Айта кетерлігі РФ ауылшаруашылығы алқаптары топырағының 17.7% су эрозиясына шалдыққан, оның ішінде егістіктерде 12%.

Еліміздегі топырақ эрозиясының қарқындылығы жоғары болуының ықтимал себептерінің бірі – эрозияға қарсы шаралардың жүйесіз жүргізілуінде, яғни егістікті эрозияға қарсы ұйымдастыру, орман-мелиорациялық, агротехникалық және гидротехникалық тәсілдер жыл ішінде үздіксіз жүргізіліп отырудың орнына маусымдық сипат алуда. Атап айтқанда гумидтік климат жағдайындағы егістік алқаптары орналасқан еңістіктерде қар тоқтату жұмыстарын жүргізу, ал аридті климат аймақтарында – ирригациялық жармаларды, субұру науаларын аршып-тазалау және т.б. Аталған шаралар дер кезінде атқарылып отырған жағдайда ылғалды аймақтарда қыс мезгілінде түскен қар жамылғысы нығыздалып, көктемде ауа райының күрт жылынуы барысында қар ерудің қарқындылығы баяулап, уақыты едәуір созылады. Нәтижесінде топырақ жамылғысы еріген қар суымен қанығып, ылғалды бойына жинайды және эрозия базисі – өзендердің су деңгейі апаттық межеге дейін көтерілмейді, яғни еңістіктен төменде орналасқан елді мекендерді су басу қаупі бәсеңдейді. Мәселен, биыл еліміздің батыс өңірлерінде орын алған табиғат апатының негізгі себебінің бірі – Ресейдің Орынбор өңірінде эрозияға қарсы шаралардың жеткіліксіздігі болып отыр [15].

2022 жылдың қорытындысы бойынша ҚР-ның су эрозиясына бейім ауылшаруашылығы алқаптарының ауданы шамамен 5 млн. га, оның 1.2 млн. гектардан астамы – өңделетін жерлер. ҚР әкімшілік-аумақтық бірліктері мен еліміздің физикалық-географиялық жағдайларына ұқсас шет елдер бойынша топырақ шайылуының ең үлкен аймақтары 2 Кестеде берілген.

**Кесте 2. ҚР және басқа да бірқатар елдердегі топырақтың су эрозиясына ұшыраған ауыл шаруашылығы алқаптарының ауданы [16]**

ҚР әкімшілік аумақтары және өзге мемлекеттер	Шайылған топырақтың ауданы және олардың ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы ауданынан үлесі		Егістіктегі шайылған топырақтың ауданы және олардың егістіктің жалпы ауданынан үлесі	
	мың га.	%	мың га.	%
Түркістан	933,7	18,9	232,3	19
Маңғыстау	800,0	16,1	-	-
Алматы	612,7	12,4	26,2	2,1
Ақмола	562,0	11,4	351,3	28,8
Ақтөбе	473,1	9,6	34,2	2,8
Батыс Қазақстан	274,5	5,5	72,6	6,0
Шығыс Қазақстан	232,9	4,7	177,7	14,6
ҚР қалған өңірлері	1 061,4	21,4	325,7	26,7
ҚР бойынша барлығы	4 950,3	100	1 220,0	100
Ресей	36 500,0 [11]	-	24 700,0 [11]	-
АҚШ	17 806,2 [10]	-	19 031,0 [13]	-
Канада	-	-	6 000,0 [9]	-
Қытай	129 320,0 [3]	-	-	-

Шайылған топырақтың көп бөлігі (3888.9 мың га немесе шайылған топырақтың жалпы ауданының 78.6%) еліміздің бірнеше өңірінде орналасқан (7 облыс). 10 облыс пен 3 республикалық маңызды қаладан құралған қалған аумақта шайылған топырақ санатына ауылшаруашылығы жерлерінің 21.4% жатады (Кесте 2). Ауылшаруашылығы алқаптарынан шайылған топырақтың ең көп көлемі Түркістан облысына тиесілі екендігі анықталды, мұнда 933,7 мың га. жер су эрозиясына ұшыраған, бұл өңірдің ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы ауданынан үлесі 18,9%. Назар аударарлығы, егістік алқаптарындағы шайылған топырақтың көп бөлігі еліміздің орталық – Ақмола облысы, мұнда 351,3 мың гектарда су эрозиясы бар немесе егістіктің жалпы ауданынан үлесі 28,8% және шығыс – Шығыс Қазақстан облысы, бұл жерде 177,7 мың гектарда су эрозиясы таралған немесе егістіктің жалпы ауданынан үлесі 14,6%, бөліктерінде орналасқан. ҚР әртүрлі өңірлеріндегі су эрозиясының қазіргі қарқынын сандық бағалау Топырақ эрозиясының әмбебап теңдеуін (USLE) пайдалану негізінде алынған [17]. Жер бедерінің сипаттамалары, топырақтың шайылғыштығы және ауылшаруашылығы дақылдарының жиынтығына байланысты шаюдың есептелген шамасы кең көлемде өзгереді, яғни жазық аумақта 1.5-3 т/га мөлшерінде және таулы өңірде >50 т/гектарға дейін құбылады [18].

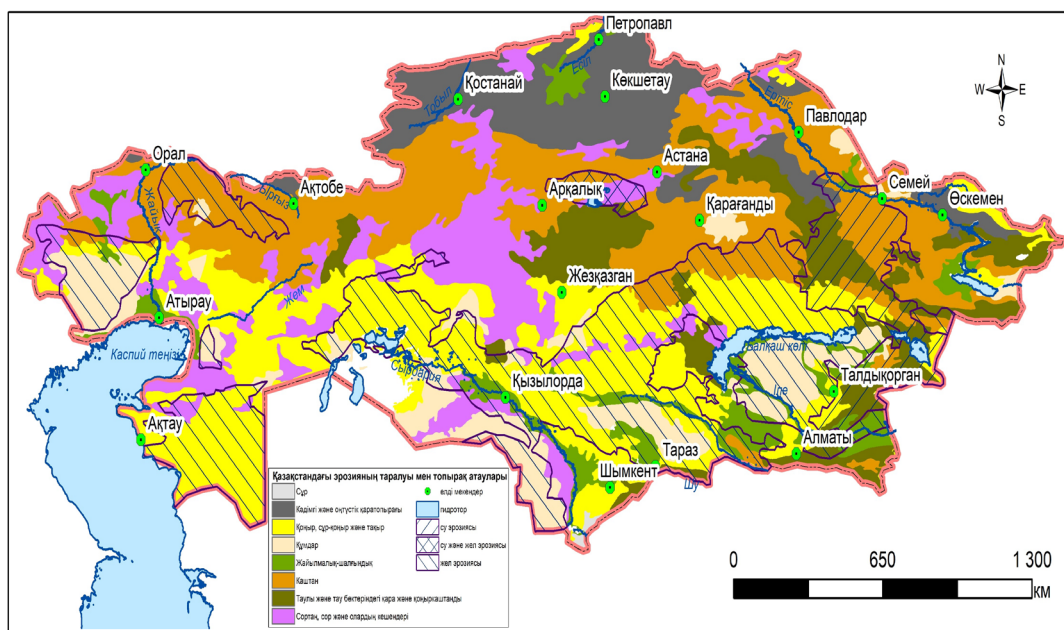
Қазақстан Республикасында топырақтың жел эрозиясы 25.5 млн. га аумақта өрбиді [5]. Эолдық үдерістер кең құмды аймақтарда жеделдетілген қарқынмен дамиды: Қызылорда облысындағы Арал маңы Қарақұмдары мен Қызылқұм, Түркістан және Жамбыл облыстарындағы Мойынқұм және Бетпақдала, Ақтөбе облысындағы Үлкен және Кіші Борсық, Жетісу және Алматы облыстарындағы Сарыесік-Атырауқұм (Кесте 3), сонымен қатар механикалық құрамы жеңіл және әктасты топырақтар таралған Павлодар облысында байқалады [14].

**Кесте 3. ҚР-дағы жел эрозиясына ұшыраған топырақтың жер көлемі [16]**

ҚР әкімшілік аймақтары	Дефляцияланған жерлердің ауданы және олардың ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы ауданынан үлесі		Дефляцияланған жерлердің ауданы және олардың егістіктің жалпы ауданынан үлесі	
	мың га.	%	мың га.	%
Атырау	3 133,9	13	-	-
Түркістан	3 112,9	12,9	0,2	0
Жетісу	2 901,9	12	22,0	4,9
Қызылорда	2 846,7	11,8	-	-
Жамбыл	2 414,0	10	1,6	0,4
Ақтөбе	2 101,1	8,7	-	-
Алматы	2 050,5	8,5	18,0	4
Павлодар	1 296,3	5,3	334,3	74
ҚР қалған өңірлері	4 310,8	17,8	75,7	16,8
ҚР бойынша	24 168,1	100	451,8	100

Еліміздегі жел эрозиясына ұшыраған топырақтың жер көлемі бойынша Атырау облысы доминантты – 3 133,9 мың га. немесе ауыл шаруашылығы жерлерінің 13% дефляцияланған (Кесте 3). Егістік алқаптардағы дефляция үдерісі негізінен Павлодар облысында байқалады (334 300 га), Қазақстан Республикасы егістік алқаптарындағы жел эрозиясына бейім топырақтың барлық ауданынан 74% бөлігі осында тіркелген. Республика бойынша дефляцияланған егістіктің жалпы ауданы 451,8 мың га. екендігін ескерсек, Павлодар облысында тіркелген мөлшер топырақтанушы ғалымдардың жіті назар аударып, эрозияға қарсы шаралар мен тәсілдерді қолдануын талап етеді.

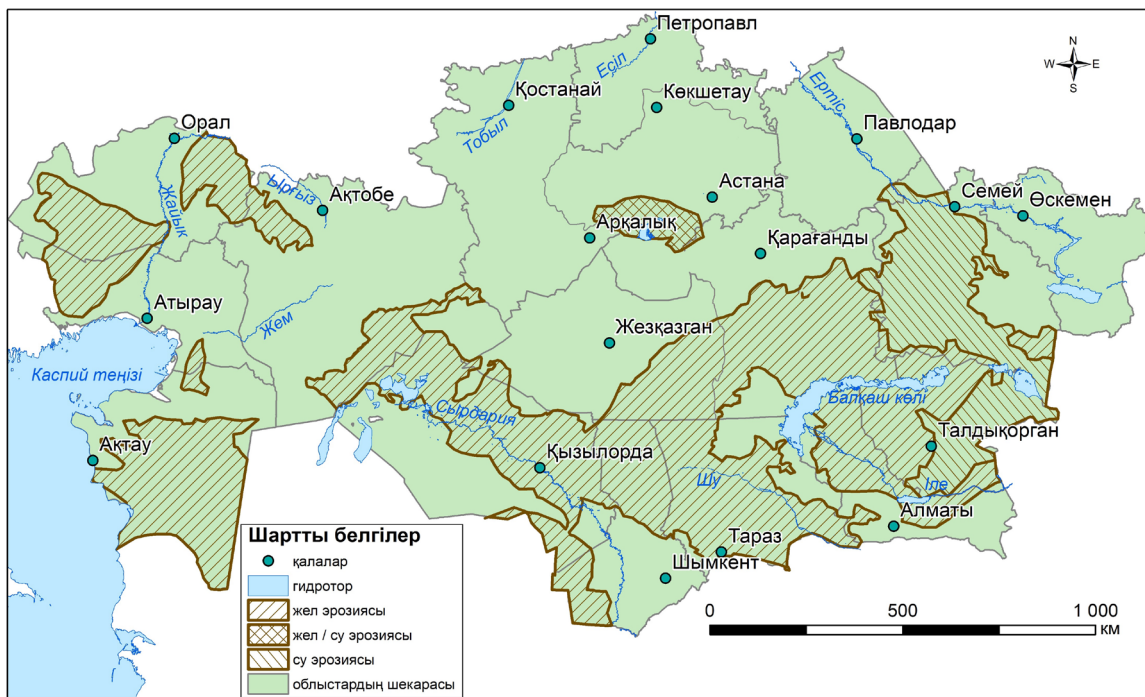
Жалпы, жел эрозиясының таралу белдеуі, ҚР Ұлттық Атласының [19] деректеріне сәйкес, Каспий теңізінен Балқаш көліне дейін негізінен сұр топырақтар және тақырлар мен құмдар аумағында таралған (Сурет 1), ал су эрозиясы Ертіс өзенінің алабында барынша айқын білінеді.



**Сурет 1. Қазақстан Республикасының топырақ картасы [8], су және жел эрозиясының таралу аумағы**

Ескерту: [19] деректерінің негізінде құрастырылған

ҚР Ұлттық Атласы деректерінің негізінде құрастырылған Қазақстан Республикасы территориясында су және жел эрозиясының таралу картасын (Сурет 1) еліміздің әкімшілік-аумақтық бірліктері бөлінісіне қарай саралап көрдік (Сурет 2).



**Сурет 2. Қазақстан Республикасының облыстары бойынша су және жел эрозиясының таралу аумағы**

Ескерту: [19] деректерінің негізінде құрастырылған

ҚР Ұлттық Атласы деректеріне сәйкес (Сурет 2), еліміздің шығыс, оңтүстік-шығыс және орталығында орналасқан Абай, Шығыс Қазақстан, Алматы, Жетісу, Павлодар, Қарағанды облыстары топырақтың шайылу үдерісіне бейім, орталық, оңтүстік-шығыс, оңтүстік, оңтүстік-батыс аймақтардың Ұлытау, Қарағанды, Алматы, Жетісу, Жамбыл, Түркістан, Қызылорда, Ақтөбе, Батыс Қазақстан, Атырау, Маңғыстау облыстары жел эрозиясына ұшыраған, орталықта орналасқан Ақмола облысында су және жел эрозиясы бірдей таралған жерлер кездеседі.

Дефляциялық үдерістерді зерттеу бағытында жарияланған мақалаларды сараптау барысында еліміздің эрозиятану, топырақтану саласы мамандарының әлемдік трендтерге сәйкес жаңаша әдіс-тәсілдерді пайдалану көлемі аздық ететіндігі, өңірлік жоғары оқу орындарынан мұндай зерттеулердің тіпті жүргізілмейтіндігі анықталды. Рас, өзен алабындағы топырақтың шайылу көлемін камералдық жағдайда есептеу жұмыстарында едәуір алға басушылық бар, шетелдік USLE, RUSLE, MUSLE, WEPP, SWAT және т.б. үлгілерін пайдаланып, біршама ғылыми-зерттеулер жүргізілген. Дегенмен, жел эрозиясынан топырақтың үрленуін үлгілеуде де WEQ, RWEQ, GIS-RWEQ, WEPS, WEELS және т.б. математикалық теңдеулерінің аридті аймақтарда орналасқан елдерде ғалымдармен егжей-тегжейлі қолданылғандығын, кіріс деректерінің калибрленіп, шыңдалғандығын ескерген жөн. Соңғы жылдары шыққан үлгілер геоақпараттық жүйелермен бірігіп, жерді қашықтықтан зондылау деректерін, радарлық, лидарлық, мультиспектралды технологияларды қолдануға бейімделген және машиналық оқыту арқылы автоматты түрде зерттеу объектінің қасиеттері мен күйін бағалауға мүмкіндік



береді. Сонымен қатар, соңғы он жыл көлемінде экзогенді үдерістерді зерделеу бойынша белсенді түрде қолданылып жүрген ұшқышсыз ұшу аппараттары – квадрокоптерлерде назар аударуға тұрарлық. Жел эрозиясы салыстырмалы түрде қысқа уақыт аралығында дүлей күшпен соғып, топырақтың беткі құнарлы қабатын ұшырып кететін үдеріс екендігін ескерсек, көп жағдайда жер серіктерінің беретін суреттері қажеттілігімізді толық қанағаттандыра алмай жатады, оның бірнеше себебі де бар. Біріншіден, жер серігі белгілі бір территорияны суретке бір түсіріп кеткеннен кейін, келесі қайталама сурет кемінде 16 күннен кейін түсіріледі, екіншіден, жер серіктерінің негізгі суретке түсіру аймағы – үлкен қалалар мен мегаполистер, аталған аймақтардың көріністері соңғы үлгідегі камера орнатылған жер серіктерінен түсірілсе, шалғайда орналасқан егістіктер мен шаңды дауыл аймақтары, көбіне ескі суреттермен қалып қояды (Сурет 3). Қысқа уақытта өзгеріп отыратын үдерістерді (шаңды дауылдың топыраққа әсері, өсімдіктің вегетациялық кезең барысындағы динамикасы және т.б.) зерттеуде квадрокоптер таптырмас құрал болып табылады



**Сурет 3. Қызылорда облысындағы күріштік алқаптары (16.06.2019 күні түсірілген) мен Қызылорда қаласының (19.04.2023 күні түсірілген) Google Earth платформасынан бір мезгілде жүктеліп алынған бейнелері**

Ескерту: [20] деректерінің негізінде құрастырылған

Жел эрозиясының қарқындылығын зерттеудің тікелей мүмкіндігі болмаған жағдайда шаңды дауылдар мен атмосфераның шаңдануы жайлы деректер көрсеткіш болады, олар бойынша еліміздің территориясының көп бөлігі өсімдік жамылғысы таралған солтүстіктегі облыстарға дейін жазғы мезгілде жоғары дәрежеде шаңданған аймақтар қатарына кіреді.

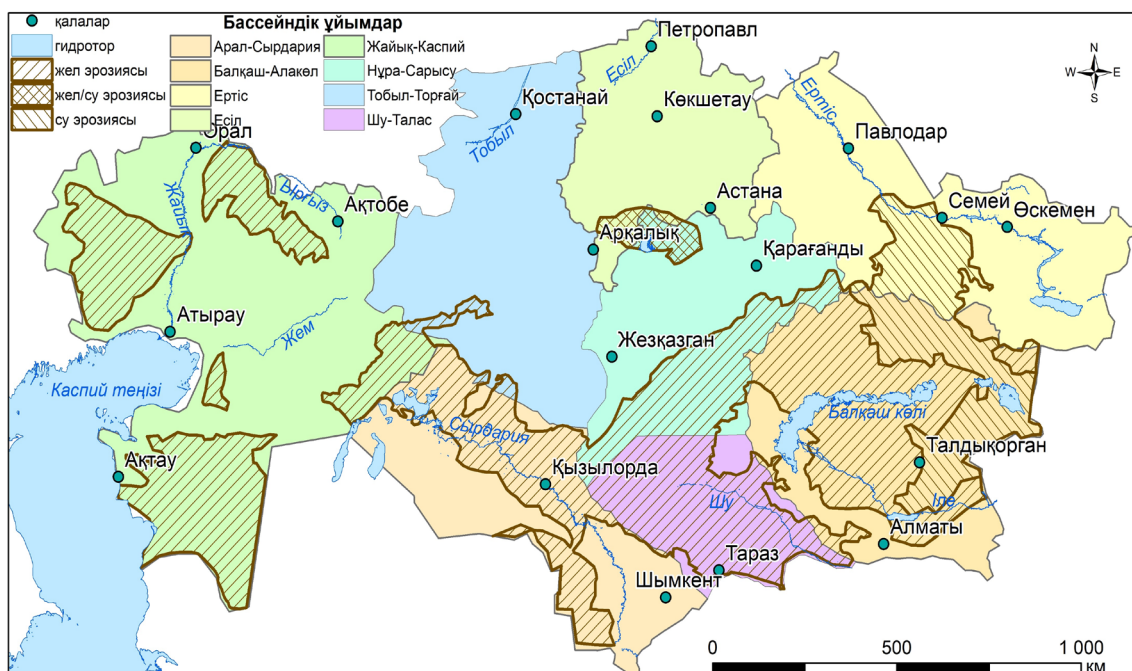
#### *Қазақстан Республикасының өзен алаптарындағы эрозиялық үдерістер*

Жер үсті сулары өзен арнасына келіп түсетін құрлықтың бөлігі өзен алабы деп аталады және кез-келген эрозиялық қалыптың өзінің су жинау алаңы немесе жер үсті суларының ағын алабы болады [21]. Енді мына мәселеге жекелей тоқталайық: гумидті климат жағдайындағы құрлықтың үлкен кеңістігінде негізі табиғи, геожүйелік бірлік болып табылатын өзен алаптары ең жақсы, әрі қолайлы операциялық-аумақтық бірлік болып саналады. Өзен алабы бірегей табиғи-аумақтық кешен ретінде, ішінде қатты және сұйық заттардың жинақталуы, трансформациясы және қозғалуы жүретін, орографиялық суайрықтары түрінде табиғи шекаралары бар, территорияны барынша

объективті түрде сипаттайтын кеңістіктік бірлік болып табылады [22]. Жоғарыда айтылған ойларды саралай келе топырақ эрозиясы үдерісінің негізгі үш кезеңі – шаю (су эрозиясы) немесе үрлеу (жел эрозиясы) → жеткізу (транспорт) → жинақтау (аккумуляция) физикалық құбылысы құрлықтың жер бедері ең биік нүктесінен төменге қарай белгілі бір алаптың ішінде жүреді. Өзен арнасы эрозия базисі ретінде шайылған немесе желмен үрленіп ұшып келген тосындыларды қабылдап алады.

Эрозия үдерісінің барысында аллювиалды топырақ және стратозёмдардың даму телімдері, яғни құрғақ аңғарлар түбі, өзендер мен шағын суағындарының жайылмалары, сонымен қатар суқоймалардың жағалық белдеуі тосындылардың жиналу орны болады. Қазақстан Республикасы климаттық жағдайын ескере отырып, көптеген өзендер мен кейбір суқоймалар жылдың белгілі бір кезеңінде жартылай немесе толық құрғап қалады, нәтижесінде өзен арнасының құрғаған бөлігіндегі түптік шөгінділер жел эрозиясының әсерімен айналаға таралады. Бұл үдеріс су және жел эрозиясының екеуі қатар байқалатын аймақтарда жүреді.

Жалпы, еліміздің солтүстік жартысындағы өзен алаптарында гумидті климат әсерінен топырақтың шайылуы басым үдеріс болып есептелсе, оңтүстік жартысындағы жазық аймақтарда топырақтың дефляциясы кеңінен таралған. Дегенмен, табиғаттың күрделі заңдылықтарына сәйкес, кейбір аймақтарда топырақтың шайылуы да, үрленуі де қатар жүреді. Мұнан бөлек адам әрекеті салдарынан бұрын эрозия байқалмаған аймақтарда қатарынан флювиалды және дефляциялық азу дамып жатады. Оның үстіне шаруашылық әрекеттің нәтижесінде уытты ауыр металдар мен радионуклидтер қоршаған ортаға (ауаға, топыраққа, су көздеріне) шығарылады. Мысал ретінде, еліміздің полиметалл өнеркәсібі дамыған шығысында орналасқан Ертіс өзенінің су алабын алуға болады. Мұнда антропогендік әсердің көптеген түрлерімен байланысты топырақ ластануының жоғары деңгейі мен топырақтың су эрозиясының жоғары қарқыны қатар өрбуде. Ертіс өзені жайылмасы мен түптік шөгінділерінің бірнеше телімдерде ластануы туралы деректер ластанған тосындылардың су жинау алабынан өзен алабына түсетіндігін көрсетеді. Ертіс өзені жайылмасының ластану дәрежесін анықтау үшін түбегейлі далалық зерттеулер қажет. Сонымен қатар топырақтың су эрозиясын бағалау жөніндегі қолда бар деректер негізінен эрозиялық үлгілер (эрозионные модели) арқылы есептеліп анықталғандығын ескерген жөн. Эрозиялық үлгілерді қолданып алынған эрозия қарқынының көпжылдық орташа деректерін нақтылауға арналған әдістер жиынтығын пайдаланып, далалық зерттеулерді жүргізу қажеттігі анық. Оның үстіне Ертіс өзені алабының Павлодар облысында орналасқан бөлігінде, қолда бар деректерге сәйкес, жел эрозиясы үдерісі белсенді түрде жүріп жатыр (Кесте 3), бұл тұрақты су ағындарына желмен ығып келетін топырақ бөлшектерінің едәуір мөлшері туралы болжауға мүмкіндік береді (Сурет 4).



**Сурет 4. Қазақстан Республикасы өзен алаптары бойынша су және жел эрозиясының таралу аумағы**

Ескерту: [19] деректерінің негізінде құрастырылған

Белсенді зерттеулерден тыс қалатын еліміздің тағы бір өзені – Шудың түптік шөгінділерінің табиғи радионуклидтермен жоғары деңгейде ластануы [23] өзен жайылмасындағы, әсіресе ауылшаруашылығы бағытында пайдаланылатын телімдердегі аллювиалдық топырақтардың ластану деңгейін кезек күттірмей зерттеуді қажет етеді (Сурет 3). Аталған өзен алабындағы, сонымен қатар Сырдария мен Іле бассейніндегі ластану негізінен уран өндірісі кен орны қалдыққоймасының шайылуы нәтижесімен және Алматы мен Шымкент қалалары аумағы топырағының өте жоғары техногендік ластануымен байланысты. Қолда бар ашық дереккөздерге сәйкес, еліміздің басқа өзен алаптарындағы ластанушы заттардың латералды миграциясына эрозиялық үдерістердің әсері төмен, дегенмен Жайық өзені алабының қазақстандық бөлігінде екінші реттік радиоактивті ластанудың жергілікті телімдерінің қалыптасуы мүмкіндігін де ескерген жөн. Жалпы, тұтастай алғанда, Қазақстан Республикасының, ең алдымен, топырақтың ластану деңгейі жоғары орындары бар өңірлерінде, жел және су эрозиясының қарқындылығы туралы толық ақпарат жеткіліксіз.

### Қорытынды

Қазақстан Республикасы топырақ жамылғысының құнарлы беткі қабатында антропогендік әсердің салдарынан су және жел эрозиясы үдерісі байқалады. Топырақтың шайылуы еліміздің шығыс бөлігінде жедел қарқынмен дамып жатса, эрозиялық үдерістер оңтүстік-шығыстан оңтүстік арқылы оңтүстік-батысқа қарай жел эрозиясы белдеуін құрап отыр. Су эрозиясы үдерісінің таралуы және нақты кезеңдегі қарқындылығы жөніндегі деректер кең танымал эмпирикалық үлгілерді пайдалану арқылы есептелген нәтижелерге сүйенеді. Бұл есептеулердің нақтылығын анықтау үшін тәуелсіз далалық әдістерге негізделген топырақтың шайылуын сандық бағалауға арналған зерттеулер қажет. Осы тұрғыда табиғи ортаның трансформациясын бағалауға ең қолайлы әдіс ретінде табиғат пайдаланудың өзен алаптық



тұжырымдамасына сәйкес – шағын өзендер алабын операциялық-аумақтық бірлік тұрғысынан қарастыру ұсынылады.

Жел эрозиясын сандық бағалау бағытындағы зерттеулер еліміздің оңтүстік-шығысында орналасқан құрғақ климатты және топырақ ластануының жоғары деңгейдегі өңірлеріне өзектілігі айқын, себебі ластанған бөлшектердің желмен таралуы адам денсаулығына тікелей әсер етеді.

Су эрозиясы үдерісі жел эрозиясының үлесі айқын болған жағдайда ластанған топырақ бөлшектері таралуының және желмен үрленіп көшкен өнімдердің жинақталу аймағындағы уақытша және тұрақты ағындармен тасымалданған шөгінділердің қайтатүзілген телімдерінің екінші реттік жоғары ластану ошағы түзілуінің негізгі механизмі болып табылады.

**Қаржыландыру:** Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант №BR21882415).

**Мүдделер қақтығысы:** Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын растайды.

**Авторлардың қосқан үлесі:** Сиханова Н.С. мақаланың басылымға арналған соңғы нұсқасын бекітті; Шынбергенов Е.А. жұмыс тұжырымдамасына елеулі үлес қосып, зерттеу нәтижелерін жинап, талдап, түсіндірді; Алдамбергенова Г.Т. мәтінді жазуға үлес қосып, оның мазмұнына сыни көзқараспен талдау жүргізді.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Borrelli P., Panagos P., Alewell C., Ballabio C., de Oliveira Fagundes H., Haregeweyn N., & Robinson D.A. Policy implications of multiple concurrent soil erosion processes in European farmland // Nature Sustainability. – 2023. - 6(1) – P. 103-112. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00988-4>
2. DeLonge M., Stillerman K.P. Eroding the Future How Soil Loss Threatens Farming and Our Food Supply // Union of Concerned Sci. – 2020. <https://policycommons.net/artifacts/1422653/eroding-the-future/2036750/>. CID: 20.500.12592/pkg650. <https://www.jstor.org/stable/resrep28410>
3. Fang H. Water erosion research in China: A review // Hydrol. and Earth Syst. Sci. Discuss. – 2020. – P. 1-53. <https://doi.org/10.5194/hess-2020-568>
4. Golosov V., Konoplev A., Wakiyama Y., Ivanov M., Komissarov M. Erosion and redeposition of sediments and sediment-associated radiocesium on river floodplains (the niida river basin and the abukuma river as an example) // Behavior of Radionuclides in the Envir. III. Singapore: Springer Singapore. – 2022. – P. 97-133. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-6799-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-16-6799-2_7)
5. Almaganbetov N., Grigoruk V. Degradation of Soil in Kazakhstan: Problems and Challenges // Soil Chem. Poll., Risk Assess., Remed. and Secur. NATO Science for Peace and Secur. Series. Springer, Dordrecht. – 2008. – P. 309-320. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8257-3\\_27](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8257-3_27)
6. Shynbergenov Y., Maltsev K., Sihanova N. GIS-technologies application for calculation of potential soil loss of Marha River basin (Republic of Saha) // IOP Conf. Series: Earth and Envir. Sci. – 2018. – V. 107. – No 1. – P. 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/107/1/012023>
7. Open Street Map (2024) <https://www.openstreetmap.org/#map=4/43.07/69.79> on 24 May 2024
8. Nachtergaele F., van Velthuisen H., Verelst L., Wiberg D., Henry M., Chiozza F., ... & Tramberend S. Harmonized world soil database v. 2.0 // FAO of the UN. – 2023. <https://doi.org/10.4060/cc3823en>
9. Повышение эффективности управления речными бассейнами. Проблемы в области управления водными ресурсами и рекомендации. – 2017. – Астана. – 34 с. [https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water\\_Convention/2016/Projects\\_in\\_Central\\_Asia/Review\\_of\\_the\\_main\\_challenges\\_of\\_the\\_river\\_basin\\_principles\\_implementation\\_in\\_Kazakhstan\\_and\\_recommendations.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Review_of_the_main_challenges_of_the_river_basin_principles_implementation_in_Kazakhstan_and_recommendations.pdf)
10. Lal R., Iivari T., Kimble J.M. Soil degradation in the United States: extent, severity, and trends. CRC Press. – 2003. <https://doi.org/10.1201/9780203496381>
11. Глушко А.Я. Влияние водной и ветровой эрозии на земельный фонд юга европейской части России // Изв. Даг-го ГПУ. Ест-ые и точн. науки. – 2010. – №. 1. – С. 75-85.

12. van Vliet L.J.P., Junkins B.B., Gill B.R., Heigh B.L. The risk of water erosion indicator for Canada: integrating science and policy. ISCO. – 2004. – Brisbane, Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions <https://topsoil.nserl.purdue.edu/isco/isco13/PAPERS%20R-Z/VAN%20VLIET.pdf>
13. Shojaeezadeh S.A., Al-Wardy M., Nikoo M.R., Mooselu M.G., Alizadeh M.R., Adamowski J.F., Gandomi A.H. Soil Erosion in the United States. Present and Future (2020-2050) // arXiv preprint arXiv:2207.06579. – 2022. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.06579>
14. Saparov A. Soil Resources of the Republic of Kazakhstan: Current Status, Problems and Solutions // Novel Measurement and Assess. Tools for Monit. and Manag. of Land and Water Resources in Agric. Landscapes of Central Asia. Envir. Sci. and Engin. Springer, Cham. – 2014. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-01017-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-01017-5_2)
15. Барабанов А.Т. Оптимизация режима весеннего паводка в Волжско-Камском бассейне на основе высокоточного прогноза поверхностного стока талых вод // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. – 2016. – С. 69-73.
16. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 год. // Мин-во экол. и прир. рес. РК. -2023. – 548 с. <https://ecogofond.kz/kz/2023/12/11/49458/>
17. Шынбергенов Е.А., Голосов В.Н. Водная и ветровая эрозия на целинных землях в период глобальных изменений климата // *Аграрный сектор*. – 2023. – Т. 57, – № 3. – С. 86–89.
18. Rakhimova M., Zulpykharov K., Assylbekova A., Zhengissova N., Taukebayev O. Using the Revised Universal Soil Loss Equation and Global Climate Models (CMIP6) to Predict Potential Soil Erosion Associated with Climate Change in the Talas District, Kazakhstan // *Sustainability*. – 2024. – 16. – P. 574. <https://doi.org/10.3390/su16020574>
19. Национальный атлас Республики Казахстан. Том 3 / Окружающая среда и экология. – Алматы. – 2010. – 158 с.
20. Google Earth Pro (2024) [kh.google.com](https://www.google.com/kh) on 08/07/2024.
21. Симонов Ю.Г. Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки // *Избранные труды*. – М.: Изд-во ООО «Ритм». – 2008. – С. 284-314.
22. Коротный Л.М. Бассейновая концепция в природпользовании: монография. – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН. – 2001. – 163 с.
23. Matveyeva I., Jaćimović R., Planinšek P., Stegnar P., Smodiš B., Burkitbayev M. Assessment of the main natural radionuclides, minor and trace elements in soils and sediments of the Shu valley (near the border of Kazakhstan and Kyrgyzstan) // *J. of Radioanalytical and Nuclear Chem.* – 2014. – V. 299. – P. 1399-1409. <https://doi.org/10.1007/s10967-013-2902-3>

Н.С. Сиханова<sup>1</sup>, Е.А. Шынбергенов<sup>2</sup>, Г.Т. Алдамбергенова<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

### Эрозионные процессы в Республике Казахстан

**Аннотация.** Эрозия почвы представляет серьезную угрозу для жизнедеятельности почвы, вызывая снижение продуктивности земли и многогранные последствия за пределами поля. В случае водной, ветровой эрозии, возделывания почвы и сбора продукции, уровень опасности для почвы и последствия для регионов, где наблюдаются одновременное возникновение указанных физически различных процессов, многократно возрастают. Цель статьи – описание распространения эрозионных процессов на территории Республики Казахстан, проявления водной и ветровой эрозии почв по областям, составление, анализ тематических карт с использованием средств электронной картографии. По результатам исследований наибольший объем смыва почв с сельскохозяйственных угодий приходится на Туркестанскую область (933,7 тыс. га. или доля от общей площади сельскохозяйственных земель – 18,9%), кроме того, по площади смытых почв на пашне лидирует Акмолинская область (351,3 тыс. га. или доля от общей площади пашни – 28,8%). По площади земель, подверженных ветровой эрозии в Республике Казахстан, доминирует Атырауская область (3 133,9 тыс. га. или 13% от общей площади сельскохозяйственных земель), по площади дефлированных земель на пашне Павлодарская область (334,3 тыс. га. или 74% от общей площади пашни). Учитывая общую

площадь пашен – 451,8 тыс. га., подверженных ветровой эрозии по республике, количественные данные, зафиксированные в Павлодарской области, требуют детального внимания почвоведов и принятия противоэрозионных мер и методов.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, деградация почвы, водная эрозия, ветровая эрозия

N.S. Sihanova<sup>1</sup>, Y.A. Shynbergenov<sup>2</sup>, G.T. Aldambergenova<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

### Erosion Processes in the Republic of Kazakhstan

**Abstract.** Soil erosion represents a serious threat to soil activity, causing a decrease in land productivity and multifaceted consequences outside the site. In the case of water, wind erosion, soil cultivation and harvesting, the level of danger to the soil and the consequences for regions where the simultaneous occurrence of these physically different processes are observed increase significantly. The purpose of the article is to describe the spread of erosion processes in the territory of the Republic of Kazakhstan, the suppression of water and wind erosion of soils by regions, compilation and analysis of thematic maps using electronic cartography. According to the research results, the largest volume of soil loss from agricultural lands falls on the Turkestan region (933.7 thousand hectares or a share of the total area of agricultural land – 18.9%), in addition, the Akmola region leads in terms of the area of loss soils on arable land (351.3 thousand hectares or a share of the total area of arable land – 28.8%). In terms of the area of land subject to wind erosion in the Republic of Kazakhstan, the Atyrau region dominates (3,133.9 thousand hectares or 13% of the total area of agricultural land), in terms of the area of deflated lands on arable land, the Pavlodar region (334.3 thousand hectares or 74% of the total area of arable land). Considering the total area of arable land – 451.8 thousand hectares. exposed to wind erosion in the republic, the number recorded in the Pavlodar region requires close attention of soil scientists and the adoption of anti-erosion measures and methods.

**Keywords:** environmental monitoring, soil degradation, water erosion, wind erosion

### References

1. Borrelli P., Panagos P., Alewell C., Ballabio C., de Oliveira Fagundes H., Haregeweyn N., & Robinson D.A. Policy implications of multiple concurrent soil erosion processes in European farmland // *Nature Sustainability*. – 2023. – 6(1) – P. 103-112. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00988-4>
2. DeLonge M., Stillerman K.P. Eroding the Future How Soil Loss Threatens Farming and Our Food Supply // *Union of Concerned Sci.* – 2020. <https://policycommons.net/artifacts/1422653/eroding-the-future/2036750/>. CID: 20.500.12592/pkg650. <https://www.jstor.org/stable/resrep28410>
3. Fang H. Water erosion research in China: A review // *Hydrol. and Earth Syst. Sci. Discuss.* – 2020. – P. 1-53. <https://doi.org/10.5194/hess-2020-568>
4. Golosov V., Konoplev A., Wakiyama Y., Ivanov M., Komissarov M. Erosion and redeposition of sediments and sediment-associated radiocesium on river floodplains (the niida river basin and the abukuma river as an example) // *Behavior of Radionuclides in the Envir. III*. Singapore: Springer Singapore. – 2022. – P. 97-133. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-6799-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-16-6799-2_7)
5. Almaganbetov N., Grigoruk V. Degradation of Soil in Kazakhstan: Problems and Challenges // *Soil Chem. Poll., Risk Assess., Remed. and Secur. NATO Science for Peace and Secur. Series*. Springer, Dordrecht. – 2008. – P. 309-320. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8257-3\\_27](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8257-3_27)
6. Shynbergenov Y., Maltsev K., Sihanova N. GIS-technologies application for calculation of potential soil loss of Marha River basin (Republic of Saha) // *IOP Conf. Series: Earth and Envir. Sci.* – 2018. – V. 107. – No 1. – P. 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/107/1/012023>
7. Open Street Map (2024) <https://www.openstreetmap.org/#map=4/43.07/69.79> on 24 May 2024
8. Nachtergaele F., van Velthuisen H., Verelst L., Wiberg D., Henry M., Chiozza F., ... & Tramberend S. Harmonized world soil database v. 2.0 // *FAO of the UN.* – 2023. <https://doi.org/10.4060/cc3823en>

9. Povyshenie jeffektivnosti upravlenija rechnymi bassejnami [Improving the efficiency of river basin management] // Problemy v oblasti upravlenija vodnymi resursami i rekomendacii, Astana, 2017, 34.

[https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water\\_Convention/2016/Projects\\_in\\_Central\\_Asia/Review\\_of\\_the\\_main\\_challenges\\_of\\_the\\_river\\_basin\\_principles\\_implementation\\_in\\_Kazakhstan\\_and\\_recommendations.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Review_of_the_main_challenges_of_the_river_basin_principles_implementation_in_Kazakhstan_and_recommendations.pdf) [in Russian]

10. Lal R., Iivari T., Kimble J.M. Soil degradation in the United States: extent, severity, and trends. CRC Press. - 2003. <https://doi.org/10.1201/9780203496381>

11. Glushko A. Ja. Vlijanie vodnoj i vetrovoj jerozii na zemel'nyj fond juga evropejskoj chasti Rossii [The influence of water and wind erosion on the land fund of the south of the European part of Russia] // Izv. Dag. SPU. Estestvennye i tochnye nauki. – 2010. - №. 1. – P. 75-85. [in Russian]

12. van Vliet L.J.P., Junkins B.B., Gill B.R., Heigh B.L. The risk of water erosion indicator for Canada: integrating science and policy. ISCO. - 2004. - Brisbane, Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions <https://topsoil.nserl.purdue.edu/isco/isco13/PAPERS%20R-Z/VAN%20VLIET.pdf>

13. Shojaeezadeh S.A., Al-Wardy M., Nikoo M.R., Mooselu M.G., Alizadeh M.R., Adamowski J.F., Gandomi A.H. Soil Erosion in the United States. Present and Future (2020-2050) // arXiv preprint arXiv:2207.06579. - 2022. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.06579>

14. Saparov A. Soil Resources of the Republic of Kazakhstan: Current Status, Problems and Solutions // Novel Measurement and Assess. Tools for Monit. and Manag. of Land and Water Res. in Agric. Landscapes of Central Asia. Envir. Sci. and Engin. Springer, Cham. - 2014. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-01017-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-01017-5_2)

15. Barabanov A.T. Optimizacija rezhima vesennego pavodka v Volzhsko-Kamskom bassejne na osnove vysokotochnogo prognoza poverhnostnogo stoka talyh vod [Optimization of the spring flood regime in the Volga-Kama basin based on a high-precision forecast of surface runoff of meltwater] // Melioracija i vodnoe hozjajstvo: problemy i puti reshenija, 2016, 69-73. [in Russian]

16. Nacional'nyj doklad o sostojanii okružhajushhej sredy i ob ispol'zovanii prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan za 2022 god [National report on the state of the environment and on the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan for 2022] // Ministry of Ecology and Natural Resources. 2023, 548. <https://ecogofond.kz/kz/2023/12/11/49458/> [in Russian]

17. Shynbergenov Y.A., Golosov V.N. Vodnaja i vetrovaja jerozija na celinnyh zemljah v period global'nyh izmenenij klimata [Water and wind erosion on virgin lands during global climate change] // Agrarnyj sektor, 2023, Vol. 57, No 3, 86–89. [in Russian]

18. Rakhimova M., Zulypkharov K., Assylbekova A., Zhengissova N., Taukebayev O. Using the Revised Universal Soil Loss Equation and Global Climate Models (CMIP6) to Predict Potential Soil Erosion Associated with Climate Change in the Talas District, Kazakhstan // Sustainability, 2024, 16, 574. <https://doi.org/10.3390/su16020574>

19. Nacional'nyj atlas Respubliki Kazahstan. Tom 3 / Okružhajushhaja sreda i jekologija [National Atlas of the Republic of Kazakhstan. Volume 3 / Environment and Ecology], Almaty, 2010, 158. [in Russian]

20. Google Earth Pro (2024) [kh.google.com](https://www.google.com) on 08/07/2024.

21. Simonov Ju.G. Rechnoj bassejn i bassejnovaja organizacija geograficheskoj obolochki [The river basin and the basin organization of the geographical shell] // Izbrannye trudy, M.: Izd-vo OOO «Ritm», 2008, 284-314. [in Russian]

22. Korytnyj L.M. Bassejnovaja koncepcija v prirodpol'zovanii: monografija [Basin concept in nature use: monograph], Irkutsk: Izd-vo IG SO RAN, 2001, 163. [in Russian]

23. Matveyeva I., Jaćimović R., Planinšek P., Stegnar P., Smodiš B., Burkitbayev M. Assessment of the main natural radionuclides, minor and trace elements in soils and sediments of the Shu valley (near the border of Kazakhstan and Kyrgyzstan) // J. of Radioanalytical and Nuclear Chem. – 2014. - V. 299. P. 1399-1409. <https://doi.org/10.1007/s10967-013-2902-3>

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Сиханова Н.С.** – PhD, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, электр энергетикасы, техносфералық қауіпсіздік және экология кафедрасының аға оқытушысы, Әйтеке би көшесі, 29А, 120014, Қызылорда, Қазақстан.

**Шынбергенов Е.Ә.** – хат-хабар авторы, PhD, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, су шаруашылығы және жерге орналастыру кафедрасының аға оқытушысы, Әйтеке би көшесі, 29А, 120014, Қызылорда, Қазақстан.

**Алдамбергенова Г.Т.** – магистр, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, су шаруашылығы және жерге орналастыру кафедрасының аға оқытушысы, Әйтеке би көшесі, 29А, 120014, Қызылорда, Қазақстан.

**Sihanova N.S.** – PhD, Senior lecturer at the Department of Electric Power Engineering, Technosphere Safety and Ecology of Korkyt Ata Kyzylorda University, Ayteke bi str., 29A, 120014, Kyzylorda, Kazakhstan.

**Shynbergenov Y.A.** – corresponding author, PhD, Senior lecturer at the Department of Water Management and Land Use of Korkyt Ata Kyzylorda University, Ayteke bi str., 29A, 120014, Kyzylorda, Kazakhstan.

**Aldambergenova G.T.** – master's degree, Senior lecturer at the Department of Water Management and Land Use of Korkyt Ata Kyzylorda University, Ayteke bi str., 29A, 120014, Kyzylorda, Kazakhstan



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



Редакторы: **Н.Е. Рамазанова, Э.Е. Копишев, Ж.Г. Берденов**

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

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.

Химия. География. Экология сериясы.

– 3 (148)/2024 – Астана: ЕҰУ. 173 б.

Шартты б.т. – 17.75. Таралымы – сұраныс бойынша.

Басуға қол қойылды: 30.09.2024

Ашық қолданыстағы электронды нұсқа: <http://bulchmed.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 31-413)  
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды