



ASTANA
INTERNATIONAL
UNIVERSITY

ISSN 3106-9215
eISSN 3106-9223

NATURA SCIENTIA JOURNAL

Nº2 (2) 2026



**Астана Халықаралық университеті
Международный университет Астана
Astana International University**

NATURA SCIENTIA JOURNAL

№ 2 (2) - 2026

Жылына 4 рет шығады
Выходит 4 раза в год
Published 4 times a year

Астана - 2026
Astana - 2026

Бас редактор: Мырзагалиева А.Б.,
биология ғылымдарының докторы, профессор, Астана Халықаралық университеті, Қазақстан

Бас редактордың орынбасары: Оразов А.Е.,
PhD, қауымдастырылған профессор, Астана Халықаралық университеті, Қазақстан

Редакциялық алқа:

Жабагин М.К., PhD докторы, профессор, Қазақстан
Хапилина О.Н., биология ғылымдарының кандидаты, Қазақстан
Черемушкина В.А., биология ғылымдарының докторы, профессор, Ресей
Габор Шрамко, PhD, профессор, Венгрия
Тустубаева Ш.Т., PhD, Қазақстан
Кубентаев С.А., PhD, қауымдастырылған профессор, Қазақстан
Тожибаев К.Ш., биология ғылымдарының докторы, Өзбекстан
Иманбаева А.А., биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қазақстан
Шарипова (Жумагул) М.Ж., PhD, қауымдастырылған профессордың м.а., Қазақстан
Марчин Нобис, медицина ғылымдарының докторы, профессор, Польша
Мария Хен, хабилизацияланған доктор, профессор, Венгрия
Турспекоев Е.К., биология ғылымдарының кандидаты, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан
Абугалиева С.И., биология ғылымдарының докторы, профессор, Қазақстан
Малгожата Суска-Малавска, хабилизацияланған доктор, профессор, Польша

Жауапты редактор – т.ғ.к. Мырзабекова А.М.

Меншіктенуші: «Астана Халықаралық университеті» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі

Тіркеу: ҚР Мәдениет және ақпарат министрлігінің Ақпарат комитеті

Бастапқы есепке қою күні мен нөмірі: 16.01.2020 ж. тіркеу куәлігімен № KZ93VPY00019404

Екінші есепке қою: 16.09.2025 № KZ06VPY00129416

Мерзімділігі: жылына 4 рет

ISSN: 3106-9215, **ISSN (Online):** 3106-9223

Тақырыптық бағыты: Биология

Редакцияның мекенжайы: 010000, Қазақстан, Астана қ., Қабанбай батыр даңғылы, 8

тел.: +7 (7172) 47-62-10 (214), e-mail: nsj@aiu.edu.kz

© Astana International University

Главный редактор: Мырзагалиева А.Б.,
доктор биологических наук, профессор, Международный университет Астана, Казахстан

Заместитель главного редактора: Оразов А.Е.,
PhD, ассоциированного профессора, Международный университет Астана, Казахстан

Редакционная коллегия:

Жабагин М.К., доктор PhD, профессор, Казахстан
Хапилина О.Н., кандидат биологических наук, Казахстан
Черёмушкина В.А., доктор биологических наук, профессор, Россия
Габор Шрамко, PhD, профессор, Венгрия
Тустубаева Ш.Т., PhD, Казахстан
Кубентаев С.А., PhD, ассоциированный профессор, Казахстан
Тожибаев К.Ш., доктор биологических наук, Узбекистан
Иманбаева А.А., кандидат биологических наук, ассоциированный профессор, Казахстан
Шарипова (Жумагул) М.Ж., PhD, и.о. ассоциированного профессора, Казахстан
Марчин Нобис, доктор медицинских наук, профессор, Польша
Мария Хен, хабилитированный доктор, профессор, Венгрия
Туруспеков Е.К., кандидат биологических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстан
Абугалиева С.И., доктор биологических наук, профессор, Казахстан
Малгожата Суска-Малавска, хабилитированный доктор, профессор, Польша

Ответственный редактор – к.т.н. Мырзабекова А.М.

Собственник: Товарищество с ограниченной ответственностью «Международный университет Астана»

Регистрация: Комитет информации Министерства культуры и информации РК

Дата и номер первичной постановки на учет: 16.01.2020 г., регистрационное свидетельство № KZ93VPY00019404

Вторичная постановка на учет: 16.09.2025 № KZ06VPY00129416

Периодичность: 4 раза в год

ISSN: 3106-9215, **ISSN (Online):** 3106-9223

Тематическое направление: Биология

Адрес редакции: 010000, Казахстан, г. Астана, пр. Кабанбай батыра, 8,
тел.: +7 (7172) 47-62-10 (214), e-mail: nsj@aiu.edu.kz

© Astana International University

Editor-in-Chief: Myrzagaliyeva A.B.,

Doctor of Biological Sciences, Professor, Astana International University, Kazakhstan

Deputy Editor-in-Chief: Orazov A.E.,

PhD, Associate Professor, Astana International University, Kazakhstan

Editorial Board:

Zhabagin M.K., PhD, Professor, Kazakhstan

Khapilina O.N., Candidate of Biological Sciences, Kazakhstan

Cheremushkina V.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia

Gabor Sramko, PhD, Professor, Hungary

Tustubayeva Sh.T., PhD, Kazakhstan

Kubentaev S.A., PhD, Associate Professor, Kazakhstan

Tojibaev K.S., Doctor of Biological Sciences, Uzbekistan

Imanbayeva A.A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Kazakhstan

Sharipova (Zhumagul) M.Zh., PhD, Acting Associate Professor, Kazakhstan

Marcin Nobis, MD, Professor, Poland

Maria Höhn, Habilitated Doctor, Professor, Hungary

Turuspekov E.K., Candidate of Biological Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan

Abugaliyeva S.I., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kazakhstan

Malgorzata Suska-Malawska, Habilitated Doctor, Professor, Poland

Responsible Editor – Candidate of Technical Sciences Myrzabekova A.M.

Owner: Limited Liability Partnership “Astana International University”

Registration: Information Committee of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan

Date and number of initial registration: 16.01.2020, registration certificate № KZ93VPY00019404

Secondary registration: 16.09.2025 № KZ06VPY00129416

Frequency: 4 times a year

ISSN: 3106-9215, **ISSN (Online):** 3106-9223

Subject area: Biology

Address of edition: 010000, Kazakhstan, Astana, Kabanbay Batyr avenue, 8,

Tel.: +7 (7172) 47-62-10 (214), e-mail: nsj@aiu.edu.kz

© Astana International University

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

Сейтбекова А.Е., Мамурова А.Т., Турарова Е.М., Нурмаханова А.С., Киекбаева Л.Н. ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДА КЕЗДЕСЕТІН <i>PETROSIMONIA TRIANDRA</i> (PALL.) SIMONK ГАЛОФИТИНІҢ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ЖӘНЕ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ	7
Aikeshev B.M. WATER HARVESTING SWALES IN AGRICULTURE: IMPROVING RECLAMATION, EROSION CONTROL AND MOISTURE RETENTION	16
Nadirbayeva G.T., Kuanyshbekova G.K., Kirichenko O.I., Bazarov S.E., Samarkhanov T.N., Myrzagaliyeva A.B. CURRENT STATE OF THE COMMUNITY STRUCTURE OF BENTHIC INVERTEBRATES IN THE BUKHTARMA RESERVOIR (IRTYSH RIVER BASIN)	27
Abilova Sh.B., Karabalaeva A.B. DENDROCHRONOLOGICAL STUDIES OF CONIFEROUS TREE SPECIES IN THE FOREST-STEPPE ZONE ON THE TERRITORY OF THE STATE NATIONAL NATURAL PARK «KOKSHETAU»: COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF FIVE BRANCHES	37
Myrzagaliyeva A.B., Zhiger Y., Abeuova S.B., Sharipova M.Zh., Khlebova L.P., Orazov A.E. QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF PHOSPHATE BUFFER EXTRACTS FROM WOODY AND SHRUB PLANTS OF THE MOUNTAIN RANGES OF EASTERN AND SOUTHEASTERN KAZAKHSTAN	43
Tleubergenova G.S., Sharipova M.Zh., Galaktionova E.V. DIGITALIZATION OF THE COLLECTIONS IN THE HERBARIUM FUND OF THE DEPARTMENT OF BIOLOGY AND ITS PLACEMENT ON THE GBIF PLATFORM	51

ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДА КЕЗДЕСЕТІН *PETROSIMONIA TRIANDRA* (PALL.) SIMONK ГАЛОФИТІНІҢ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ЖӘНЕ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

¹А.Е. Сейтбекова^{ID}, ¹А.Т. Мамурова^{ID}, ^{1,2}Е.М. Турарова*^{ID},

¹А.С. Нурмаханова^{ID}, ³Л.Н. Киекбаева^{ID}

¹эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы, Қазақстан

³С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медициналық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: turarova-erkejan@mail.ru

А.Е. Сейтбекова – магистрант, Ботаника және агроэкология кафедрасы, Биология және биотехнология факультеті, эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, e-mail: elinadjurova@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-8295-7926>

А.Т. Мамурова – б.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Ботаника және агроэкология кафедрасының доценті, Биология және биотехнология факультеті, эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, e-mail: amamurova81@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4676-9443>

Е.М. Турарова – магистрант, аға зертханашы, Өсімдіктер әлемі кадастры зертханасы, Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы қ., Қазақстан, e-mail: turarova-erkejan@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8295-7926>

А.С. Нурмаханова – PhD, қауымдастырылған профессор, доцент-зерттеуші, Ботаника және агроэкология кафедрасы, Биология және биотехнология факультеті, эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, e-mail: akmaral.nurmahanova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6925-9964>

Л.Н. Киекбаева – фармацевтикалық технологиялар кафедрасының доценті, Фармация мектебі, С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медициналық университеті, Алматы қ., Қазақстан, e-mail: lashynk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9827-0129>

Аңдатпа. Қазақстанның шөл және шөлейт аймақтарында топырақтың тұздануы кең таралған, бұл жағдай өсімдік жамылғысының құрылымына тікелей әсер етеді. Осындай экстремальды экологиялық ортада галофит өсімдіктер ерекше бейімделу механизмдері арқылы тіршілік етеді. Зерттеу жұмысының мақсаты – Орталық Қазақстан аумағында таралған *Petrosimonia triandra* (Pall.) Simonk. түрінің эколого-географиялық таралу заңдылықтарын және морфо-анатомиялық бейімделу ерекшеліктерін анықтау. Зерттеу барысында далалық геоботаникалық сипаттама, флористикалық талдау, микроскопиялық анатомиялық зерттеу және экологиялық-факторлық бағалау әдістері қолданылды. Нәтижесінде түрдің ксеро-галофиттік табиғаты, суккулентті паренхиманың дамуы, жапырақ редукциясы, қалың кутикула және тұз жинаушы вакуольдердің қалыптасуы анықталды. Алынған нәтижелер галофиттердің адаптациялық стратегияларын түсіндіруге және Орталық Қазақстанның сортаң экожүйелерін ғылыми тұрғыдан бағалауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: *Petrosimonia triandra*, галофит, ксеро-галофит, морфо-анатомия, экологиялық бейімделу, сортаң топырақ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГАЛОФИТА *PETROSIMONIA TRIANDRA* (PALL.) SIMONK, ВСТРЕЧАЮЩЕГОСЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

¹А.Е. Сейтбекова, ¹А.Т. Мамурова, ^{1,2}Е.М. Турарова*,

¹А.С. Нурмаханова, ³Л.Н. Киекбаева

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Институт ботаники и фитоинтродукции, г. Алматы, Казахстан

³Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: turarova-erkejan@mail.ru

А.Е. Сейтбекова – магистрант, кафедра ботаники и агроэкологии, факультет биологии и биотехнологии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, e-mail: elinadjurova@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-8295-7926>

А.Т. Мамурова – к.б.н., ассоциированный профессор, доцент кафедры ботаники и агроэкологии, факультет биологии и биотехнологии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, e-mail: amamurova81@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4676-9443>

Е.М. Турарова – магистрант, старший лаборант, лаборатория кадастра растительного мира, Институт ботаники и фитоинтродукции, г. Алматы, Казахстан, e-mail: turarova-erkejan@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8295-7926>

А.С. Нурмаханова – PhD, ассоциированный профессор, доцент-исследователь, кафедра ботаники и агроэкологии, факультет биологии и биотехнологии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, e-mail: akmaral.nurmahanova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6925-9964>

Л.Н. Киекбаева – доцент кафедры фармацевтических технологий, Школа фармации, Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, г. Алматы, Казахстан, e-mail: lashynk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9827-0129>

Аннотация. В степных и полупустынных районах Казахстана широко распространено засоление почв, что оказывает прямое влияние на структуру растительного покрова. В таких экстремальных экологических условиях галофитные растения выживают за счёт особых адаптационных механизмов. Целью исследования является изучение закономерностей эколого-географического распространения и морфо-анатомических особенностей вида *Petrosimonia triandra* (Pall.) Simonk., встречающегося на территории Центрального Казахстана. В работе использовались методы полевых геоботанических наблюдений, флористического анализа, микроскопического анатомического исследования и эколого-факторной оценки. В результате было выявлено ксеро-галофитное строение вида, развитие суккулентной паренхимы, редукция листьев, утолщённая кутикула и наличие солеаккумулирующих вакуолей. Полученные данные позволяют понять адаптационные стратегии галофитов и оценить состояние солончаковых экосистем Центрального Казахстана.

Ключевые слова: *Petrosimonia triandra*, галофит, ксеро-галофит, морфо-анатомия, экологическая адаптация, солончаковые почвы.

STUDY OF THE ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE HALOPHYTE *PETROSIMONIA TRIANDRA* (PALL.) SIMONK FOUND IN CENTRAL KAZAKHSTAN

¹A.E. Seitbekova, ¹A.T. Mamurova, ^{1,2}Ye.M. Turarova*,

¹A.S. Nurmakhanova, ³L.N. Kiyekbaeva

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan

³S. D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: turarova-erkejan@mail.ru

A.E. Seitbekova – Master of Science, Department of Botany and Agroecology, Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: elinadjurova@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-8295-7926>

A.T. Mamurova – candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Docent, Department of Botany and Agroecology, Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National

University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: amamurova81@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4676-9443>

Ye.M. Turarova – Master of Science, Senior Laboratory Assistant of Plant World Cadastre Laboratory, Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan, e-mail: turarova-erkejan@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8295-7926>

A.S. Nurmakhanova – PhD, Associate Professor, Research Associate Professor, Department of Botany and Agroecology, Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: akmaral.nurmahanova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6925-9964>

L.N. Kiyekbaeva – Associate Professor of the Department of Pharmaceutical Technologies, School of Pharmacy, Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: lashynk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9827-0129>

Abstract. Soil salinization is widespread in the arid and semi-arid regions of Kazakhstan, which directly affects the structure of the plant cover. In such extreme ecological conditions, halophyte plants survive through specific adaptive mechanisms. The aim of this study is to investigate the ecological-geographical distribution patterns and morpho-anatomical characteristics of *Petrosimonia triandra* (Pall.) Simonk. occurring in Central Kazakhstan. Field geobotanical surveys, floristic analysis, microscopic anatomical studies, and ecological-factor assessments were applied. The results revealed the xerohalophytic nature of the species, development of succulent parenchyma, leaf reduction, thick cuticle, and the presence of salt-accumulating vacuoles. These findings help to understand the adaptive strategies of halophytes and to evaluate the condition of saline ecosystems in Central Kazakhstan.

Keywords: *Petrosimonia triandra*, halophyte, xerohalophyte, morpho-anatomy, ecological adaptation, saline soils.

Кіріспе. Қазақстан аумағының шамамен 60%-дан астам бөлігі аридті және семиаридті белдеулерге жатады. Орталық Қазақстанда топырақтың тұздануы табиғи-климаттық факторлардың әсерінен қалыптасқан кең таралған құбылыс болып табылады. Тұзданған топырақтарда өсетін галофиттер жоғары осмостық қысым, су тапшылығы және иондық стресс жағдайында тіршілік етуге бейімделген.

Қазақстан дәрілік өсімдіктердің көзі ретінде бай болып табылатындықтан, оларды зерттеу қажет. Алабұталар тұқымдасының *Petrosimonia* туысының түрлері Қазақстан аумағында онға жуық түрі кездеседі. Аталған өсімдіктер зерттелініп жатқан аумақтың қатаң климаттық шарттарына қарай төзімділік көрсететін тұзды, шөлейтті және сортаң жерлерге бейімделген. *Petrosimonia* өсімдігі – жаңа ашылған, бірақ толық зерттеліп бітпеген түр болып саналады. Қытай ғалымдары *Petrosimonia sibirica* түрін зерттей отырып, бұл өсімдіктің құрамында табылған алкалоидтар, стероидтар, терпендер, флаваноидтар және фенолды қосылыстар бар екенін анықтады. Бұл аталған биологиялық белсенді қосылыстар антибактериальді белсенділікке ие (Toktarbek және т.б., 2024).

Зерттеу жұмыстарына сүйене отырып, Қазақстанда өсіп жатқан *P. sibirica*, *P. glaucescens*, *P. triandra* және *P. brachiata* түрлері бойынша биологиялық белсенді заттардың сапалық және сандық құрамы зерттелген. *P. sibirica*, *P. glaucescens*, *P. triandra* және *P. brachiata* өсімдіктерінен фитопрепарат дайындау үшін мацерацияның классикалық әдісімен экстракттап және биологиялық белсенді қосылыстарын жеке өкілдерін бөлініп алынды (Toktarbek, 2021; Seitimova 2022).

Petrosimonia triandra (Pall.) Simonk. – Amaranthaceae тұқымдасына жататын біржылдық галофит. Түр Еуразияның аридті аймақтарында таралған және тұзды экотоптардың индикаторы ретінде қарастырылады. Зерттеу жұмысы Орталық Қазақстанның шөл және шөлейт ландшафттарында жүргізілді. Қолданылған әдістер: маршруттық-экспедициялық әдіс, геоботаникалық сипаттама, флористикалық талдау, микроскопиялық анатомиялық талдау және экологиялық-факторлық бағалау.

Petrosimonia triandra (Pall.) Simonk. – Үшаталықты сораңша. Біржылдық өсімдік. Биіктігі 5-35 см өсімдік, қысыңқы келген түкті, тік, негізінен бұтақталған сабағы бар;

жапырақтары жіптерізді, жұмыр келген ұзындығы 4 см-ге дейін жетеді, ең төменгі бөліктері қарама-қарсы орналасқан. Гүлшоғыры масақ тәрізді, гүлдері бүйір жақтарынан 2 ұзынырақ қайықшатәрізді күлтешелерден тұрады, күлтеше жапырақшалары 3-ке жуық, жалаңаш, үшкірленген; аталығы 3, тозаңдарымен, екітісті қосымша үлкен бөліктермен қоршалған. Аналық мойны мойнынан ұзынырақ. Гүлдену мерзімі шілде мен қыркүйек аралығында. Ол сортаңдарда және сортаңдарда топтасып немесе шашыранқы өседі.

Негізгі бөлім. *Petrosimonia triandra* (Pall.) Simonk. – Амаранттар тұқымдасына (Amaranthaceae) жататын біржылдық шөптесін галофит өсімдік. Бұл түр тұзданған топырақ жағдайында өсуге бейімделген және аридті экожүйелердің қолайсыз факторларына төзімділігін қамтамасыз ететін бірқатар морфологиялық ерекшеліктерімен сипатталады.

Өсімдіктің биіктігі әдетте 10–40 см аралығында болады. Сабағы тік немесе жоғары көтеріліп өседі, түбінен бастап мол бұтақтанады, цилиндр тәрізді, беті тегіс немесе әлсіз қырлы келеді. Сабақтарының түсі жасылдан қызғылт-жасылға дейін өзгеріп отырады, әсіресе жеміс беру кезеңінде қызғылт реңк айқын байқалады. Күшті бұтақтануы нәтижесінде ықшам бұта пішіні қалыптасады, бұл құрғақшылық жағдайына бейімделудің маңызды белгісі болып табылады.

Жапырақтары кезектесіп орналасқан, сағақсыз, етженді және шырынды келеді. Мұндай белгі галофит өсімдіктерге тән. Жапырақ тақталары жіңішке сызықты немесе біз тәрізді, жиектері тегіс, ұшы үшкір болады. Жапырақ беті түксіз және тегіс. Жапырақтардың суккуленттілігі өсімдік ұлпаларында судың жиналуына мүмкіндік беріп, тұздардың жоғары концентрациясының зиянды әсерін төмендетеді.

Гүлдері ұсақ, көзге аса байқалмайды, қосжынысты. Олар жоғарғы жапырақтардың қолтығында жеке немесе бірнешеуден орналасып, масақ тәрізді гүлшоғыр түзеді. Гүлсерігі қарапайым, бес жұқа жарғақ тәрізді жапырақшадан тұрады. Түрге үш аталықтың болуы тән, бұл оның латынша *triandra* («үш аталықты») атауында көрініс тапқан. Жатыны жоғарғы, бір ұялы және бір тұқымбүршікті болады.

Жемісі – құрғақ, ұсақ жаңғақша немесе тұқымша тәрізді. Ол жеміс піскен кезде де сақталатын гүлсерікпен қапталған. Тұқымдары ұсақ, домалақ немесе сәл жалпақ, қара немесе қара-қоңыр түсті болады. Тығыз тұқым қабығы тұқымдардың тұзданған және құрғақ ортада ұзақ уақыт тіршілік қабілетін сақтауына мүмкіндік береді.

Тамыр жүйесі кіндік тамырлы типке жатады және біржылдық өсімдік үшін жақсы дамыған. Негізгі тамыр топырақтың терең қабаттарына еніп, өсімдікті ылғалмен және минералды заттармен қамтамасыз етеді. Жанама тамырлары орташа дамыған және тұзданған субстраттағы қоректік заттарды тиімді пайдалануға жағдай жасайды.

Petrosimonia triandra түрінің суккулентті жапырақтары, ықшам бұта пішіні, жақсы дамыған тамыр жүйесі және көбею мүшелерінің ерекшеліктері оның тұзданған жерлерде тіршілік етуге жоғары дәрежеде бейімделгендігін көрсетеді. Бұл белгілер өсімдіктің Орталық Қазақстанның және басқа да аридті аймақтардың экстремалды экологиялық жағдайларында кең таралуына мүмкіндік береді.

Petrosimonia triandra (Pall.) Simonk. – тұзды және сортаң топырақтарға бейімделген галофит өсімдік. Түр Еуразияның құрғақ және шөлейт аймақтарында кең таралған. Оның негізгі таралу ареалы Орталық Азияны, Қазақстанды, Ресейдің оңтүстік бөлігін, Моңғолияны, Қытайдың батыс өңірлерін және Каспий маңы ойпатын қамтиды.

Қазақстан аумағында *Petrosimonia triandra* негізінен шөл және шөлейт табиғат зоналарында кездеседі. Түр әсіресе топырақтың тұздану деңгейі жоғары аймақтарда кең таралған. Оның популяциялары Каспий маңы ойпатында, Үстірт үстіртінде, Бетпақдалада, Мойынқұмда, Балқаш-Алакөл ойысында және Орталық Қазақстанның көптеген сортаңды жазықтарында кездеседі.

Орталық Қазақстанда бұл өсімдік көбінесе Қарағанды облысының тұзды көлдері мен сорлы алқаптарының маңында таралған. Сонымен қатар Нұра, Сарысу және Торғай өзендерінің алаптарындағы тұзданған жерлерде де өседі. Түрдің таралуы топырақ құрамындағы тұз мөлшерімен, жер асты суларының деңгейімен және климаттық жағдайлармен тығыз

байланысты.

Petrosimonia triandra көбінесе сор, сортаң, тақыр тәрізді топырақтарда және уақытша құрғайтын тұзды көлдердің жағалауларында өседі. Мұндай экологиялық жағдайлар басқа өсімдік түрлерінің тіршілігі үшін қолайсыз болғандықтан, галофиттердің басым таралуына мүмкіндік береді. Кейбір өңірлерде бұл түр бірлестіктер түзіп, галофитті өсімдік жамылғысының маңызды компонентіне айналады.

Түрдің географиялық таралу ерекшеліктері оның жоғары экологиялық бейімділігін көрсетеді. Ол құрғақшылыққа, топырақтың күшті тұздануына және температураның күрт ауытқуына төзімді келеді. Сондықтан *Petrosimonia triandra* Қазақстанның аридті экожүйелеріндегі табиғи өсімдік жамылғысының тұрақтылығын сақтауда маңызды рөл атқарады.

Қазіргі таңда климаттың өзгеруі мен антропогендік әсерлердің күшеюі жағдайында галофит өсімдіктердің таралу заңдылықтарын зерттеу ерекше маңызға ие. Осы тұрғыдан алғанда *Petrosimonia triandra* түрінің географиялық таралуын анықтау оның экологиялық ерекшеліктерін тереңірек түсінуге және тұзданған жерлерді тиімді пайдалану жолдарын әзірлеуге мүмкіндік береді.

Petrosimonia triandra (Pall.) Simonk. – тұзданған топырақтарда өсетін біржылдық галофит өсімдік. Бұл түр негізінен шөл және шөлейт аймақтардың ерекше экологиялық жағдайларына бейімделген. Оның табиғи таралуы топырақтың жоғары тұздылығымен, ылғалдың жеткіліксіздігімен және климаттың құрғақтығымен сипатталатын аумақтармен тығыз байланысты.

Өсімдіктің негізгі мекен ету ортасы – сорлар, сортаңдар, тақырлар, тұзды көлдердің жағалаулары және минералданған жер асты сулары жақын орналасқан аумақтар. Мұндай жерлерде топырақ құрамында натрий, хлорид және сульфат тұздарының мөлшері жоғары болады. Көптеген өсімдік түрлері мұндай жағдайларда тіршілік ете алмайтындықтан, *Petrosimonia triandra* сияқты галофиттер экожүйеде маңызды орын алады.

Түр өсетін аймақтардың климаты күрт континенттік сипатқа ие. Жазы ыстық әрі құрғақ, ал қысы суық болады. Жауын-шашын мөлшері аз, жылдық орташа көрсеткіші көбіне 100–300 мм аралығында өзгереді. Булану деңгейінің жоғары болуы топырақтың екінші реттік тұздануына ықпал етеді. Осындай жағдайларда *Petrosimonia triandra* өзінің физиологиялық және морфологиялық бейімделулері арқылы тіршілігін сақтайды.

Өсімдік көбінесе ашық күн сәулесі мол түсетін жерлерде өседі. Жарық сүйгіш түр ретінде көлеңкелі ортада сирек кездеседі. Күн радиациясының жоғары деңгейі фотосинтез қарқындылығын арттырып, өсімдіктің қысқа вегетациялық кезең ішінде толық дамуына мүмкіндік береді.

Топырақ ылғалының тапшылығы да түрдің тіршілік ету ортасының маңызды ерекшелігі болып табылады. Осыған байланысты өсімдік ұлпаларында суды жинақтауға мүмкіндік беретін суккуленттік қасиет қалыптасқан. Сонымен қатар тамыр жүйесі топырақтың терең қабаттарынан ылғал сіңіруге бейімделген.

Petrosimonia triandra көбінесе басқа галофит түрлерімен бірге өсімдік қауымдастықтарын түзеді. Олар топырақтың эрозияға ұшырауын төмендетуге, тұзданған жерлердің өсімдік жамылғысын қалыптастыруға және экожүйенің тұрақтылығын сақтауға ықпал етеді. Түрдің мұндай қауымдастықтардағы рөлі оның табиғи ортадағы экологиялық маңызын көрсетеді.

Осылайша, *Petrosimonia triandra* жоғары тұздылық, ылғал тапшылығы, күшті күн радиациясы және температураның үлкен ауытқулары тән экстремалды экологиялық жағдайларда өсетін галофит өсімдік болып табылады. Бұл ерекшеліктер оның аридті және тұзданған экожүйелердің маңызды компоненті екенін дәлелдейді.

Petrosimonia triandra (Pall.) Simonk. – тұзданған топырақтарда тіршілік етуге жоғары дәрежеде бейімделген галофит өсімдік. Бұл түрдің табиғи ортада кең таралуы оның морфологиялық, анатомиялық және физиологиялық ерекшеліктерімен байланысты. Тұздардың жоғары концентрациясы көптеген өсімдіктер үшін стресс факторы болып саналса, *Petrosimonia*

triandra мұндай жағдайларда қалыпты өсіп, дамуға қабілетті.

Өсімдіктің негізгі бейімделу ерекшеліктерінің бірі – жапырақтары мен сабақтарының суккулентті болуы. Суккулентті ұлпаларда судың көп мөлшерде жиналуы жасуша шырынындағы тұз концентрациясын төмендетуге мүмкіндік береді. Нәтижесінде өсімдік жасушаларының тіршілік әрекеті тұрақты сақталып, тұздардың уытты әсері азаяды.

Тұздануға бейімделудің тағы бір маңызды механизмі – жасушалардағы осмостық реттелу. Өсімдік жасушаларында әртүрлі органикалық қосылыстар мен иондар жинақталып, су алмасу процесі реттеледі. Бұл құбылыс топырақ ерітіндісінің тұздылығы жоғары болған жағдайда да өсімдіктің суды сіңіруіне мүмкіндік береді.

Тұздануға бейімделу қасиеті. *Petrosimonia triandra* артық тұздарды жасуша вакуольдерінде жинақтау қабілетіне ие. Вакуольдерде окшауланған тұздар цитоплазмаға зиян келтірмейді және өсімдіктің қалыпты физиологиялық қызметін қамтамасыз етеді. Мұндай механизм тұздардың улы әсерінен қорғанудың тиімді жолы болып табылады.

Түрдің тамыр жүйесі де тұзданған ортаға бейімделген. Тамырлар топырақтағы ылғалды тиімді пайдаланып, минералды заттарды сіңіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар кейбір иондардың өсімдікке шамадан тыс түсуін шектеуге қатысады. Бұл қасиет өсімдіктің тұзды ортада тұрақты дамуына жағдай жасайды.

Өсімдіктің қысқа вегетациялық кезеңі де экологиялық бейімделудің бір көрінісі болып табылады. Ол көктемгі және жаздың басындағы салыстырмалы қолайлы кезеңде тез өсіп, гүлдеп және тұқым береді. Осылайша, өсімдік қоршаған ортаның аса қолайсыз жағдайлары басталғанға дейін өзінің тіршілік циклін аяқтайды.

Тұқымдарының сыртқы қабығы тығыз болып келеді, бұл олардың тұзды топырақта ұзақ уақыт сақталуына мүмкіндік береді. Қолайлы жағдай туған кезде тұқымдар өніп, жаңа ұрпақ қалыптастырады. Мұндай қасиет түрдің табиғи популяцияларының тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Осылайша, *Petrosimonia triandra* түрінің тұздануға бейімделуі суккулентті мүшелердің қалыптасуы, осмостық реттелу, тұздарды вакуольдерде жинақтау, тиімді тамыр жүйесі және қолайсыз жағдайларға төзімді тұқымдардың түзілуі сияқты күрделі механизмдер арқылы жүзеге асады. Бұл бейімделулер өсімдіктің тұзданған экожүйелерде табысты тіршілік етуіне және кең таралуына мүмкіндік береді.

Қазақстан экожүйелеріндегі галофиттердің маңызы. Галофиттер – тұзданған топырақ жағдайында өсіп-өнуге бейімделген өсімдіктер тобы. Қазақстан аумағында галофиттер шөл және шөлейт аймақтардың өсімдік жамылғысының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Ел аумағының едәуір бөлігін тұзданған жерлер алып жатқандықтан, галофиттердің экологиялық және шаруашылық маңызы ерекше.

Галофиттер ең алдымен тұзданған экожүйелердің биологиялық әртүрлілігін сақтауда маңызды рөл атқарады. Олар басқа өсімдіктер тіршілік ете алмайтын қолайсыз ортада өсіп, ерекше өсімдік қауымдастықтарын қалыптастырады. Бұл қауымдастықтар көптеген жәндіктердің, құстардың және ұсақ жануарлардың мекен ету ортасы мен қоректік базасы болып табылады.

Галофиттердің тағы бір маңызды қызметі – топырақты қорғау. Олардың жақсы дамыған тамыр жүйесі топырақ бөлшектерін бекітіп, жел және су эрозиясының алдын алады. Әсіресе Қазақстанның құрғақ аймақтарында жел эрозиясы кең таралғандықтан, галофиттер топырақтың деградациясын бәсеңдетуге ықпал етеді.

Галофит өсімдіктер топырақтың тұз режимін реттеуге де қатысады. Кейбір түрлер топырақтан тұздарды сіңіріп, өз ұлпаларында жинақтай алады. Бұл қасиет тұзданған жерлерді биологиялық жолмен қалпына келтіруде, яғни фитомелиорацияда кеңінен қолданылады. Сондықтан галофиттерді деградацияға ұшыраған және тұзданған жерлерді игеру барысында пайдалану экологиялық тұрғыдан тиімді болып саналады.

Қазақстанның жайылымдық экожүйелерінде де галофиттердің маңызы зор. Олардың кейбір түрлері мал азығы ретінде пайдаланылады және құрғақшылық жағдайында жайылым өнімділігін сақтауға көмектеседі. Тұзға төзімді өсімдіктердің болуы шөлейт және шөл

аймақтардағы мал шаруашылығының тұрақтылығын арттырады.

Галофиттер климаттың өзгеруіне бейімделу тұрғысынан да маңызды. Олар жоғары температураға, құрғақшылыққа және топырақ тұздылығының артуына төзімді болғандықтан, болашақта аридтену үдерісі күшейген жағдайда экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқаруы мүмкін. Сонымен қатар бұл өсімдіктердің тұзға төзімділік механизмдерін зерттеу ауыл шаруашылығы дақылдарының жаңа төзімді сорттарын шығаруға ғылыми негіз болады.

Орталық Қазақстандағы *Petrosimonia triandra* сияқты галофит түрлері тұзданған жерлердің табиғи өсімдік жамылғысын қалыптастырып, экожүйелердің қызметін сақтауға үлес қосады. Олар зат айналымына қатысып, органикалық заттардың жиналуына ықпал етеді және көптеген организмдердің тіршілік етуіне қолайлы жағдай жасайды.

Осылайша, галофиттер Қазақстанның тұзданған және аридті экожүйелерінің экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз ететін маңызды өсімдіктер тобы болып табылады. Олар биологиялық әртүрлілікті сақтау, топырақты қорғау, тұзданған жерлерді қалпына келтіру және жайылым ресурстарын тиімді пайдалану сияқты көптеген экологиялық және шаруашылық қызметтер атқарады.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу процесінде классикалық ботаникалық (бағыт-бағдарлық; эколого-систематикалық; эколого-географиялық) әдістер пайдаланылды. Жұмыс процесінде Ботаника және фитоинтродукция институтының коллекционды қорының (АА) гербарий материалдары зерттелді. Гербарий жинау Скворцов А.К. (1977) әдісі бойынша жүзеге асады. Жиналған материалдарды сәйкестендіру үшін фундаменталды есептер пайдаланылды: «Флора Казахстана» (1956-1966), «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» (1969; 1972), «Определитель Средней Азии и Казахстана» (1968-1993). Өсімдіктер түрлерін атау С.К. Черепанов (1995) мәліметімен жүргізілді [Павлов, 1928; Иллюстрированный..., 1972; Черепанов, 1995]. Қазақстан территориясы аумағында таралған түрлерді көрсету үшін флористикалық аудандастырудың жаңа сызбасы қабылданды. Өсімдіктер дәстүрлі. геоботаникалық зерттеулер әдістерін пайдалану арқылы зерттелді. Өсімдік материалдары стандартты гербарийлік әдіспен жиналып, зертханалық жағдайда анатомиялық кесінділер дайындалып, жарық микроскопында зерттелді.

Нәтижелер мен талқылау. *Petrosimonia triandra* сортаң ойыстарда, уақытша кеуіп қалатын тұзды көл табандарында және тақыр тәрізді жерлерде таралған.

Климаты күрт континентті, жауын-шашын мөлшері 150–250 мм.

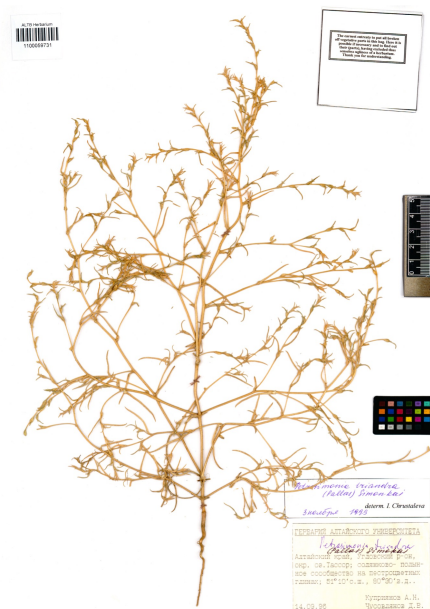
Морфологиялық ерекшеліктері: біржылдық шөптесін өсімдік, сабағы шырынды, жапырақтары редуцияланған, гүлдері ұсақ.

Анатомиялық белгілері: қалың кутикула, су жинаушы паренхима, өткізгіш шоқтардың тығыз орналасуы, тұз жинаушы вакуольдер.

Petrosimonia triandra (Pall.) Simonk – Қазақстанда тұзға төзімді (галофит) өсімдік. Оның таралу аймағы негізінен Солтүстік және Орталық Қазақстанның тұзды-батпақты, шалғынды және шөлейт жерлеріне сәйкес келеді. Нақты тіркелген жерлерге Жарсор Үрқаш көлдері жүйесі (Солтүстік Қазақстан облысы) жатады, мұнда өсімдік тұзды шалғындар мен көлдің жиегінде анықталған. Сонымен қатар, Солтүстік Қазақстан облысының тұзды батпақты алқаптары мен Орталық Қазақстанның тұздалған далалық аймақтарында да кездеседі. Оның негізгі таралуы Солтүстік және Орталық Қазақстанның тұзды-батпақты және шөлейт далалары, Ресейдің оңтүстік және орталық бөліктері, Өзбекстан, Түрікменстан, Қырғызстанның тұзды дала және шөлейт аймақтары, Иран, Ауғанстан, Пәкістанның солтүстік аймақтары және Батыс Қытайдың (Шыңжаң) сазды және тұзды топырақтарымен шектеледі. Бұл түр тұзды-батпақты экожүйелерге бейімделген галофиттік өсімдік болып табылады.

Қорытынды. *Petrosimonia triandra* – Орталық Қазақстанның сортаң экожүйелеріне жоғары дәрежеде бейімделген ксеро-галофит өсімдік. Оның морфо-анатомиялық құрылымы тұзды және құрғақ ортада тіршілік етуге бағытталған.

Зерттеу нәтижелері аймақтық галофит флорасын ғылыми тұрғыдан жүйелеуге және экожүйелік тұрақтылықты бағалауға мүмкіндік береді.



Сурет 1. *Petrosimonia triandra* pall. Simonk гербарий үлгісі [http : //altb.asu.r...tb/1100059731.jpg](http://altb.asu.r...tb/1100059731.jpg)



Сурет 2. *Petrosimonia triandra* pall simonk өсімдігі



Сурет 3. *Petrosimonia triandra* pall. Simonk өсімдігінің жер шарында таралуы

Әдебиеттер

Байтенов, 2001 – Байтенов И.С. Флора Казахстана.: Алматы, 2001. – Т. 2. – С. 179–220 [Орысша]
 Карамышева және т.б., 1962 - Карамышева З.В., Рачковская Е.И. Опыт крупномасштабного геоботанического картографирования (на примере растительности юго-западной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника) // Принципы и методы геоботанического картографирования. – М. – Л., 1962. – 6 с [Орысша]

Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – Алматы: Издательский дом «Жибек жолы», 2014. – Т. 1. – 562 с [Орысша]
 Seitimova және т.б., 2012 - Seitimova G.A., Toktarbek M., Eskalieva B.K., Burasheva G.Sh., Choudhary M.I. Phytochemical analysis of some Kazakhstani species of the plant genus *Petrosimonia*, family *Chenopodiaceae* // *Chemistry of Plant Materials*. – 2012.
 Toktarbek және т.б., 2024 - Toktarbek, M., Seitimova, G., & Burasheva, G. (2024). Способ оптимизации получения биологически активных веществ из растения *petrosimonia brachiata*. *Academic Scientific Journal of Chemistry*, (3), 175–185. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.245>
 Electronic research catalog of the Kazakh National University – URL: <https://nabr.kz>
 National patent on extraction from *Petrosimonia triandra* – URL: <https://qazpatent.kz>
 Plantarium reference book. *Petrosimonia triandra* – URL: <https://plantarium.ru>
 Red Book of the Orenburg Region: *Petrosimonia triandra* – URL: <https://redbook56.orenlib.ru>
 Н.В. Павлов, Флора Центрального Казахстана. – Алма-Ата, 1928 – Том. 1. – 356 с.
 Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата, 1972 «Наука», – том 2. – 572 с.
 Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб.1995, – 992 с.

References

Baitenov M.S. Flora of Kazakhstan. – Almaty, 2001. – Vol. 2. – 280 p [Russian]
 Flora of Kazakhstan. – Alma-Ata: Publishing house of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1961. – Vol. 9. – Pp. 179–220 [Russian]
 Key to plants of Central Asia. – Vol. 1–10. – Tashkent, 1968–1993 [Russian]
 Karamysheva Z.V., Rachkovskaya E.I. Experience of large-scale geobotanical mapping (using the vegetation of the southwestern part of the Central Kazakhstan uplands as an example) // *Principles and methods of geobotanical mapping*. – Moscow – Leningrad, 1962. – 6 p [Russian]
 Sochava V.B. Geobotanical mapping // *Classification of vegetation as a hierarchy of dynamic systems*. – Leningrad, 1972. – Pp. 3–38 [Russian]
 State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. – Almaty: Zhibek Zholy Publishing House, 2014. – Vol. 1. – 562 p [Russian]
 Seitimova G.A., Toktarbek M., Eskalieva B.K., Burasheva G.Sh., Choudhary M.I. Phytochemical analysis of some Kazakhstani species of the plant genus *Petrosimonia*, family *Chenopodiaceae* // *Chemistry of Plant Materials*. – 2012 [Russian]
 Toktarbek және т.б., 2024 - Toktarbek, M., Seitimova, G., & Burasheva, G. (2024). A method for optimizing the production of biologically active substances from the plant *petrosimonia brachiata*. *Academic Scientific Journal of Chemistry*, (3), 175–185. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.245> [English]
Petrosimonia triandra (Pall.) Simonk. – *Plantae DB*. Family and taxonomic description. – URL: <https://plantaedb.com>
 EUNIS Habitat classification – East Pannonic *Petrosimonia-Artemisia* salt steps. – URL: <https://eunis.eea.europa.eu>
 Botanical tours in Korgalzhyn reserve – On the distribution of *Petrosimonia triandra* in saline areas. – URL: <https://silkadv.com>
 Phytochemical study of *Petrosimonia triandra* (Project AP08052551) – URL: <https://repository.enu.kz>
 Electronic research catalog of the Kazakh National University – URL: <https://nabr.kz>
 National patent on extraction from *Petrosimonia triandra* – URL: <https://qazpatent.kz>
 Plantarium reference book. *Petrosimonia triandra* – URL: <https://plantarium.ru>
 Red Book of the Orenburg Region: *Petrosimonia triandra* – URL: <https://redbook56.orenlib.ru>
 N.V. Pavlov, Flora of Central Kazakhstan. – Alma-Ata, 1928 – Vol. 1. – 356 p. [Russian]
 Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата, 1972 «Наука», – том 2. – 572 p. [Russian]
 Cherepanov S.K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nyh gosudarstv*. – SPb.1995, – 992 p. [Russian]

WATER HARVESTING SWALES IN AGRICULTURE: IMPROVING RECLAMATION, EROSION CONTROL AND MOISTURE RETENTION

B.M. Aikeshev* 

Astana International University, Astana, Kazakhstan

*e-mail: aikeshev@gmail.com

B.M. Aikeshev – PhD, Senior Lecturer at the Higher School of Natural Sciences, Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: aikeshev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4203-9419>

Abstract. The article is devoted to the study and application of swales, simple hydraulic structures designed for water management and prevention of soil erosion. The historical roots of this technology are considered, starting from the Neolithic revolution, when small embankments were used to retain floodwaters. The article analyses the evolution of the use of swales from ancient liman irrigation systems to modern permaculture design and describes their advantages in water resources management.

Swales are shallow ditches laid along contour lines of the terrain and serve to retain surface water and promote its gradual infiltration into the soil. They prevent water erosion, contribute to moisture accumulation, improve water absorption and increase the productivity of agroecosystems. The author emphasises their particular importance for Kazakhstan, where frequent droughts and floods require effective anti-erosion measures.

The modern use of swales is also considered in the context of permaculture concepts. The article highlights the role of key permaculture figures P.A. Yeomans and B. Mollison in popularising swales and integrating them into the principles of sustainable ecosystem management. Particular attention is paid to the use of geographic information system (GIS) technologies, which make it possible to optimise the planning and implementation of swales and thus increase the effectiveness of water-management measures.

Keywords: swales; water erosion; runoff; catchment basin; GIS technologies; permaculture design.

СУ ЖИНАУҒА АРНАЛҒАН СВЕЙЛДЕРДІ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА ҚОЛДАНУ: МЕЛИОРАЦИЯНЫ ЖАҚСARTY, ЭРОЗИЯНЫ БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ ЫЛҒАЛДЫ САҚТАУ

Б.М. Айкешев*

Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

*e-mail: aikeshev@gmail.com

Б.М. Айкешев – PhD, Астана халықаралық университеті Жаратылыстану жоғары мектебінің аға оқытушысы, Астана, Қазақстан, e-mail: aikeshev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4203-9419>

Аңдатпа. Мақала су ресурстарын басқару және топырақ эрозиясының алдын алу үшін қолданылатын қарапайым гидротехникалық құрылымдар, свейлдерді зерттеу мен қолдануға арналған. Бұл технологияның тарихи бастаулары неолиттік революция кезеңінен бастау алады, сол кезде тасқын суларды ұстап қалу үшін шағын бөгеттер пайдаланылған. Мақалада свейлдердің ежелгі лимандық суару жүйелерінен бастап заманауи пермакультуралық жобалауға дейінгі эволюциясы талданып, олардың су ресурстарын басқарудағы артықшылықтары сипатталады.

Свейлдер рельефтің контурлық сызықтары бойымен қазылатын таяз арықтар болып табылады және жерүсті ағын суларын ұстап, олардың топыраққа біртіндеп сіңуін қамтамасыз етеді. Олар су эрозиясының алдын алады, ылғалдың жиналуына ықпал етеді, судың сіңірілуін

жақсартады және агроэкожүйелердің өнімділігін арттырады. Автор Қазақстан жағдайында олардың ерекше маңыздылығын атап өтеді, өйткені жиі болатын құрғақшылық пен су тасқындары тиімді эрозияға қарсы шараларды талап етеді.

Свейлдерді қазіргі қолдану пермакультура тұжырымдамалары аясында да қарастырылады. Мақалада свейлдерді кеңінен насихаттауда және оларды тұрақты экожүйелерді басқару қағидаттарына енгізуде пермакультураның негізгі өкілдері П.А. Йоманс пен Б. Моллисонның рөлі көрсетіледі. Сонымен қатар, свейлдерді жоспарлау мен енгізуді оңтайландыруға мүмкіндік беретін және су ресурстарын басқару шараларының тиімділігін арттыратын географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЖ) технологияларын қолдануға ерекше назар аударылады.

Кілт сөздер: свейлдер; су эрозиясы; беткі ағын; су жинау алабы; ГАЖ технологиялары; пермакультуралық жобалау.

СБОР ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ СВЕЙЛОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: УЛУЧШЕНИЕ МЕЛИОРАЦИИ, КОНТРОЛЬ ЭРОЗИИ И СОХРАНЕНИЕ ВЛАГИ

Б.М. Айкешев*

Международный университет Астана, Астана, Казахстан

*e-mail: aikeshhev@gmail.com

Б.М. Айкешев – PhD, старший преподаватель Высшей школы естественных наук Международного университета Астана, Астана, Казахстан, e-mail: aikeshhev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4203-9419>

Аннотация. Статья посвящена исследованию и применению свейлов, простых гидротехнических сооружений, предназначенных для управления водными ресурсами и предотвращения эрозии почв. Рассматриваются исторические корни данной технологии, начиная с неолитической революции, когда небольшие насыпи использовались для удержания паводковых вод. В статье анализируется эволюция использования свейлов от древних лиманных оросительных систем до современного пермакультурного проектирования, а также описываются их преимущества в управлении водными ресурсами.

Свейлы представляют собой неглубокие каналы, проложенные по контурным линиям рельефа, и служат для удержания поверхностных вод и обеспечения их постепенной инфильтрации в почву. Они предотвращают водную эрозию, способствуют накоплению влаги, улучшают водопоглощение и повышают продуктивность агроэкосистем. Автор подчеркивает их особую значимость для Казахстана, где частые засухи и наводнения требуют эффективных противоэрозионных мер.

Современное применение свейлов также рассматривается в контексте концепций пермакультуры. В статье освещается роль ключевых представителей пермакультуры П.А. Йоманса и Б. Моллисона в популяризации свейлов и их интеграции в принципы устойчивого управления экосистемами. Особое внимание уделяется использованию технологий географических информационных систем (ГИС), которые позволяют оптимизировать планирование и внедрение свейлов, тем самым повышая эффективность водохозяйственных мероприятий.

Ключевые слова: свейлы; водная эрозия; поверхностный сток; водосборный бассейн; ГИС-технологии; пермакультурное проектирование.

Introduction. The water resources of the Republic of Kazakhstan are characterised by a high variability of seasonal runoff in internal catchment basins, which with high frequency leads to natural disasters such as droughts and floods (Alimkulov et.al., 2021: 59-71). The frequency of severe droughts in Central and Western Kazakhstan is once every 4–6 years, and in the regions of Eastern and Northern Kazakhstan once every 8–45 years (Kozhakhmetov, 2016: 7-19)

Between 2005 and 2015, more than 300 floods of various origins were recorded in Kazakhstan, of which 70% were associated with spring high water, 30% were caused by rainfall and 10% by other

factors. Floods occur in Kazakhstan every year, but their distribution and scale vary greatly from year to year, and catastrophic floods on Kazakh rivers occur approximately once every 50–100 years (Ramazanova, 2015: 103-105).

This article examines the importance of simple hydraulic structures, the so-called swales (embankment-ditch systems, swales), in minimising losses from droughts, floods and soil erosion and in increasing ecosystem productivity.

History of swale use. Archaeological research has shown that people have been using the swale technology since the Neolithic revolution. According to G.N. Lisitsina, the first stage in the history of the emergence and development of irrigated agriculture was characterised by the appearance of liman-type irrigated farming based on natural floods in the lower reaches of mountain streams or in the zones of dying-out deltaic channels of lowland rivers. Floodwaters were retained by small embankments bordering the fields. Already at that time, the first forms of land-reclamation works emerged, expressed in the cleaning of silted deltaic channels and the diversion of excess water to lower areas away from the fields. These measures not only made it possible to use flood flows rationally, but also to gradually expand irrigated areas; this first stage covered the period from the 5th millennium to the beginning of the 1st millennium BC (Lisitsina, 1965: 169).

Today, swales are a key element of modern landscape design and water-resources management. These engineering structures are intended to retain and distribute snowmelt and rainwater runoff, improve soil water infiltration and prevent erosion. Swales are shallow ditches located along contour lines of a site; their main task is to intercept and retain local runoff to ensure its gradual infiltration into the soil. In agriculture, swales are used to improve the soil water regime, increase yields and reduce erosion; they enable efficient distribution of snowmelt and rainwater, prevent the formation of erosion gullies and create favourable conditions for plant growth (Permaculture Fandom, 2024).

Structures and devices of independent use include infiltration ditches with embankments, water-regulating (drainage) embankments on slopes, embankments with a wide base (embankment-terraces), water-retaining embankments at gully heads, various flow-dispersing devices and headwater and bed structures (Petel'ko, 2016: 242-245).

Modern swales as a concept of water-resources management and erosion control began to develop in the mid-20th century. Important milestones in the history of swales include:

- 1950s: Australian farmer and inventor P.A. Yeomans introduced the “Keyline Design” concept, which uses contour ploughing and swales to reduce loss of topsoil through water erosion, improve the water regime and increase soil fertility (Yeomans, 1954).
- 1970s: Australian ecologist and designer B. Mollison together with D. Holmgren developed the principles of permaculture, which include the use of swales to create sustainable agroecosystems (Mollison, 1981).

Today, swales are promoted by various organisations, permaculture designers and ecologists worldwide. Key figures in permaculture design include: G. Lawton, a well-known permaculture designer and trainer actively promoting the use of swales in his projects worldwide; the Permaculture Research Institute, founded by B. Mollison and G. Lawton, which is engaged in education and promotion of permaculture, including swale application (Permaculture Research Institute, 2024); specialists in ecological design such as M. Shepard and D. Doherty, who actively use swales in their sustainable-landscape projects (Shepard, 2013: 330); and S. Holzer, a farmer and international consultant on ecological agriculture known as “Holzer permaculture” (Хольцер, 2012: 344).

Swales for soil-moisture conservation. Swales are used not only by innovators in permaculture design; in routine agricultural practice they also occupy a worthy place. Swales are used to increase water infiltration into the soil, thereby improving the water balance by replenishing groundwater reserves and reducing the need for additional irrigation;

A special case of swales is embankment-terraces with a wide base, which are laid they are widely used as elements of limans under liman irrigation (Gostishchev, 2011). Out on land-use slopes with a surface gradient of no more than 5°. Their parameters are: total height 0.3–0.6 m, base width 2.7–5.4 m, wet slope ratio 1:5 and dry slope ratio 1:4. Embankment-terraces are constructed parallel both to contour lines of the terrain and to each other, and under conditions of excessive moisture

and low filtration coefficient they are sometimes oriented at an angle to the contours. At the ends of terraces built along contours, buttresses turned upslope at 120° are arranged, as well as earth bunds every 200–300 m.

These simple hydraulic structures prevent soil wash, promote the conversion of surface runoff into subsurface flow and thus increase crop yields; soil tillage is then carried out along the direction of the embankments. The design of embankment-terraces and the spacing between them is performed using specific formulas, the main goal being to set embankment parameters that ensure complete retention of surface runoff within the terraced area, using a contour land-use plan with clearly defined boundaries and areas with uniform slope.

Embankment-terraces are constructed with ploughs, bulldozers and graders; embankments up to 0.5 m high are formed using standard ploughs by throwing soil from both sides, whereas higher embankments are built with bulldozers and graders. Construction involves the following technological operations: clearing slopes and filling small gullies and rills; setting out terrace lines on the slope; removing the topsoil and loosening the foundation for the embankment, pond, bunds and buttresses; layering and compacting the soil with allowance for potential settlement; arranging bypass channels at the ends of buttresses; and covering embankments, bunds and buttresses with a thin layer (5–10 cm) of topsoil followed by seeding.

To ensure proper functioning of embankment-terraces and prevent their erosion, it is necessary to carry out regular inspections and promptly repair any damage.

Water-retaining embankments with a wide crest are created to retain runoff from the catchment area and to stop gully growth; they are placed on land adjacent to the gully, above its head. A water-retaining embankment consists of an earth fill and an excavation from which the soil used for fill is taken. On loess and loess-like loams, embankments generally have the following dimensions: crest width 2.5 m, base width 7.8 m, total height 1.5 m, working height 1.0 m, wet slope ratio 1:2 and dry slope ratio 1:1.5.

When planning embankments, their axes are oriented parallel to contour lines and buttresses are installed at $100\text{--}120^\circ$ to the axis to more effectively retain surface runoff; the buttresses may be closed or open with spillways for draining excess water. To improve runoff retention, bunds 2.5 m wide are placed at right angles to the axis every 30–50 m. The crest of the embankment and the crest of the buttresses are made strictly horizontal to prevent breaches and structural failure.

The length of embankments at gully heads is determined considering the terrain, width of runoff and other site features, and usually does not exceed 400–500 m; the first embankment from the gully head is placed at a distance of no more than three gully depths.

The construction technology of water-retaining embankments includes a number of technological operations that ensure reliable bonding of the structure with the native soil and compliance with all hydrological and construction calculations. Initially, the area of the future structure is ploughed to a depth of 25–27 cm. Then the vegetation layer is removed from the foundation of the embankment and future pond by bulldozer and temporarily moved upslope. After preparing the foundation, the soil extraction area is loosened; the loosened soil is moved by bulldozer or scraper and used to form the embankment. For maximum compaction, soil is placed in 40–50 cm layers and each layer is compacted by tractor passes with a water-filled roller; levelling of the horizontal crest surface is done with a bulldozer and the quality of works is checked with a level. The previously removed topsoil is spread over the excavation in front of the embankment and over the embankment body during its stabilisation; sod is laid in water-bypass and water-conveyance channels, and perennial grasses are sown on the embankment, bunds and buttresses.

Compliance with the technology for creating water-retaining embankments and with periodic inspections ensures their long-term operation and effective anti-erosion performance; if damage or destruction occurs, repairs are performed, and when more than 30% of pond capacity is silted, urgent cleaning is required (Apazhev et al., 2024: 78-87).

The combination of swales and shelterbelts provides a synergistic effect. Water-regulating shelterbelts arranged across slopes, combined with simple hydraulic devices – embankments along the lower tree line with bunds, deep (0.6–2.0 m) slit drains, intermittent trenches and pits between

rows – increase water-infiltration effect by 2–3 times and anti-erosion effect by 3–5 times (Panov, 2021: 6-18).

Hydraulic anti-erosion measures on arable land (embankment-terraces, diversion embankments and furrows) are highly effective: they reduce runoff depth by 30–50 mm and soil loss by 8–12 times. Infiltration in runoff-regulating shelterbelts can further be increased by combining them with practices that reduce soil freezing and increase flooded area (infiltration surface) due to ponding of water coming from fields, such as mulching the soil in the inter-rows and combining shelterbelts with ditches and embankments; this increases water absorption in shelterbelts several-fold to 3000–5000 mm, and total water infiltration over the catchment can reach 40–50 mm (Barabanov, 2023: 36–46).

Methods for enhancing water infiltration in shelterbelts are conventionally divided into biological (mulching), hydraulic (embankments, ditches, slits with filter fill etc.), hydromeliorative (drainage–irrigation systems on afforested fields) and complex (biological, hydrological and hydromeliorative) measures. If average water infiltration in runoff-regulating shelterbelts is 400–600 mm, then with infiltration-enhancing measures it increases several-fold and can reach 1500–2000 mm and more on soils with low infiltration capacity (Barabanov, 2018: 23-30).

Long-term observations (1978–2018) have established the high anti-erosion efficiency of swales combined with shelterbelts. The runoff-regulating role and service life of swales depend on their position within the shelterbelt and on the presence of soil-protection agronomic practices in the catchment, including contour-strip cropping patterns, special techniques such as micro-limans, pits and intermittent furrows on fallow, slotting and mole-drainage in winter crops and perennial grasses. These measures ensure retention of snowmelt runoff 50–60 mm deep and regulate soil loss to controlled levels of 0.3–1.0 t/ha per year; exclusion of contour-strip cropping and special agronomic measures markedly reduces the anti-erosion effectiveness of the bioengineering complex (Poluektov, 2020) (Vol'nov, 2017: 42-48).

Swales as a tool for controlling soil erosion. Swales are successfully used to combat soil erosion. In the Republic of Kazakhstan, soil erosion, along with soil dehumification, is the most widespread type of land degradation and causes significant economic and environmental damage, threatening soil as both a key means of agricultural production and an independent biosphere component (Vol'nov, 2017: 42-48).

Water erosion is the most widespread and damaging type of soil degradation due to its broad geographical distribution and the depth and irreversibility of changes in soil cover; it is one of the most powerful modern relief-forming processes, transporting enormous masses of material on cultivated land, acting as a major source of environmental pollution and being among the primary causes of siltation of small rivers and degradation of agro-landscapes (Manaenkov, 2015: 65-68).

According to the Center for Environmental Monitoring (New York, USA), at current rates of erosion and deforestation by 2030 the area of fertile soil on the planet will decrease by 950 billion tonnes and forests by 460 million hectares; if in 2020 an average of 0.27 ha of fertile soil per capita was available, by 2030 this will shrink to 0.18 ha. Soil loss from 1 ha per year reaches 2–5 m³ on slopes of 1–2°, often 10–20 m³; on slopes of 4–6° it is 30–40 m³ and sometimes exceeds 80 m³ per year. Erosive runoff carries away 50–75% of snowmelt water from fields, which sharply reduces soil moisture and yields; yield losses on heavily eroded soils reach 60%, and on moderately eroded soils 30–40%. Simultaneously, deep rills and gullies form, draining adjacent arable land and worsening conditions for transport and agricultural machinery; eroded material carried through gullies and ravines clogs or completely buries valuable floodplain meadows and arable land and silts rivers, ponds and reservoirs; without anti-erosion measures, erosion develops at an accelerating pace (Suchkov, 2020: 56-61).

Runoff retention and redistribution prevent erosional processes and improve soil structure. Long-term studies are presented on the influence of an anti-erosion complex on chernozem soils consisting of a narrow two-row shelterbelt with a ditch in the inter-row and an embankment along the lower edge, plus an embankment-terrace, in reducing spring runoff and nutrient export to the hydrological network. Depending on the composition of the anti-erosion complex and the agronomic background, snow-cover height and total water storage in snow were always higher and in some years

reached up to 100% above the control, while runoff from treated catchments was always lower and decreased by 26–78%, reducing soil loss by 58–97%. In years without soil loss, nutrient export from catchments with the most saturated anti-erosion complex (shelterbelt with ditch and embankment plus embankment-terrace) was lower than in the control and decreased by up to 87%; in years with noticeable soil loss, nutrient export decreased by 69% in the shelterbelt-plus-swale variant and by 58% in the shelterbelt with swale plus embankment-terrace variant (Podlesnykh, 2019: 14-17).

Water-retaining embankments built at the heads of active gullies in the lower slope sections not only stopped further gully growth but practically retained all snowmelt runoff from the catchment in a pond in front of the embankment, transforming it into soil moisture; fine material eroded from the catchment accumulated near the pond (Karpovich, 2012: 114-118).

Use of swales to increase yields. Anti-erosion complexes on sloping land in the form of shelterbelts and embankment-terraces increase yields of winter wheat and barley by 0.38–0.73 t/ha, perennial grasses by 4.50 t/ha, field pea by 0.32–0.45 t/ha and buckwheat by 0.14–0.44 t/ha compared with areas without anti-erosion elements. The greatest yield effects are observed in years with insufficient precipitation during the growing season (Tarasov, 2021: 59-63).

Design parameters of the simplest hydraulic structure, the ditch-embankment, used in calculating the volume and mass of sediment are: ditch depth 0.6 m, ditch width at the top 1.5 m, at the bottom 0.5 m, slope ratio about 1:1, embankment height above the ditch crest 0.6 m, water-holding capacity of the ditch itself about 0.5 m³ per metre plus 1.5 m³ per metre for ponding in front of the embankment, with a total capacity of about 2 m³ per linear metre. A 100-m-long protective shelterbelt can retain a single surface runoff event of up to 200 m³ including sediment. Studies of complexes consisting of simple anti-erosion hydraulic structures – ditch-embankments in the inter-rows of protective shelterbelts – show that they can reduce soil erosion and accumulate sediment in the ditch and in front of the embankment in amounts of 0.84 t per metre at 2–3° slope and up to 1.74 t per metre at 5–6° slopes (Balakai, 2024: 80-99).

Application of GIS technologies for the design and optimisation of swales. The development of computer technologies and widespread access to global positioning and geographic information systems has led to a new concept known as “precision agriculture” or “site-specific agriculture”. Geoinformation technologies are a set of techniques, methods and tools for using hardware and software for the processing and transmission of information that enable the functional capabilities of GIS. These technologies integrate remote sensing of the Earth (RSE), database management systems (DBMS), GPS, methods of geoinformation analysis and interpretation, internet technologies, cartographic systems and digital-image processing; they are used to produce thematic farm maps (land use, slope and aspect, soil types and properties, agrochemical data, crop condition, yield etc.) (Fedorenko, 2019: 316).

It seems advisable to use GIS technologies to ensure rapid construction of swales because modern GIS not only significantly reduce design and construction time but also increase the scale of implementation. Using GIS, it is possible to quickly analyse topographic data, identify optimal sites for swales, predict their effectiveness and coordinate construction works, which opens up wide opportunities for mass adoption of swale technology, increasing the effectiveness of water-management measures and improving the condition of agricultural land in the shortest possible time.

At present, GIS are generally used only for graphical presentation of projects, which does not fully exploit their potential. Using GIS for shelterbelt design makes it possible to accurately calculate their location considering runoff and relief characteristics and substantially shorten design time.

As a calculation framework for designing shelterbelts and hydraulic structures in a GIS environment, a method developed for the Central Black Earth economic region was used, according to which runoff can be calculated by the formula:

$$W_v = h \cdot P \cdot K_e \cdot E \cdot R \cdot K_s \quad (1)$$

where W_v is spring runoff, mm; h is zonal mean multi-year snowmelt runoff from bare fallow

or compacted arable land, mm; P is a correction for soil type (subtype); K_e is a coefficient describing the effect of erosion degree (non-eroded and slightly eroded, 0.94; moderately eroded, 1.0; severely eroded, 1.1); E is a coefficient accounting for slope exposure (north, 1.25; south, 0.75; north-west and north-east, 1.12; south-west and south-east, 0.88; west and east, 1.0); R is an ordinate of the probability curve used to convert mean multi-year runoff from maps to runoff with 10% probability (i.e. a runoff amount that occurs on average once in 10 years or more); K_s is a coefficient of runoff reduction by soil-protection agronomic or hydromeliorative measures.

GIS capabilities make it possible, using this relationship, to convert runoff depth in millimetres into cumulative runoff volume in cubic metres and to calculate it for an entire catchment. Based on a raster grid of runoff volume built automatically in GIS using a digital elevation model, and a grid of flow-line lengths, shelterbelts can be designed; when the position of the shelterbelt is changed, GIS automatically recalculates runoff volume in the inter-belt space, allowing determination of the most effective spacing from the standpoint of runoff and soil loss. Depending on runoff volume, slope length and other parameters, one or several shelterbelts may be required (Podlesnykh, 2023: 37-41).

Impact on microclimate. The creation of soil-protective shelterbelts and agro-forestry–reclamation complexes in combination with swales plays a key role in forming a favourable microclimate in agricultural areas. Swales are rarely used alone; they normally serve as water-supply structures for shelterbelts, and their synergistic interaction greatly enhances moisture retention, reduces soil erosion and improves agro-physical and agro-chemical soil properties.

From the standpoint of reducing soil wash, the most effective anti-erosion territorial organisation is the agro-forestry–reclamation variant. At first glance it is the most expensive because it requires planting two narrow two-row shelterbelts with an embankment along the lower edge and a ditch in the inter-row along contour lines, perpendicular to runoff lines – an arrangement most effective in minimising erosion–hydrological processes. However, due to a 70% reduction in average multi-year soil loss, reduced energy-intensive tillage operations, more even snow distribution and conversion of surface runoff into soil moisture, yields of cereals increase (Solov'eva, 2019: 50-59).

According to SP 100.13330.2016, a reclamation system is a set of interconnected hydraulic and other structures and devices, including land plots within the rights-of-way of the reclamation system or hydraulic structure, that ensure favourable water, air and thermal regimes of soils and microclimate on reclaimed lands (Ivonin, 2022: 119-140).

Experience in agro-forestry reclamation has clearly shown that establishing a system of protective forest plantations combined with other environment- and soil-improving practices in open steppe has beneficial environmental effects, optimises agro-physical and agro-chemical soil properties, increases accumulation of crop residues compared to open steppe and enhances biocenotic potential. Research shows that shelterbelts significantly improve microclimate: 130 years of data indicate that in fields protected by shelterbelts, the seasonal groundwater level is optimised, wind speed decreases by 30–35% and snow accumulation increases by 25–30%, preventing deep soil freezing and rapid snowmelt (Turusov, 2024: 92-95).

The positive effect of soil-protective agro-forestry–landscape complexes on crop productivity can be explained by the formation of a favourable microclimate for plant growth and development in the inter-belt space, as well as by the input of crop residues into the soil as the main source of replenishing soil carbon stocks; the greatest differences among catchment variants were observed in buckwheat, where yield was 12.8% (2.21 centners/ha) higher than in the control (Podlesnykh, 2023: 37-41).

Regulators of self-organisation of the agro-forestry–reclamation supersystem in farming regions are the proportions of arable land, hayfields, pastures, forests and open water surface. Arable land destabilises the self-organisation of the reclamation supersystem, whereas hayfields, pastures and forests stabilise it; open water surfaces affect self-organisation through internal water cycling in agro-landscapes, increasing relative air humidity and altering other microclimate characteristics and groundwater dynamics (Ivonin, 2023: 62-75).

There is a need to develop systems for adaptive-landscape agro-forestry–reclamation planning of arable lands. Agro-forestry reclamation measures for protecting soil from wind and water erosion

and improving microclimate involve the creation of a system of forest plantations; such a system of protective forest plantations is defined as an interconnected set of shelterbelts and small forest blocks, rationally distributed across landholdings considering relief and soil conditions (Abduġaniev, 2023: 422-428).

Conclusion. The review shows that swales are not only historically significant but also a modern tool for water-resources management. Their effectiveness and versatility are confirmed by long-term practical experience and contemporary research. Due to their simplicity and economic affordability, swales play a key role in addressing land degradation, water erosion, droughts and floods, especially in regions with unstable water regimes such as Kazakhstan.(1)

Historically, swale use began in the Neolithic, when they served to retain floodwaters and increase crop yields. Today their role extends beyond agriculture to landscape design, ecosystem restoration and permaculture. Modern concepts such as P.A. Yeomans' Keyline Design and the approaches of B. Mollison and D. Holmgren in permaculture demonstrate the high versatility and effectiveness of swales, and their combination with shelterbelts generates a synergistic effect that greatly enhances their functions.

Geographic information systems open new horizons for the design and management of swales, making it possible to choose optimal sites, predict system efficiency and significantly reduce time and resource costs. This underlines the importance of further integrating GIS into water-resources management practices, especially under climate change and growing agricultural demands.

In the future, it seems appropriate to develop an innovative system for creating hydraulic structures aimed at optimising the use of atmospheric-precipitation moisture in agriculture and other sectors. The central idea is to employ artificial intelligence that uses GIS data to automate the design of swales, shelterbelts, dams and ponds; the system would also automate earthworks by equipping earth-moving machinery with guidance systems that ensure accurate construction of swales along specified contour lines and of dams and ponds according to their 3D models. The proposed system opens new opportunities for sustainable water-resources management and agricultural development in Kazakhstan and beyond.

The use of GIS technologies and AI increases the accuracy and effectiveness of water-saving projects, reduces costs and enables turnkey creation of highly productive agricultural areas. Further research will improve methods for designing and implementing swales and associated hydraulic structures, ensuring their wider and more effective application in diverse landscapes and climatic conditions.

References

- Mollison, B., Holmgren, D. (1981). *Permaculture One. A Perennial Agriculture for Human Settlements*. Published by Charles Corlet.
- Permaculture Fandom. (n.d.). Валоканавы. Permaculture Fandom Wiki. (2024).
- Permaculture Research Institute. (n.d.). Permaculture News. (2024).
- Shepard, M. (2013). *Restoration agriculture*. Austin, TX, ACRES, 330.
- Yeomans, P.A. (1954). *The Keyline Plan*. Soil and Health Library. (2024).
- Абдуġаниев, О.И., Косимов, Д.Б. (2023). Роль защитных лесных насаждений в экологической стабилизации агроландшафтов. *Science and innovation*, 2, 6, 422-428. DOI: 10.5281/zenodo.8002502.
- Алимкулов, С.К., Турсунова, А.А., Сапарова, А.А. (2021). Ресурсы речного стока Казахстана в условиях будущих климатических и антропогенных изменений. *Гидрометеорология и экология*, 1, 59-71.
- Апаѡев, А.К., Бакуев Ж.Х., Шекихачев, Ю.А., Хажметов Л.М. (2024). Технологическое и техническое обеспечение противоэрозийного обустройства территории в предгорных и горных садовых агроландшафтах. *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова*, 1(43), 78-87. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-78-87.
- Балакай, Г.Т., Полужков, Е.В. (2024). Аккумуляция наносов мелкозема гидротехническим сооружением канава-вал в условиях Ростовской области. *Мелиорация и гидротехника*, 14(3), 80-99. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-80-99.
- Барабанов, А.Т. (2018). Научные основы противоэрозийной мелиорации. *Известия НВ АУК: наука и высшее профессиональное образование*, 2(50), 23-30.
- Барабанов, А.Т. (2023). Обоснование роли и места стокорегулирующих мероприятий в борьбе с деградацией почв и опустыниванием земель. *Известия НВ АУК*, 1(69), 36-46. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-03.
- Вольнов, В.В., Бойко, А.В., Чичкарев, А.С. (2017). Опыт использования противоэрозийных гидротехнических сооружений в борьбе со стоком талых вод и смывом пахотных почв на склоновых землях Алтайского края. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 6(152), 42-48.

- Гостищев, В.Д. (2011). Развитие систем лиманного орошения и возможности их технического совершенствования. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса, Агропромышленная инженерия, 2(22), 1-6.
- Ивонин, В.М. (2022). Мелиоративные системы: основы общей теории. Мелиорация и гидротехника, 12(1), 119-140.
- Ивонин, В.М. (2023). Синергетика систем агролесомелиорации. Региональные геосистемы, 47(1), 62-75.
- Карпович, К.И. (2012). Противозерозионный комплекс на ландшафтной основе в техногенно нарушенных территориях. Ульяновский медико-биологический журнал, 1, 114-118.
- Кожаметов, П.Ж., Кожаметова, Э.П. (2016). Экстремальные метеорологические явления в Казахстане в условиях глобального потепления климата. Гидрометеорология и экология, 2, 7-19.
- Лисицина, Г.Н. (1965). Орошаемое земледелие энеолита на юге Туркмении. Наука. М.: 169.
- Манаенков, А.С., Корнеева, Е.А. (2015). Капиталоемкость противозерозионного обустройства пашни на склоновых землях европейской территории России (ЕТР). Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса, Агропромышленная инженерия, 3(39), 65-68.
- Маулен, ЖЕ. (2022). Анализ эрозии сельскохозяйственных угодий в республике Казахстан. The Scientific Heritage, 87-1, 16-20.
- Панов, В.И. (2021). Ландшафтный гидромелиоративно-гидротехнический кластер в ландшафтно-синергетическом агроэкологическом природопользовании степного засушливого пояса России. Научно-агрономический журнал, 1(112), 6-18. DOI: 10.34736/FNC.2021.112.1.001.6-18.
- Петелько, А.И., Новиков, Н.Е. (2016). Противозерозионные гидротехнические сооружения и устройства. Вестник АПК Ставрополя, Экология, 2(22), 242-245.
- Подлесных, И.В., Зарудная, Т.Я., Соловьева, Ю.А. (2019). Новый подход к методологии проектирования лесогидромелиоративного комплекса в условиях ЦЧР. Достижения науки и техники АПК, 33(11), 14-17. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11103.
- Подлесных, И.В., Зарудная, Т.Я. (2019). Оценка влияния противозерозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком. Агрохимический вестник, 4, 24-28. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10053.
- Подлесных, И.В., Тарасов, С.А., Рубаник, Ю.О. (2023). Динамика органического углерода почвы в пахотном слое и продуктивность культур почвозащитного агролесоландшафтного комплекса в ЦЧР. Земледелие, 5, 37-41. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-5-37-41.
- Полужков, Е.В., Рощина, Ж.В. (2020). Мониторинг биоинженерного сооружения по регулированию стока талых вод. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2(38). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-56-70.
- Рамазанова, Н.Е., Жусупова, С. (2015). К вопросу прогнозирования наводнений в бассейне реки. Приволжский научный вестник, 4-2(44), 103-105.
- Соловьева, Ю.А., Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. (2019). Усовершенствованная методика противозерозионной организации территории для сельскохозяйственных угодий Центрального Черноземья. Достижения науки и техники АПК, 33(9), 5-9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10901.
- Сучков, Д.К. (2020). Противозерозионные насаждения и мероприятия на смытых и размываемых почвах. Научно-агрономический журнал, 2(109), 56-61. DOI: 10.34736/FNC.2020.109.2.009.56-61.
- Тарасов, С.А., Зарудная, Т.Я., Подлесных, И.В. (2021). Оценка влияния противозерозионных комплексов на урожайность сельскохозяйственных культур, возделываемых на склонах. Международный сельскохозяйственный журнал, 4, 59-63. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-4-59-63.
- Терехов, А.Г., Абаев, Н.Н., Тиллякарим, Т.А., Серикбай, Н.Т. (2023). О взаимосвязи между количеством снега и объемом весеннего половодья в Северном Казахстане. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 20: 1, 323-328.
- Турусов, В.И., Коновалова, Е.Я. (2024). Реализация идей В.В. Докучаева в государственном плане преобразования природы. Плодородие, 3(138), 92-95. DOI: 10.24412/1994-8603-2024-3138-92-95.
- Федоренко, В.Ф., Мишуров, Н.П., Буклагин, Д.С., Гольяпин, В.Я., Голубев, И.Г. (2019). Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 316.
- Хольцер, З. (2012). Пустыня или рай. К.: Издательский дом «Зерно», 344.

References

- Abduġaniev, O. I., Kosimov, D. B. 2023. Rol' zashchitnykh lesnykh nasazhdenii v ekologicheskoi stabilizatsii agrolandshaftov (The role of protective forest plantations in the ecological stabilization of agro-landscapes). Science and innovation. 2(6): 422-428. doi:10.5281/zenodo.8002502. (Russ.)
- Alimkulov, S. K., Tursunova, A. A., Saparova, A. A. 2021. Resursy rechnogo stoka Kazakhstana v usloviyakh budushchikh klimaticheskikh i antropogennykh izmenenii (River runoff resources of Kazakhstan under future climatic and anthropogenic changes). Gidrometeorologiya i ekologiya. 1: 59-71. (Russ.)
- Apazhev, A. K., Bakuev, Zh. Kh., Shekikhachev, Yu. A., Khazhmetov, L. M. 2024. Tekhnologicheskoe i tekhnicheskoe obespechenie protivozerozionnogo obustroistva territorii v predgornyykh i gornyykh sadovykh agrolandshaftakh (Technological and technical support of anti-erosion arrangement of territory in foothill and mountain garden agrolandscapes). Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V. M. Kokova. 1(43): 78-87. doi:10.55196/2411-3492-2024-1-43-78-87. (Russ.)
- Balakai, G. T., Poluektov, E. V. 2024. Akkumulyatsiya nanosov melkosema gidrotekhnicheskimi sooruzheniyami kanava-val v usloviyakh Rostovskoi oblasti (Accumulation of fine soil sediments by the ditch-bank hydraulic structure under conditions of the Rostov region). Melioratsiya i gidrotekhnika. 14(3): 80-99. doi:10.31774/2712-9357-2024-14-3-80-99. (Russ.)
- Barabanov, A. T. 2018. Nauchnye osnovy protivozerozionnoi melioratsii (Scientific foundations of anti-erosion reclamation). Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2(50): 23-30. (Russ.)
- Barabanov, A. T. 2023. Obosnovanie roli i mesta stokoreguliruyushchikh meropriyatii v bor'be s degradatsiei pochv i opustynivaniem zemel' (Substantiation of the role and place of runoff-regulating measures in combating soil degradation and land desertification).

- Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 1(69): 36–46. doi:10.32786/2071-9485-2023-01-03. (Russ.)
- Fedorenko, V. F., Mishurov, N. P., Buklagin, D. S., Gol'tyapin, V. Ya., Golubev, I. G. 2019. Tsifrovoe sel'skoe khozyaistvo: sostoyanie i perspektivy razvitiya (Digital agriculture: state and development prospects). Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh". 316 p. (Russ.)
- Gostishchev, V. D. 2011. Razvitie sistem limannogo orosheniya i vozmozhnosti ikh tekhnicheskogo sovershenstvovaniya (Development of flood irrigation systems and possibilities of their technical improvement). Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa, Agropromyshlennaya inzheneriya. 2(22): 1–6. (Russ.)
- Holzer, S. 2012. Pustynya ili rai (Desert or paradise). Kiev: Izdatel'skii dom "Zerno". 344 p. (Russ.)
- Ivonin, V. M. 2022. Meliorativnye sistemy: osnovy obshchei teorii (Reclamation systems: foundations of general theory). Melioratsiya i gidrotekhnika. 12(1): 119–140. (Russ.)
- Ivonin, V. M. 2023. Sinergetika sistem agrolesomelioratsii (Synergetics of agroforestry reclamation systems). Regional'nye geosistemy. 47(1): 62–75. (Russ.)
- Karpovich, K. I. 2012. Protivoerozionnyi kompleks na landshaftnoi osnove v tekhnogenno narushennykh territoriyakh (Anti-erosion complex on a landscape basis in technogenically disturbed territories). Ul'yankovskii mediko-biologicheskii zhurnal. 1: 114–118. (Russ.)
- Kozhakhmetov, P. Zh., Kozhakhmetova, E. P. 2016. Ekstremal'nye meteorologicheskie yavleniya v Kazakhstane v usloviyakh global'nogo potepleniya klimata (Extreme meteorological events in Kazakhstan under global climate warming). Gidrometeorologiya i ekologiya. 2: 7–19. (Russ.)
- Lisitsina, G. N. 1965. Oroshaemoe zemledelie eneolita na yuge Turkmenii (Irrigated agriculture of the Eneolithic in southern Turkmenistan). Moscow: Nauka. 169 p. (Russ.)
- Maulen, Zh. E. 2022. Analiz erozii sel'skokhozyaistvennykh ugodii v respublike Kazakhstan (Analysis of erosion of agricultural lands in the Republic of Kazakhstan). The Scientific Heritage. 87–1: 16–20. (Russ.)
- Mananov, A. S., Korneeva, E. A. 2015. Kapitaloemkost' protivooerozionnogo obustroystva pashni na sklonovykh zemlyakh evropeiskoi territorii Rossii (ETR) (Capital intensity of anti-erosion arrangement of arable land on slope lands of the European territory of Russia). Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa, Agropromyshlennaya inzheneriya. 3(39): 65–68. (Russ.)
- Mollison, B., Holmgren, D. 1981. Permaculture One. A Perennial Agriculture for Human Settlements. Frenchs Forest: Charles Corlet. (Eng.)
- Panov, V. I. 2021. Landshaftnyi gidromeliorativno-gidrotekhnicheskii klaster v landshaftno-sinergeticheskom agroekologicheskom prirodopol'zovanii stepnogo zasushlivogo poyasa Rossii (Landscape hydro-reclamation and hydraulic cluster in landscape-synergetic agroecological nature management of the steppe arid belt of Russia). Nauchno-agronomicheskii zhurnal. 1(112): 6–18. doi:10.34736/FNC.2021.112.1.001.6-18. (Russ.)
- Petel'ko, A. I., Novikov, N. E. 2016. Protivoerozionnye gidrotekhnicheskii sooruzheniya i ustroystva (Anti-erosion hydraulic structures and devices). Vestnik APK Stavropol'ya, Ekologiya. 2(22): 242–245. (Russ.)
- Permaculture Fandom. n.d. Valokanavy (Swales). Permaculture Fandom Wiki. 2024. URL: Permaculture Fandom Wiki (access date not specified). (Russ.)
- Permaculture Research Institute. n.d. Permaculture News. 2024. URL: Permaculture Research Institute (access date not specified). (Eng.)
- Poluektov, E. V., Roshchina, Zh. V. 2020. Monitoring bioinzhenernogo sooruzheniya po regulirovaniyu stoka talykh vod (Monitoring of a bioengineering structure for regulating meltwater runoff). Nauchnyi zhurnal Rossiiskogo NII problem melioratsii. 2(38). doi:10.31774/2222-1816-2020-2-56-70. (Russ.)
- Podlesnykh, I. V., Tarasov, S. A., Rubanik, Yu. O. 2023. Dinamika organicheskogo ugleroda pochvy v pakhotnom sloe i produktivnost' kultur pochvozashchitnogo agrolesolandshtafnogo kompleksa v TsChR (Dynamics of soil organic carbon in the arable layer and crop productivity in a soil-protective agroforestry landscape complex in the Central Chernozem Region). Zemledelie. 5: 37–41. doi:10.24412/0044-3913-2023-5-37-41. (Russ.)
- Podlesnykh, I. V., Zarudnaya, T. Ya. 2019. Otsenka vliyaniya protivooerozionnykh kompleksov dlya sokrashcheniya vynosa iz agrolandshtafnov biogennykh veshchestv s vesennim stokom (Assessment of the influence of anti-erosion complexes on reducing the export of biogenic substances from agrolandscapes with spring runoff). Agrokhimicheskii vestnik. 4: 24–28. doi:10.24411/0235-2516-2019-10053. (Russ.)
- Podlesnykh, I. V., Zarudnaya, T. Ya., Solov'eva, Yu. A. 2019. Novyi podkhod k metodologii proektirovaniya lesogidromeliorativnogo kompleksa v usloviyakh TsChR (A new approach to the methodology for designing a forest hydro-reclamation complex under conditions of the Central Chernozem Region). Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 33(11): 14–17. doi:10.24411/0235-2451-2019-11103. (Russ.)
- Ramazanov, N. E., Zhusupova, S. 2015. K voprosu prognozirovaniya navodnenii v basseine reki (On the issue of flood forecasting in a river basin). Privolzhskii nauchnyi vestnik. 4-2(44): 103–105. (Russ.)
- Shepard, M. 2013. Restoration Agriculture. Austin, TX: ACRES. 330 p. (Eng.)
- Solov'eva, Yu. A., Podlesnykh, I. V., Zarudnaya, T. Ya. 2019. Usovershenstvovannaya metodika protivooerozionnoi organizatsii territorii dlya sel'skokhozyaistvennykh ugodii Tsentral'nogo Chernozem'ya (Improved methodology of anti-erosion land organization for agricultural lands of the Central Chernozem region). Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 33(9): 5–9. doi:10.24411/0235-2451-2019-10901. (Russ.)
- Suchkov, D. K. 2020. Protivoerozionnye nasazhdeniya i meropriyatiya na smytykh i razmytykh pochvakh (Anti-erosion plantations and measures on eroded and washed soils). Nauchno-agronomicheskii zhurnal. 2(109): 56–61. doi:10.34736/FNC.2020.109.2.009.56-61. (Russ.)
- Tarasov, S. A., Zarudnaya, T. Ya., Podlesnykh, I. V. 2021. Otsenka vliyaniya protivooerozionnykh kompleksov na urozhainost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur, vozdel'yaemykh na sklonakh (Assessment of the influence of anti-erosion complexes on crop yields cultivated on slopes). Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. 4: 59–63. doi:10.24412/2587-6740-2021-4-59-63. (Russ.)
- Terekhov, A. G., Abaev, N. N., Tillyakarim, T. A., Serikbai, N. T. 2023. O vzaimosvyazi mezhdu kolichestvom snega i ob'emom vesennego polovod'ya v Severnom Kazakhstane (On the relationship between snow amount and the volume of spring floods in Northern Kazakhstan). Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 20(1): 323–328. (Russ.)
- Turusov, V. I., Konovalova, E. Ya. 2024. Realizatsiya idei V. V. Dokuchaeva v gosudarstvennom plane preobrazovaniya

- prirody (Implementation of V. V. Dokuchaev's ideas in the state plan for nature transformation). Plodorodie. 3(138): 92–95. doi:10.24412/1994-8603-2024-3-138-92-95. (Russ.)
- Vol'nov, V. V., Boiko, A. V., Chichkarev, A. S. 2017. Opyt ispol'zovaniya protivooerozionnykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii v bor'be so stokom talykh vod i smyvom pakhotnykh pochv na sklonovykh zemlyakh Altaiskogo kraya (Experience in using anti-erosion hydraulic structures to control meltwater runoff and erosion of arable soils on slope lands of the Altai Territory). Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 6(152): 42–48. (Russ.)
- Yeomans, P. A. 1954. The Keyline Plan. Soil and Health Library. 2024 ed. (Eng.)
- Zhol note: Maulen, Zh. E. is already listed above as Maulen, Zh. E. (kept unified transliteration).

CURRENT STATE OF THE COMMUNITY STRUCTURE OF BENTHIC INVERTEBRATES IN THE BUKHTARMA RESERVOIR (IRTYSH RIVER BASIN)

¹G.T. Nadirbayeva , ¹G.K. Kuanyshbekova , ²O.I. Kirichenko , ¹S.E. Bazarov ,
³T.N. Samarkhanov* , ³A.B. Myrzagaliyeva 

¹Altai Branch of LLP "Research and Production Center for Fisheries", Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan

²Northern Branch of LLP "Research and Production Center for Fisheries", Astana, Republic of Kazakhstan

³Astana International University, Astana, Republic of Kazakhstan

*e-mail: talant.68@mail.ru

G.T. Nadirbayeva – Master of Biology, Research Associate at the Altai Branch of LLP "Research and Production Center for Fisheries", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: nadirbaeva@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9378-4961>

G.K. Kuanyshbekova – Master of Natural Sciences, Research Associate at the Altai Branch of LLP "Research and Production Center for Fisheries", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: kuanyshbekova@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0000-0001-7861-0608>

O.I. Kirichenko – Senior Research Associate at the Northern Branch of LLP "Research and Production Center for Fisheries", Astana, Kazakhstan, e-mail: kirichenko@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7119-9841>

S.E. Bazarov – Master of Natural Sciences, Research Associate at the Altai Branch of LLP "Research and Production Center for Fisheries", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: bazarov@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0009-0002-8241-5340>

T.N. Samarkhanov – PhD, Acting Associate Professor at Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: talant.68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4891-8278>

A.B. Myrzagaliyeva – Doctor of Biological Sciences, Professor at Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: an.myrzagaliyeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3604-4315>

Abstract. This article presents the results of studies conducted in the river basins of the Bukhtarma Reservoir within the Irtysh River Basin as part of the scientific and technical program of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan "Comprehensive studies of water bodies for the conservation and sustainable use of aquatic biological resources based on the assessment of their potential and modeling of stock dynamics" (BR23591095). The paper presents current data on the taxonomic composition of the macrozoobenthos of the Bukhtarma Reservoir (Irtysh River Basin) under present-day environmental conditions for the period from 2021 to 2025. The taxonomic composition and dominant groups of benthic invertebrates were determined, and the interannual variability of the macrozoobenthos was analyzed. According to the results of the conducted studies, the zoobenthos in the investigated water area was represented by 29 taxonomic units. The maximum number of taxa was recorded in 2023 (21 taxa), after which a decline was observed in 2024–2025, with partial recovery. Oligochaete worms (*Oligochaeta gen. sp.*) made a significant contribution in terms of frequency of occurrence. Chironomids were distinguished by their contribution to the formation of zoobenthic species richness, crustaceans dominated in abundance, while mollusks showed variable distribution and moderate diversity during the study period.

Keywords: macrozoobenthos, taxonomic composition, structure, dynamics, benthic invertebrates, Bukhtarma Reservoir, Irtysh River Basin.

БҰҚТЫРМА СУ ҚОЙМАСЫНДАҒЫ БЕНТОС ОМЫРТҚАСЫЗДАР ҚАУЫМДАСТЫҚТАРЫ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ (ЕРТІС БАССЕЙІНІ)

¹Г.Т. Надирбаева, ¹Г.К. Қуанышбекова, ²О.И. Кириченко, ¹С.Е. Базаров,
³Т.Н. Самарханов*, ³А.Б. Мырзагалиева

¹"Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС Алтай филиалы, Өскемен қ.,
Қазақстан Республикасы

²"Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС Солтүстік филиалы, Астана қ.,
Қазақстан Республикасы

³Астана халықаралық университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы
*e-mail: talant.68@mail.ru

Г.Т. Надирбаева – биология магистрі, "Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС Алтай филиалының ғылыми қызметкері, Өскемен қ., Қазақстан, e-mail: nadirbaeva@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9378-4961>

Г.К. Қуанышбекова – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, "Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС Алтай филиалының ғылыми қызметкері, Өскемен қ., Қазақстан, e-mail: kuanyshbekova@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0000-0001-7861-0608>

О.И. Кириченко – "Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС Солтүстік филиалының аға ғылыми қызметкері, Астана қ., Қазақстан, e-mail: kirichenko@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7119-9841>

С.Е. Базаров – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, "Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС Алтай филиалының ғылыми қызметкері, Өскемен қ., Қазақстан, e-mail: bazarov@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0009-0002-8241-5340>

Т.Н. Самарханов – PhD, Астана халықаралық университетінің қауымдастырылған профессоры м.а., Астана қ., Қазақстан, e-mail: talant.68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4891-8278>

А.Б. Мырзагалиева – биология ғылымдарының докторы, Астана халықаралық университетінің профессоры, Астана қ., Қазақстан, e-mail: an.myrzagaliyeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3604-4315>

Аңдатпа. Мақалада Қазақстан Республикасы ауыл шаруашылығы министрлігінің "Су биологиялық ресурстарын сақтау және тұрақты пайдалану мақсатында су айдындарының әлеуетін бағалау және қор динамикасын модельдеу негізінде кешенді зерттеулер жүргізу" ғылыми-техникалық бағдарламасы (BR23591095) аясында Ертіс өзені алабындағы Бұқтырма су қоймасының өзен алаптарында жүргізілген зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Жұмыста 2021–2025 жылдар аралығындағы қазіргі экологиялық жағдайлардағы Бұқтырма су қоймасы макрозообентосының таксономиялық құрамы туралы заманауи деректер келтірілген. Түптік омыртқасыздардың таксономиялық құрамы мен басым топтары анықталып, макрозообентостың жылдар арасындағы өзгергіштігі талданды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде зерттелген акваториядағы зообентос 29 таксономиялық бірлікпен ұсынылды. Таксондардың ең көп саны 2023 жылы тіркелді – 21 таксон, одан кейін 2024–2025 жылдары ішінара қалпына келумен қатар төмендеу байқалды. Кездесу жиілігі бойынша азқылтанды құрттар (*Oligochaeta gen. sp.*) елеулі үлес қосты. Хиرونимидтер зообентостың түрлік байлығын қалыптастырудағы үлесімен ерекшеленді, шаянтәрізділер саны бойынша басым болды, ал моллюскалар зерттеу кезеңінде өзгермелі таралуымен және орташа әртүрлілігімен сипатталды.

Түйін сөздер: макрозообентос, таксономиялық құрам, құрылым, динамика, түптік омыртқасыздар, Бұқтырма су қоймасы, Ертіс өзені алабы.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩА БУХТАРМИНА (ЕРТИССКИЙ БАССЕЙН)

¹Г.Т. Надирбаева, ¹Г.К. Куанышбекова, ²О.И. Кириченко, ¹С.Е. Базаров,
³Т.Н. Самарханов*, ³А.Б. Мырзагалиева

¹Алтайский филиал ТОО "Научно-производственный центр рыбного хозяйства", г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

²Северный филиал ТОО "Научно-производственный центр рыбного хозяйства", г. Астана, Республика Казахстан

³Международный университет Астана, г. Астана, Республика Казахстан
*e-mail: talant.68@mail.ru

Г.Т. Надирбаева – магистр биологии, научный сотрудник Алтайского филиала ТОО "Научно-производственный центр рыбного хозяйства", г. Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: nadirbaeva@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9378-4961>

Г.К. Куанышбекова – магистр естественных наук, научный сотрудник Алтайского филиала ТОО "Научно-производственный центр рыбного хозяйства", г. Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: kuanyshebekova@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0000-0001-7861-0608>

О.И. Кириченко – старший научный сотрудник Северного филиала ТОО "Научно-производственный центр рыбного хозяйства", г. Астана, Казахстан, e-mail: kirichenko@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7119-9841>

С.Е. Базаров – магистр естественных наук, научный сотрудник Алтайского филиала ТОО "Научно-производственный центр рыбного хозяйства", г. Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: bazarov@fishrpc.kz, <https://orcid.org/0009-0002-8241-5340>

Т.Н. Самарханов – PhD, и.о. ассоциированного профессора Международного университета Астана, г. Астана, Казахстан, e-mail: talant.68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4891-8278>

А.Б. Мырзагалиева – доктор биологических наук, профессор Международного университета Астана, г. Астана, Казахстан, e-mail: an.myrzagaliyeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3604-4315>

Аннотация. В статье представлены результаты исследований, проведённых в бассейнах рек Бухтарминского водохранилища в пределах бассейна реки Иртыш, в рамках научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан "Комплексные исследования водоёмов в целях сохранения и устойчивого использования водных биологических ресурсов на основе оценки их потенциала и моделирования динамики запасов" (BR23591095). В работе приведены современные данные о таксономическом составе макрозообентоса Бухтарминского водохранилища (бассейн реки Иртыш) в современных экологических условиях за период 2021–2025 гг. Определены таксономический состав и доминирующие группы донных беспозвоночных, а также проанализирована межгодовая изменчивость макрозообентоса. По результатам проведённых исследований зообентос исследованной акватории был представлен 29 таксономическими единицами. Максимальное число таксонов было зарегистрировано в 2023 г. – 21 таксон, после чего в 2024–2025 гг. наблюдалось снижение с частичным восстановлением. Существенный вклад по частоте встречаемости внесли малощетинковые черви (*Oligochaeta gen. sp.*). Хируномиды отличались вкладом в формирование видового богатства зообентоса, ракообразные доминировали по численности, тогда как моллюски характеризовались изменчивым распределением и умеренным разнообразием в течение исследуемого периода.

Ключевые слова: макрозообентос, таксономический состав, структура, динамика, донные беспозвоночные, Бухтарминское водохранилище, бассейн реки Иртыш.

Introduction. The study of the structure of benthic invertebrate communities is an important area of hydrobiological research, since macrozoobenthos plays a key role in the functioning of aquatic

ecosystems. Benthic organisms participate in the processes of organic matter transformation, serve as an important link in trophic chains, and act as indicators of the ecological state of water bodies. Analysis of the composition, abundance, and distribution of benthic communities makes it possible to assess the level of anthropogenic impact, the degree of eutrophication, and the overall condition of the aquatic environment.

Studies of benthic invertebrates acquire particular significance under reservoir conditions, where specific conditions for the existence of hydrobionts are formed under the influence of the hydrological regime, seasonal dynamics, and human activities. Changes in the structure of macrozoobenthos reflect ecosystem transformation processes and can be used to assess the biological potential of a water body.

The present study was carried out within the framework of the scientific and technical program “Comprehensive studies of water bodies for the conservation and sustainable use of aquatic biological resources based on the assessment of their potential and modeling of stock dynamics” (BR23591095). The aim of the study is to investigate the structure of benthic invertebrate communities in the reservoir, identify the features of their spatial distribution, and assess the current state of benthic communities as one of the components of aquatic biological resources.

The Bukhtarma Reservoir, located in the Irtysh River Basin (East Kazakhstan), is a significant fishery water body of the region and serves as a model system for studying the structure and dynamics of benthic communities.

The Bukhtarma Reservoir was formed as a result of the impoundment of the Irtysh River (1960) in a narrow section of the mountain valley, 12 km downstream from the confluence with the Bukhtarma River. Its initial parameters at full storage were: surface area – 1,660 km², volume – 26.099 km³, length along the straightened fairway – 240 km, and maximum depth – 70 m. The reservoir extends in a latitudinal direction between 83° and 84° E longitude and 40°50'–49°40' N latitude. It crosses three climatic zones: forest-steppe, steppe, and desert-steppe. The climate of these zones is sharply continental. According to morphometric and hydrological characteristics, the reservoir is divided into three distinct parts: lake-river, mountain-valley, and mountain. The mountainous deep-water part includes the section of the reservoir from the dam to the Naryn expansion. It is bounded on the northern side by the spurs of the Altai Mountains and on the southern side by the Kalba Mountains. Accordingly, the bottom relief and the degree of shoreline indentation are complex. The drainage network is well developed and includes about 40 small mountain springs and streams (11–40 km). An exception is the Bukhtarma River (398 km), which provides about 40% of the annual runoff at the cross-section of the Bukhtarma Hydroelectric Power Station dam. The bays are predominantly deep-water and relatively small in area. In general, the littoral zone in this part of the reservoir is poorly developed; the zone with depths up to the 4-m isobath accounts for 14%, while depths from 4 to 10 m account for 13.5%. The middle, mountain-valley part crosses the mountain-steppe and partly the desert-steppe zones. Its length, including the Naryn expansion, up to the conventional boundary at the Kaznakov ferry crossing, is about 105 km; its width ranges from 2 to 9 km, and the maximum depth is 37 m. The flooded valley, compared with the mountainous part, is not characterized by a complex relief, and the shoreline is only slightly indented. The right bank, bounded by the Naryn range, is relatively steep, rocky, and composed of pebble-sandy deposits. The left bank, adjoining the spurs of the Kalba Mountains and the Kyzyl-Kum sands, is more gently sloping and sandy. Depths along the longitudinal profile vary from 37 to 15 m. The zone with depths up to 10 m accounts for 31% of the total area. The vegetation surrounding the reservoir is predominantly xerophytic, and the shores are open. The lake-river part belongs to the desert-steppe zone, includes the section of the reservoir from Cape Korzhun to the Kaznakov ferry crossing. In the lake-river zone, the shores are gently sloping and, in the lower Irtysh area, partially adjoin the hilly sands of the Kyzyl-Kum and the spurs of the Naryn range. In the northwestern part of the Zaysan Depression, the shallow Torangy Bay is formed, with an area of up to 20 thousand hectares. The full-flowing mountain river Kurchum flows into this zone and, together with the Bukon River entering from the left bank, forms the Kurchum–Bukon floodplain waters, covering an area of about 30 thousand hectares.

The Altai Branch of LLP “RPCF” pays particular attention to the study of macrozoobenthos

in the Bukhtarma Reservoir, since benthic organisms are one of the main components in the diet of most fish species inhabiting the reservoir. The results of these studies have been published in numerous works. In 2009, the monograph “Successions of biocenoses of the Bukhtarma Reservoir” was published, which, among other things, summarized the results of benthos studies conducted during the period 1961–2008 [Devyatkov, 2009:95].

It is a deep-water reservoir with a maximum depth of 70 m, which, according to its morphometric and hydrological characteristics, is divided into three parts: lake-river, mountain-valley, and mountain. The reservoir was formed in 1960 as a result of the impoundment of the Irtysh River.

Materials and Methods of Research. The material for this publication was based on data obtained from comprehensive hydrobiological studies conducted in the Bukhtarma Reservoir during the period from 2021 to 2025. Hydrobiological samples were collected annually at seven permanent stations: Altaika, Vasilyevskaya Ferry Crossing, Bolshenarym Bay, Kara-Dzhurga, the mouth of the Kurchum River, Oiran, and the mouth of the Bukon River, located in the northern, central, and southern parts of the reservoir. The stations were selected taking into account the need to cover the main ecological zones of the reservoir, including areas affected by river runoff, bay water areas, and open sections of the water body. Sampling was carried out in two biotopes: the nearshore zone (littoral) and the offshore deep-water zone (profundal), which made it possible to characterize the spatial distribution of hydrobiological indicators in different parts of the reservoir.

The studies were conducted in accordance with generally accepted methods [Sharapova, 2018: 42]. Zoobenthos samples were collected using a Petersen grab sampler with a sampling area of 0.025 m²; organisms were washed from stones into the water, concentrated through gas sieves No. 38GG–52GG (500–375 µm), and fixed in 4% formalin.

Nectobenthos samples were collected using an ichthyoplankton cone net 2 m in length with an inlet opening area of 0.3 m².

The collected material was processed under laboratory conditions to determine species composition, total community abundance, total biomass, dominant taxa composition, as well as the abundance and biomass of the main groups and species of zoobenthos and nectobenthos. A total of 60 quantitative zoobenthos samples and 45 nectobenthos samples were collected and processed during the period from 2021 to 2025. Organisms were identified using currently accepted identification keys [Zhadin, 1952:376; Chernovskij, 1949: 186; Pankratova, 1983: 296; Pankratova, 1977:154; Calolihin et al., 1995: 628; Kutikova & Starobogatov, 1977: 512; Calolihin, 2000:993; Calolihin, 2001: 824].

Results and Discussion. Results and Discussion. According to the results of hydrobiological studies, 29 taxa belonging to the groups Mollusca, Vermes, Hirudinea, Mysidacea, Amphipoda, Ephemeroptera, Odonata, and Diptera were recorded in the macrozoobenthos of the Bukhtarma Reservoir during 2021–2025. The greatest taxonomic diversity was observed in Diptera, represented predominantly by the family Chironomidae. Among the mollusks, 8 taxa were recorded (Table 1).

Table 1. Taxonomic composition of the macrozoobenthos of the Bukhtarma Reservoir in 2021–2025

Taxon	Frequency of occurrence, %				
	2021 August	2022 August	2023 August	2024 June	2025 May
Mollusca					
<i>Cincinna depressa</i> C. Pfeiffer	-	+	-	-	25
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus)	-	33	8	8	8
<i>Lithoglyphus naticoides</i> C. Pfeiffer	33	57	17	8	25
<i>Lymnaea ovata</i> (Draparnaud)	-	-	8	-	-
<i>Anisus</i> sp.	-	-	8	-	-
<i>Sphaerium</i> sp.	-	-	8	-	-

Taxon	Frequency of occurrence, %				
	2021 August	2022 August	2023 August	2024 June	2025 May
Pisidium sp.	-	-	33	-	-
Euglesa sp.	-	-	8	-	-
Total number of taxa: 8	1	3	7	2	3
Oligochaeta					
Oligochaeta gen. sp.	92	57	8	100	75
Total number of taxa: 1	1	1	1	1	1
Hirudinea					
Piscicola geometra (Linnaeus)	-	8	8	8	17
Total number of species: 1	-	1	1	1	1
Mysidacea					
Paramysis lacustris (Czerniavsky)	-	75	92	17	17
P. intermedia (Czerniavsky)	-	67	100	17	17
Total number of species: 2	-	2	2	2	2
Gammaroidea					
Gmelinoides fasciatus (Stebbing)	17	25	33	-	33
Micruropus possolskii Sowinsky	-	25	42	-	8
Total number of species: 2	1	2	2	-	2
Ephemeroptera					
Ephemera orientalis McLachlan	-	-	-	-	8
Total number of species: 1	-	-	-	-	1
Odonata					
Orthetrum cancellatum Linnaeus	-	-	8	-	-
Total number of species: 1	-	-	1	-	-
Diptera sp.					
Diptera sp.	-	8	-	-	-
Total number of taxa: 1	-	1	-	-	-
Ceratopogonidae					
Ceratopogonidae sp.	-	-	8	-	-
Total number of taxa: 1	-	-	1	-	-
Chironomidae					
Endochironomus albipennis (Meigen)	8	25	-	-	17
Glyptotendipes gripekoveni Kieffer	17	8	17	-	8
Cryptochironomus gr. defectus	8	-	67	-	17
Procladius sp.	8	-	-	17	8
Micropsectra sp.	-	-	17	-	-
Tanitarsini sp.	17	-	-	-	-
Chironomus ex gr. plumosus	58	25	-	42	42
Chironomus sp.	8	-	8	8	-
Parachironomus sp.	-	-	-	-	8

Taxon	Frequency of occurrence, %				
	2021 August	2022 August	2023 August	2024 June	2025 May
Orthocladinae sp.	-	25	33	-	8
Chironomini sp.	-	-	8	8	25
Total taxa: 11	7	4	6	4	8
Total: 29	10	14	21	10	18

Note - The symbol "+" indicates species identified in qualitative samples.

During the study period, the number of recorded taxa varied from 10 to 21. The maximum taxonomic richness was recorded in 2023 (21 taxa), while the minimum was observed in 2021 and 2024 (10 taxa each). In 2025, an increase in the number of identified taxa to 18 was observed, which may indicate the recovery of the structural diversity of the benthic community.

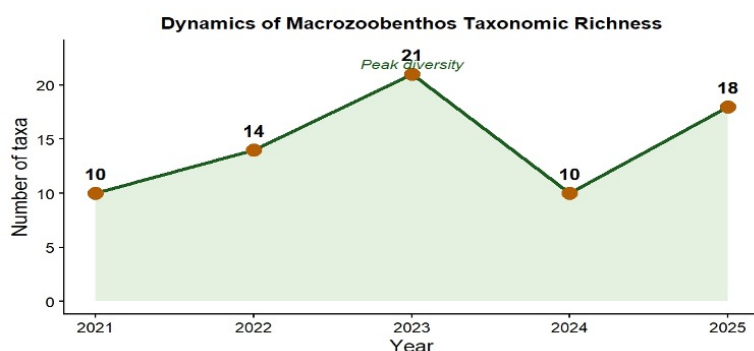


Figure 1. Dynamics of macrozoobenthos taxonomic richness in the Bukhtarma Reservoir during 2021-2025

The basis of the macrozoobenthos during different years of the study was formed by Oligochaeta and Chironomidae, which were characterized by a high frequency of occurrence.

The most stable components of the reservoir benthic communities throughout the entire study period were oligochaete worms (Oligochaeta gen. sp.). Their frequency of occurrence in the samples reached 100% in 2024.

The greatest species diversity was observed among Chironomidae larvae, which included 11 taxa. Chironomidae were characterized by high species diversity and variable frequency of occurrence during 2021–2025. The most stable and dominant taxon after oligochaetes was Chironomus ex. gr. plumosus (25-58%). A pronounced increase in the frequency of occurrence of *Cryptochironomus* gr. defectus o 67% was recorded in 2023. Individual taxa, *Micropsectra* sp. and *Parachironomus* sp., occurred relatively rarely.

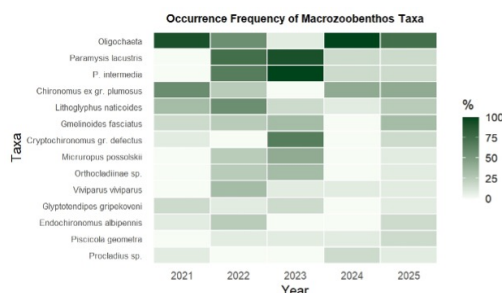


Figure 2. Interannual variation in macrozoobenthos occurrence frequency in the Bukhtarma Reservoir during 2021-2025

Analysis of the frequency of occurrence showed the stable presence of oligochaetes and a number of chironomids, whereas mysids and individual mollusks were characterized by pronounced interannual variability.

Only in 2022–2023 did representatives of Mysidacea, *P. lacustris* and *P. intermedia*, occupy a dominant position (75–100%); however, their occurrence was episodic in nature. These species were not recorded in 2021, whereas in 2024–2025 their frequency of occurrence in the samples sharply decreased to 17%.

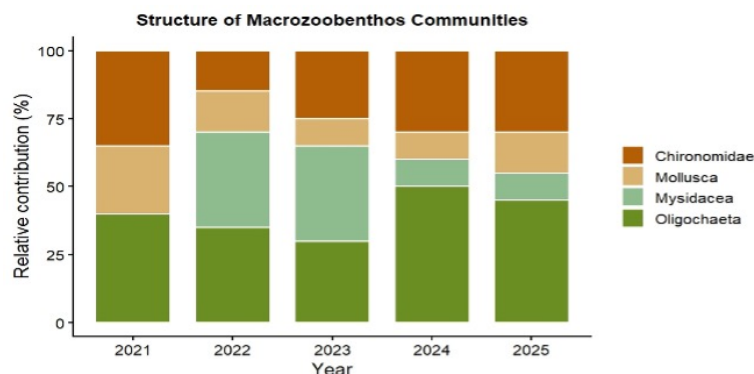


Figure 3. Relative contribution of major macrozoobenthos groups in the Bukhtarma Reservoir during 2021–2025

In addition, two species of Mysidacea, two species of Gammaroidea, and one representative of Oligochaeta were identified. Representatives of Hirudinea, larvae of Ephemeroptera and Odonata, as well as Ceratopogonidae, were encountered less regularly and were recorded as single occurrences.

The biodiversity of taxa varied from year to year, which is typical of reservoirs with an unstable hydrological regime. The number of taxa recorded in the samples ranged from 10 in 2021 and 2024 to 21 in 2023 (Table 1).

The greatest taxonomic diversity of macrozoobenthos was recorded in 2023 (21 taxa), while the minimum was observed in 2021 and 2024 (10 taxa each). In 2025, a repeated increase in the number of recorded taxa to 18 was observed.

Similar to Mysidacea, representatives of Hirudinea and Gammaroidea demonstrated sporadic distribution. The representative of Hirudinea – *P. geometra* was encountered relatively rarely, from 2022 to 2024, its frequency of occurrence remained stable at 8%, while in 2025 an increase to 17% was recorded. The episodic occurrence of a number of taxa may indicate interannual variability in ecological conditions.

Representatives of Gammaroidea – *G. fasciatus* and *M. possolskii* were recorded during 2021–2025, with the exception of 2024. The maximum frequency of occurrence was recorded in 2023 (*M. possolskii* 42%), whereas in 2025 *G. fasciatus* maintained stable values (33%), while the frequency of occurrence of *M. possolskii* decreased to 8% (Table 1).

A substantial proportion of the structure of benthic communities was also formed by mollusks, represented by 8 taxa.

Mollusks, during the study period under consideration, demonstrated variable distribution and moderate diversity. In this respect, the year 2023 was indicative, when seven taxa were recorded due to the appearance of several additional forms. In subsequent years, a reduction in taxonomic diversity was observed. A stable species was *L. naticoides*, the frequency of occurrence of which in the samples varied from 33 to 57%, being recorded almost every year. The remaining mollusk representatives, *Sphaerium* sp., *Pisidium* sp., *Euglesa* sp., *L. ovata*, and *Anisus* sp., were characterized by low frequency of occurrence, which may indicate the instability of their populations. In general, the structure and abundance of the mollusk community in the Bukhtarma reservoir are characterized by relative variability.

Monitoring the state of mollusks within the community is particularly important, considering that some species, including representatives of the genus *Bithynia*, serve as intermediate hosts

of the trematode *Opisthorchis felinus*, the causative agent of opisthorchiasis [Sidorov, 2011:63]. Their absence in recent years indicates unfavorable conditions for mass reproduction. From an epizootiological point of view, this is a positive factor, as it reduces the likelihood of the formation of natural foci of opisthorchiasis in this fishery reservoir.

Previously, these mollusks were recorded sporadically. During the first half of the 1990s, representatives of this genus were not recorded in the reservoir, however, in 2005, after a long absence, *Bithynia leachii* was detected in the mountain-valley part of the Bukhtarma Reservoir [Biological basis..., 1995:103; Altajskoe otdelenie..., 2002:171].

Conclusion. The dynamics of the macrozoobenthos of the Bukhtarma Reservoir during 2021–2025 demonstrate changes in taxonomic diversity and in the proportion of dominant taxa. The maximum number of taxa was recorded in 2023 (21 taxa), after which a decline was observed in 2024–2025, with partial recovery. Throughout the entire study period, oligochaetes were consistently present, with the frequency of occurrence of Oligochaeta gen. sp. ranging from 92 to 100%. Chironomidae were represented quite broadly and accounted for up to 39% of all recorded taxa.

Hirudinea, Mysidacea и Gammaroidea were characterized by irregular occurrence and were absent in certain years of observation. Representatives of *Ceratopogonidae*, *Odonata*, *Ephemeroptera* were recorded as single occurrences and were registered only once during the entire study period (2021–2025). The highest frequency of occurrence of these groups did not exceed 8%, indicating their rare occurrence in the macrozoobenthic community of the Bukhtarma Reservoir.

Similarly, the representatives demonstrated sporadic distribution.

Mollusks demonstrated high intraspecific and interannual variability in taxonomic composition. *L. naticoides* proved to be a relatively stable species, whereas the remaining taxa were low in abundance and sporadic.

Analysis of the obtained data confirms the dynamic nature of macrozoobenthic communities and emphasizes their ecological significance. Representatives of benthic hydrobionts serve not only as a food resource for benthophagous fish, but also as indicators of the presence of intermediate hosts of fish diseases, particularly certain mollusk species.

Литература

- Девятков В. И. Макрозообентос // Сукцессии биоценозов Бухтарминского водохранилища. – Омск, 2009. – С. 95–119.
- Шарапова Л. И., Фаломеева А. П. Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоемов Казахстана: планктон, зообентос. – Алматы, 2018. – 42 с.
- Жадин В. И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. – М.; Л., 1952. – 376 с.
- Черновский А. А. Определитель личинок комаров семейства Tendipedidae. – М.; Л., 1949. – 186 с.
- Панкратова В. Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР. – Л., 1983. – 296 с.
- Панкратова В. Я. Личинки и куколки комаров подсемейств Podonominae и Tanypodinae фауны СССР: (Diptera, Chironomidae Tendipedidae). – Л., 1977. – 154 с.
- Цалолыхин, С. Я., Глухова, В. М., Жильцова, Л. А., Козлов, М. А., Нарчук, Э. П., Туманов, Д. В., & Янковский, А. В. Таксономическое изучение хелицерных и низших насекомых пресных вод России и сопредельных территорий. – Российский фонд фундаментальных исследований, 1996. – Т. 2. – 628 с.
- Кутикова Л. А., Старобогатов Я. И. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 512 с.
- Цалолыхин С. Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные. – СПб.: Наука, 2000. – Т. 4. – 993 с.
- Цалолыхин С. Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные. – СПб.: Наука, 2001. – Т. 5. – 824 с.
- Биологические основы функционирования водных экосистем основных рыбохозяйственных водоемов Казахстана и рекомендации по рациональному использованию их биологических ресурсов. Раздел: Верхне-Иртышский бассейн: отчет о НИР. – Усть-Каменогорск, 1995. – Т. 1. – 103 с.
- Алтайское отделение КазНИИ рыбного хозяйства. Экологический мониторинг, разработка путей сохранения биоразнообразия и устойчивого использования ресурсов рыбопромысловых водоемов трансграничных бассейнов. Раздел: Верхне-Иртышский бассейн: отчет о НИР. – Усть-Каменогорск, 2002. – 171 с.
- Сидоров Е. Г. Очаги описторхоза в Казахстане и профилактика заболевания: монография. – Алматы: Жания-Полиграф, 2011. – 63 с.

References

Devyatkov V.I. Makrozoobentos [Makrozoobentos]. In Sukcessii biocенозов Buhtarminskogo vodohranilishcha [Successions of

- biocenoses of the Bukhtarma reservoir]. – Omsk, 2009. – pp. 95-119. [Russian]
- Sharapova L.I., Falomeeva A.P. Metodicheskoe posobie pri gidrobiologicheskikh rybohozyajstvennykh issledovaniyakh vodoemov Kazahstana (plankton, zoobentos) [Methodological guide for hydrobiological fisheries studies of water bodies of Kazakhstan (plankton, zoobenthos)]. – Almaty, 2018. - 42 p. [Russian]
- Zhadin V.I. Mollyuski presnyh i solonovatyh vod SSSR [Mollusks of fresh and brackish waters of the USSR]. - M.- L., 1952. - 376 p. [Russian]
- Chernovskij A.A. Opredelitel' lichinok komarov semejstva Tendipedidae. [Determinant of mosquito larvae of the Tendipedidae family]. - M.-L., 1949. - 186 p. [Russian]
- Pankratova V.Ya. Lichinki i kukolki komarov podsemejstva Chironominae fauny SSSR. [Larvae and pupae of mosquitoes of the subfamily Chironominae of the fauna of the USSR]. - L. 1983, - 296 p. [Russian]
- Pankratova V.Ya. Lichinki i kukolki komarov podsemejstva Podonominiae i Tanypodinae fauny SSSR. [Larvae and pupae of mosquitoes of the subfamily Podonominiae and Tanypodinae of the fauna of the USSR]. - L., 1977. - 154 p. [Russian]
- Calolihin S.Ya. Glukhova, V. M., Zhiltsova, L. A., Kozlov, M. A., Narchuk, E. P., Tumanov, D. V., & Yankovsky, A. V. (1996). Taxonomic study of chelicerates and lower insects of freshwater bodies of Russia and adjacent territories. Russian Foundation for Basic Research. Vol. 2. 628 p. [Russian]
- Kutikova & Starobogatov. Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Evropejskoj chasti SSSR (1977). [Identification of freshwater invertebrates of the European part of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. - 512 p. [Russian]
- Calolihin S.Ya. Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii i sopredel'nyh territorij. Rakooobraznye. (2000). [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Crustaceans.]. - St. Petersburg: Nauka, 2000. - Vol. 4. - 993 p. [Russian]
- Calolihin S.Ya. Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii i sopredel'nyh territorij. Rakooobraznye. (2001). [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Crustaceans] - St. Petersburg: Nauka, 2001. - Vol. 5 - 824 p. [Russian]
- Biological basis for the functioning of aquatic ecosystems of the main fishery reservoirs of Kazakhstan and recommendations for the rational use of their biological resources. Section: Upper Irtysh basin: research report. - Ust'-Kamenogorsk, 1995. – Vol. 1 - 103 p. [Russian]
- Altajskoe otdelenie KazNII rybnogo hozyajstva. Ekologicheskij monitoring, razrabotka putej sokhraneniya bioraznoobraziya i ustoychivogo ispol'zovaniya resursov rybopromyslovykh vodoemov transgranichnykh basseinov. Razdel: Verkhne-Irtyshskiy bassein: otchet o NIR. Ekologicheskij monitoring, razrabotka putej sokhraneniya bioraznoobraziya i ustoychivogo ispol'zovaniya resursov rybopromyslovykh vodoemov transgranichnykh basseinov. Razdel: Verkhne-Irtyshskiy bassein: otchet o NIR. - Ust'-Kamenogorsk, 2002. [Russian]
- Sidorov E.G. Ochagi opistorkhoza v Kazakhstane i profilaktika zabolevaniya: Monografiya.[Opisthorchiasis Outbreaks in Kazakhstan and Disease Prevention: Monograph. - Almaty: ZHaniya-Poligraf, 2011. - 63 p. [Russian]

DENDROCHRONOLOGICAL STUDIES OF CONIFEROUS TREE SPECIES IN THE FOREST-STEPPE ZONE ON THE TERRITORY OF THE STATE NATIONAL NATURAL PARK "KOKSHETAU": COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF FIVE BRANCHES

¹Sh.B. Abilova*, ¹A.B. Karabalaeva

¹Astana International University, Astana, Kazakhstan

*e-mail: sholpana_jan@mail.ru

Sh.B. Abilova – Higher School of Natural Sciences, Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: sholpana_jan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8372-1812>

A.B. Karabalaeva – Higher School of Natural Sciences, Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: karabalayevaa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6539-2541>

Abstract. This article presents the results of dendrochronological studies conducted in five branches of the State National Natural Park "Kokshetau" (Zerenda, Arybalyk, Shalkar, Aiyrtau, and Ormanly Bulak). The research was based on the analysis of tree-ring samples from Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.). The study established the main statistical characteristics of local chronologies, including the period of chronologies (1813–2025), the mean radial increment, standard deviation, mean sensitivity (MS), interseries correlation (RBAR), synchronicity (GLK), and the expressed population signal (EPS). The results revealed that the Zerenda site demonstrated the highest indicators of radial growth (1.42 conventional units) and the highest sensitivity (MS=0.38) and interseries correlation (RBAR=0.68), indicating a more pronounced response to climatic factors. All studied chronologies are characterized by high reliability (EPS>0.85), confirming their suitability for climatic reconstructions. The obtained data form the basis for further studies of the influence of climatic factors on the radial growth of coniferous species in the forest-steppe zone of Northern Kazakhstan.

Keywords: dendrochronology, tree rings, Scots pine, Siberian larch, forest-steppe zone, Kokshetau National Park, radial growth, climate.

"КӨКШЕТАУ" МЕМЛЕКЕТТІК ҰЛТТЫҚ ТАБИҒИ ПАРКІ АУМАҒЫНДАҒЫ ОРМАНДЫ-ДАЛА АЙМАҒЫНДА ҚЫЛҚАНЖАПЫРАҚТЫ АҒАШ ТҮРЛЕРІНЕ ЖҮРГІЗІЛГЕН ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР: БЕС ФИЛИАЛДЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ СИПАТТАМАСЫ

¹Ш.Б. Абилова*, ¹А.Б. Карабалаева

¹Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

*e-mail: sholpana_jan@mail.ru

Ш.Б. Абилова – Астана халықаралық университетінің Жаратылыстану жоғары мектебі, Астана, Қазақстан, e-mail: sholpana_jan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8372-1812>

А.Б. Карабалаева – Астана халықаралық университетінің Жаратылыстану жоғары мектебі, Астана, Қазақстан, e-mail: karabalayevaa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6539-2541>

Аңдатпа. Бұл мақалада "Көкшетау" мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің бес филиалында – Зеренді, Арықбалық, Шалқар, Айыртау және Орманды бұлақ аумақтарында жүргізілген дендрохронологиялық зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Зерттеу кәдімгі қарағай (*Pinus sylvestris* L.) және сібір балқарағайы (*Larix sibirica* Ledeb.) ағаштарының жылдық сақина үлгілерін талдауға негізделді. Зерттеу барысында жергілікті хронологиялардың негізгі статистикалық сипаттамалары анықталды, оның ішінде хронология кезеңі (1813–2025 жж.), орташа радиалдық өсім, стандартты ауытқу, орташа сезімталдық (MS), серияаралық

корреляция (RBAR), синхронность (GLK) және популяциялық сигналдың айқындылығы (EPS) көрсеткіштері қарастырылды. Нәтижелер Зеренді учаскесінде радиалдық өсімнің ең жоғары көрсеткіштері (1,42 шартты бірлік), сондай-ақ сезімталдықтың ($MS=0,38$) және серияаралық корреляцияның ($RBAR=0,68$) ең жоғары мәндері байқалғанын көрсетті, бұл аталған учаскедегі ағаштардың климаттық факторларға айқынырақ жауап беретінін дәлелдейді. Зерттелген барлық хронологиялар жоғары сенімділікпен сипатталады ($EPS>0,85$), бұл олардың климаттық реконструкциялар жүргізуге жарамдылығын растайды. Алынған деректер Солтүстік Қазақстанның орманды-дала аймағындағы қылқанжапырақты ағаш түрлерінің радиалдық өсіміне климаттық факторлардың әсерін одан әрі зерттеуге негіз болады.

Түйін сөздер: дендрохронология, жылдық сақиналар, кәдімгі қарағай, сібір балқарағайы, орманды-дала аймағы, Көкшетау ұлттық паркі, радиалдық өсім, климат.

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХВОЙНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ НА ТЕРРИТОРИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА "КОКШЕТАУ": СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЯТИ ФИЛИАЛОВ

¹Ш.Б. Абилова*, ¹А.Б. Карабалаева

¹Международный университет Астана, Астана, Казахстан

*e-mail: sholpana_jan@mail.ru

Ш.Б. Абилова – Высшая школа естественных наук, Международный университет Астана, Кабанбай батыра 8, Астана, Казахстан, e-mail: sholpana_jan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8372-1812>

А.Б. Карабалаева – Высшая школа естественных наук, Международный университет Астана, Кабанбай батыра 8, Астана, Казахстан, e-mail: karabalayevaa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6539-2541>

Аннотация. В статье представлены результаты дендрохронологических исследований, проведённых в пяти филиалах Государственного национального природного парка "Кокшетау" – Зерендинском, Арыкбалыкском, Шалкарском, Айыртауском и Ормандыбулакском. Исследование основано на анализе образцов годовичных колец сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). В ходе работы были установлены основные статистические характеристики локальных хронологий, включая период хронологий (1813–2025 гг.), средний радиальный прирост, стандартное отклонение, среднюю чувствительность (MS), межсерийную корреляцию ($RBAR$), синхронность (GLK) и выраженный популяционный сигнал (EPS). Результаты показали, что участок Зеренда характеризуется наиболее высокими показателями радиального прироста (1,42 условные единицы), а также наибольшей чувствительностью ($MS=0,38$) и межсерийной корреляцией ($RBAR=0,68$), что свидетельствует о более выраженной реакции древесных растений на климатические факторы. Все изученные хронологии отличаются высокой надёжностью ($EPS>0,85$), что подтверждает их пригодность для проведения климатических реконструкций. Полученные данные служат основой для дальнейшего изучения влияния климатических факторов на радиальный прирост хвойных древесных видов в лесостепной зоне Северного Казахстана.

Ключевые слова: дендрохронология, годовичные кольца, сосна обыкновенная, лиственница сибирская, лесостепная зона, Национальный парк "Кокшетау", радиальный прирост, климат.

Introduction. One of the most valuable approaches to studying forest ecosystem responses to changing climate is dendrochronology [Cook & Kairiukstis, 1990; Cook & Cole, 1991]. Tree rings provide distinct data about the growth conditions of individual trees, permitting climate reconstruction over several hundred years [D'Arrigo & Jacoby, 1993; Fyllas et al., 2017]. This kind

of dendrochronological research is especially important in the period of modern climate change and can help forecast the dynamics of forest ecosystems, and form their management strategy [Upadhyay & Tripathi, 2019; Rudel et al., 2020].

The forest-steppe zone of Northern Kazakhstan is a region, where the climate is extremely sensitive to variations in climatic conditions, where forest ecosystems are exposed to significant anthropogenic stress, and where there is a threat of negative consequences associated with increasing aridization [Sehring, 2012; Andersson & Ardfors, 2021; Farooq et al., 2023]. State National Natural Park «Kokshetau» is a unique natural site in the territory of the forest-steppe zone, combining the variety of forest ecosystem types, such as island pine forest and mixed forest on the lowlands in the forest-steppe zone. It has been shown that conifer growth is limited by moisture and temperature extremes on a regional scale [Mapitov et al., 2023; Dulamsuren et al., 2019].

At the same time, dendrochronological research in the territory of specially protected natural areas, including Kokshetau National Park, is very incomplete. The objective of this work was to carry out dendrochronological comparison of five branches of Kokshetau National Park and to establish main statistical properties of local chronologies for subsequent climate reconstruction.

Materials and Methods.

Study Area. We collected samples within the «State National Natural Park «Kokshetau» (five localities corresponding to the main park areas: Zerenda, Arybalyk (Iman Tau), Shalkar, Aiyrtau, Ormanly Bulak). They differed in their geographical coordinates from 52.89298° to 53.38340° N and from 67.99541° to 69.13061° E (Table 1).

Table 1. Location of Dendrochronological Sampling Sites on the Territory of the State National Natural Park "Kokshetau"

No.	Site	Forest Type	Tree Species	Number of Tree Samples	Site Coordinates Latitude (°N)	Site Coordinates Longitude (°E)
1	Branch - Zerenda	Island (koloch) pine forest of the forest-steppe zone, with elements of mixed forests in lowlands	Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.), Siberian larch (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.)	60	52.90070	69.13061
2	Branch - Arybalyk (Iman Tau)	Island (koloch) pine forest of the forest-steppe zone	Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	60	52.98354	68.35448
3	Branch - Shalkar	Island (koloch) pine forest of the forest-steppe zone	Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	60	53.11968	68.41885
4	Branch - Aiyrtau	Island (koloch) pine forest of the forest-steppe zone	Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	60	53.38340	67.99541
5	Branch - Ormanly Bulak	Island (koloch) pine forest of the forest-steppe zone	Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	70	52.89298	68.79846

Sampling and Laboratory Analysis. Tree-ring core samples were obtained following standard dendrochronological technique [Cook & Kairiukstis, 1990]. Cores were collected with increment borer (Pressler borer) in the height 1,3 m, and 2-3 core samples were taken from one tree. 310 cores total were taken from the trees: 60 in Zerenda, 60 in Arybalyk, 60 in Shalkar, 60 in Aiyrtau, and 70 in Ormanly Bulak.

For further measurement tree-ring cores were processed in laboratory (drying, sticking on wooden holders, grinding and polishing the surface to better view the rings). Then tree-ring width was measured with an accuracy 0.01 mm with LINTAB 6 (Rinntech, Germany) in combination with TSAP-Win program [Rinn, 1996].

Data Processing and Statistical Analysis. The tree-ring series obtained were cross-dated by the help of the TSAP-Win [Rinn, 1996] and Dendrochronology Program Library (DPL) [Holmes, 1992]. The local (site) chronologies were built for each site by the ARSTAN program [Cook & Krusic, 2005]. In general this process included the following stages:

1. Detrending of series with a negative exponential or regression with negative slope to exclude the age-related trends.
2. Standardization and construction of the mean series (local chronologies).
3. Calculation of the main statistical parameters.

Calculated statistics of each local chronology:

Mean radial increment (conventional unit)

Standard deviation

- Mean Sensitivity (MS) - index reflecting interannual variation of the growth rate
- Interseries correlation (RBAR) - average correlation of the series
- Synchronicity (GLK, %) - the coefficient of agreement [Rinn, 1996]
- Expressed Population Signal (EPS) - a signal of the chronology quality [Wigley et al., 1984].

Results and Discussion.

Period and Length of Chronologies. Data analysis revealed that all five local chronologies span from the first quarter of the 19th century to the present year (2025). The most extended chronology was established for Zerenda site (1813-2025, 213-year period), followed by Shalkar (1815-2025, 211-year period), Ormanly Bulak (1818-2025, 208-year period), Arybalyk (1820-2025, 206-year period), and Aiyrtau (1822-2025, 204-year period) (Table 2).

Table 2. Main Statistical Characteristics of Local Chronologies

Parameter	ZERO1	SHA01	AR01	AIRT01	OB_01
Chronology Period	1813–2025	1820–2025	1815–2025	1822–2025	1818–2025
Series Length (years)	213	206	211	204	208
Number of Trees	70	60	60	60	70
Mean Radial Increment (conv. units)	1.42	1.31	1.18	1.26	1.35
Standard Deviation	0.38	0.35	0.27	0.32	0.30
Mean Sensitivity (MS)	0.68	0.64	0.59	0.62	0.66
Interseries Correlation (RBAR)	0.94	0.91	0.88	0.90	0.92
Synchronicity (GLK), %	74.3	71.8	67.5	69.2	72.1
EPS	0.94	0.91	0.88	0.90	0.92

Interseries Correlation and Chronology Reliability. A high interseries correlation (RBAR), the average correlation between all pairs of individual series within the chronology, has been established for all sites (from 0.88 (Arybalyk) to 0.94 (Zerenda)), being well over the recommended limits of 0.3-0.4 for reliable chronologies [Cook & Kairiukstis, 1990]. This indicates a common variability of trees in each site.

The values of the expressed population signal (EPS), the measure of sample size and reliability of the resulting chronology [Wigley et al., 1984], for all sites surpass the accepted value of 0.85, with the highest EPS (0.94) being characteristic of the Zerenda site, followed by Ormanly Bulak (0.92), Shalkar (0.91), Aiyrtau (0.90) and Arybalyk (0.88), respectively. High EPS values demonstrate that the number of sampled trees (from 60 to 70 per site) is sufficient for a correct capture of the common climatic signal and allows the obtained chronologies to be further used for climatic reconstruction.

Comparative Analysis of Sites. Comparison of dendrochronological parameters for five studied sites shows a significant difference between them. The highest values of all statistical characteristics are observed at Zerenda (the longest duration, highest mean radial increment, highest sensitivity, highest interseries correlation, highest EPS), which implies that this site has the highest dendrochronological potential in the region and can be used as the key one for climatic reconstruction in this territory. In the second place are the Ormanly Bulak site and its indicators, the reason of which could be its more favorable location. In the middle place there are the Shalkar and Aiyrtau sites. Arybalyk is last among the rest (with the lowest values of most parameters).

Possible reasons for the revealed differences between sites may be the following:

1. edaphic (soil moisture and soil fertility) conditions, which can be better in Zerenda (presence of mixed forest in lowlands);
2. microclimatic (temperature, precipitation) due to differences in geographical location, elevation, aspect;

3. anthropogenic (differences in recreational load and tending);
4. differences in tree stand structure, density and composition (larch at Zerenda may mean a special ecological place in the forest stand).

High dendrochronological potential of all studied sites is confirmed by high values of EPS and interseries correlation, which gives reason to use these chronologies for reconstruction of Northern Kazakhstan climate for the last 200 years.

Conclusion. To do this, dendrochronological studies were performed on the territory of five branches of the State National Natural Park «Kokshetau».

Conclusions obtained:

- For the first time, long-term local chronologies of trees rings for Scots pine and Siberian larch were built up for this area. They lasted 204 to 213 years (1813-2025).
- Statistical characteristics of the chronologies indicate that all five series are very reliable ($EPS > 0.85$), allowing to be used for the reconstruction of the climatic parameters.
- The highest dendrochronological potential in the area is characterized by Zerenda branch. It showed the longest chronology period, the maximum values of mean radial growth of 1.42 conv.units, mean sensitivity (0.68) and interseries correlation (0.94).
- The differences in statistical characteristics between the sites indicate heterogeneity of the growing conditions on the territory of the Kokshetau national park. The obtained data can be further used for studying the influence of different ecological factors on the radial growth of coniferous species.
- The results obtained in this work form the basis for building dendroclimatic models for the forest-steppe zone of northern Kazakhstan. They can be applied to identify the effects of climate changes on forests of specially protected natural areas.

In the future, we plan to build a regional master chronology, analyze the climate-growth relations, and carry out the temperature and precipitation reconstructions over the last two centuries.

Acknowledgments. The authors also thank the administration and research team of State National Natural Park "Kokshetau" for their help in organizing and organizing the fieldwork. The article was created within the framework of the grant of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan on project Zhas Galym for 2025 – 2027. The authors express their gratitude for the support and the opportunity to carry out this scientific work on the project IRN: AP25796027 "Dendrochronological studies of coniferous tree species in the forest-steppe zone on the territory of State Natural Natural Park "Kokshetau".

References

- Andersson, L.; Ardfors, E. Evaluating Options for Implementing the Kazakhstan Forest Restoration Targets. Master's Thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2021.
- Cook, E.R.; Cole, J. On predicting the response of forests in eastern North America to future climatic change. *Clim. Chang.* 1991, 19, 271–282.
- Cook, E.R.; Kairiukstis, L.A. *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*; Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands, 1990.
- Cook, E.R.; Krusic, P.J. A Tree-Ring Standardization Program Based on Detrending and Autoregressive Time Series Modeling, with Interactive Graphics (ARSTAN). Available online: <http://www.ldeo.columbia.edu/res/fac/trl/public/publicSoftware.html> (accessed on 15 June 2025).
- D'Arrigo, R.D.; Jacoby, G.C. Tree growth-climate relationships at the northern boreal forests tree line of North America: Evaluation of potential response to increasing carbon dioxide. *Glob. Biochem. Cycles* 1993, 7, 525–535.
- DeMicco, V.; Carrer, M.; Rathgeber, C.B.; Camarero, J.J.; Voltas, J.; Cherubini, P.; Battipaglia, G. From xylogenesis to tree rings: Wood traits to investigate tree response to environmental changes. *IAWA J.* 2019, 40, 155–182.
- Dulamsuren, C.; Abilova, S. B.; Bektayeva, M.; Eldarov, M.; Schuldt, B.; Leuschner, C., & Hauck, M. (2019). Hydraulic architecture and vulnerability to drought-induced embolism in southern boreal tree species of Inner Asia. *Tree Physiology*, 39(3), 463–473. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpy116>
- Farooq, I.; Shah, A.R.; Sahana, M.; Ehsan, M.A. Assessment of drought conditions over different climate zones of Kazakhstan using standardised precipitation evapotranspiration index. *Earth Syst. Environ.* 2023, 7, 283–296.
- Fyllas, N.M.; Christopoulou, A.; Galanidis, A.; Michelaki, C.Z.; Dimitrakopoulos, P.G.; Fulé, P.Z.; Arianoutsou, M. Tree growth climate relationships in a forest-plot network on Mediterranean mountains. *Sci. Total Environ.* 2017, 598, 393–403.
- Holmes, R.L. The dendrochronology program library. In *International Tree-Ring Data Bank Program Library User's Manual*; Grissino Mayer, H.D., Ed.; Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona: Tucson, AZ, USA, 1992; pp. 40–74.

- Mapitov, N. B., Belokopytova, L. V., Zhirnova, D. F., Abilova, S. B., Ualiyeva, R. M., Bitkeyeva, A. A., Babushkina, E. A., & Vaganov, E. A. (2023). Factors Limiting Radial Growth of Conifers on Their Semiarid Borders across Kazakhstan. *Biology*, 12(4), 604. <https://doi.org/10.3390/biology12040604>
- Rinn, F. TSAP V3.5: Computer Program for Tree-Ring Analysis and Presentation; Frank Rinn Distribution: Heidelberg, Germany, 1996.
- Rudel, T.K.; Meyfroidt, P.; Chazdon, R.; Bongers, F.; Sloan, S.; Grau, H.R.; Van Holt, T.; Schneider, L. Whither the forest transition? Climate change, policy responses, and redistributed forests in the twenty-first century. *Ambio* 2020, 49, 74–84.
- Satova K.M., Zhumadina Sh.M., Abilova Sh.B., Akshabakova J.E., (2019). Bioaccumulation of heavy metals in woody leaves of the Beskaragai forest area of the East Kazakhstan region. *Experimental Biology*, 80(3). <https://doi.org/10.26577/eb-2019-3-b3>
- Sehring, J. Forests in the Context of Climate Change in Kazakhstan; Justus Liebig University Giessen, Center for international Development and Environmental Research (ZEU): Giessen, Germany, 2012.
- Upadhyay, K.K.; Tripathi, S.K. Sustainable forest management under climate change: A dendrochronological approach. *Environ. Ecol.* 2019, 37, 998–1006.
- Wigley, T.M.L.; Briffa, K.R.; Jones, P.D. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *J. Clim. Appl. Meteorol.* 1984, 23, 201–213.

QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF PHOSPHATE BUFFER EXTRACTS FROM WOODY AND SHRUB PLANTS OF THE MOUNTAIN RANGES OF EASTERN AND SOUTHEASTERN KAZAKHSTAN

¹A.B. Myrzagaliyeva , ¹Y. Zhiger* , ¹S.B. Abeuova , ¹M.Zh. Sharipova ,
²L.P. Khlebova , ¹A.E. Orazov 

¹Astana International University, Astana, Kazakhstan

²Altai State University, Barnaul, Russia

*e-mail: ertaizhiger@gmail.com

A.B. Myrzagaliyeva – D.Sc., Professor of the Higher School of Natural Sciences, Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: an.myrzagaliyeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3604-4315>

Y. Zhiger – PhD Student, Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: ertaizhiger@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-0273-8561>

S.B. Abeuova – PhD, Acting Associate Professor, Higher School of Natural Sciences, Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: abeuova.salta@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7074-3123>

M.Zh. Sharipova – PhD, Associate Professor, Deputy Dean of the Higher School of Natural Sciences, Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: moldir_zhumagul@aiu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9467-1483>

L.P. Khlebova – PhD, Altai State University, Barnaul, Russia, e-mail: hlebova61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9497-433X>

A.E. Orazov – PhD, Associate Professor, Head of the NatureLab Research Laboratory, Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: orazov_aidyn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1390-9507>

Abstract. The article investigates the qualitative characteristics of phosphate-buffered extracts obtained from the leaves and fruits of woody and shrub species growing across various mountain ranges in Eastern and Southeastern Kazakhstan. Samples of *Rosa acicularis*, *Rosa albertii*, *Rosa tarbagataica*, *Prunus armeniaca*, and *Prunus bucharica* were used as research materials. Extraction was performed using a 50 mM phosphate buffer at pH 7.0. The obtained extracts were evaluated for colour, turbidity, sediment formation, and stability. The results revealed distinct qualitative differences among plant species and the examined plant organs. Leaf extracts were generally characterised by dark green or brownish-green colouration and higher turbidity. In contrast, fruit extracts exhibited a yellowish or light-brown colour and were more transparent. Samples belonging to the genus *Rosa* showed higher turbidity and more pronounced sediment formation, whereas fruit extracts of the genus *Prunus* were characterised by greater stability and lower turbidity. The findings indicate that the phosphate-buffered system is a suitable medium for obtaining plant extracts and allows a comparative assessment of the qualitative characteristics of extracts from different plant species. The results may serve as baseline data for planning subsequent biochemical analyses and studies.

Keywords: 50 mM phosphate buffer, plant tissues, qualitative characteristics of extracts, turbidity, precipitate formation, water-soluble proteins, *Rosa*, *Prunus*.

КАЧЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСТРАКТОВ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ ГОРНЫХ ХРЕБТОВ ВОСТОЧНОГО И ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА В ФОСФАТНО-БУФЕРНОЙ СИСТЕМЕ

¹А.Б. Мырзагалиева, ¹Е. Жігер*, ¹С.Б. Абеуова, ¹М.Ж. Шарипова,
²Л.П. Хлебова, ¹А.Е. Оразов

¹Международный университет Астана, Астана, Казахстан

²Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

*e-mail: ertaizhiger@gmail.com

А.Б. Мырзагалиева – д.б.н., профессор, профессор Высшей школы естественных наук Международного университета Астана, Астана, Казахстан, e-mail: an.myrzagaliyeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3604-4315>

Е. Жігер – докторант Международного университета Астана, Астана, Казахстан, e-mail: ertaizhiger@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-0273-8561>

С.Б. Абеуова – PhD, и.о. ассоциированного профессора Высшей школы естественных наук Международного университета Астана, Астана, Казахстан, e-mail: abeuova.salta@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7074-3123>

М.Ж. Шарипова – PhD, ассоциированный профессор, заместитель декана Высшей школы естественных наук Международного университета Астана, Астана, Казахстан, e-mail: moldir_zhumagul@aiu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9467-1483>

Л.П. Хлебова – к.б.н., Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, e-mail: hlebova61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9497-433X>

А.Е. Оразов – PhD, ассоциированный профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией "NatureLab" Международного университета Астана, Астана, Казахстан, e-mail: orazov_aidyn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1390-9507>

Аннотация. В статье исследованы качественные особенности фосфатно-буферных экстрактов, полученных из листьев и плодов древесно-кустарниковых растений, произрастающих в различных горных хребтах Восточного и Юго-Восточного Казахстана. В качестве объектов исследования использованы образцы видов *Rosa acicularis*, *Rosa albertii*, *Rosa tarbagataica*, *Prunus armeniaca* и *Prunus bucharica*. Экстракцию проводили с использованием 50 мМ фосфатно-буферного раствора с pH 7,0. Оценивались цвет, степень мутности, образование осадка и стабильность полученных экстрактов. Результаты исследования показали наличие выраженных качественных различий между видами растений и исследуемыми органами. Экстракты, полученные из листьев, в основном характеризовались тёмно-зелёной или буровато-зелёной окраской и более высокой степенью мутности. Экстракты плодов имели желтоватую или светло-коричневую окраску и отличались сравнительно большей прозрачностью. Для образцов рода *Rosa* были характерны более высокая мутность и интенсивное образование осадка, тогда как плодовые экстракты рода *Prunus* отличались относительной стабильностью и меньшей степенью мутности. Полученные результаты свидетельствуют о том, что фосфатно-буферная система является подходящей средой для получения растительных экстрактов и позволяет проводить сравнительную оценку качественных особенностей экстрактов различных видов растений. Результаты исследования могут быть использованы в качестве исходных данных при планировании последующих биохимических исследований.

Ключевые слова: 50 мМ фосфатный буфер, растительные ткани, качественные характеристики экстрактов, мутность, образование осадка, водорастворимые белки, *Rosa*, *Prunus*.

ШЫҒЫС ЖӘНЕ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ТАУ ЖОТАЛАРЫНЫҢ АҒАШ-БҰТА ӨСІМДІКТЕРІ ЭКСТРАКТТАРЫНЫҢ ФОСФАТТЫ-БУФЕРЛІК ЖҮЙЕДЕГІ САПАЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

¹А.Б. Мырзагалиева, ¹Е. Жігер*, ¹С.Б. Абеуова, ¹М.Ж. Шарипова,
²Л.П. Хлебова, ¹А.Е. Оразов

¹Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

²Алтай мемлекеттік университеті, Барнаул, Ресей

*e-mail: ertaizhiger@gmail.com

А.Б. Мырзагалиева – б.ғ.д., профессор, Астана халықаралық университетінің Жаратылыстану ғылымдарының жоғары мектебінің профессоры, Астана, Қазақстан, e-mail: an.myrzagaliyeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3604-4315>

Е. Жігер – докторант, Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: ertaizhiger@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-0273-8561>

С.Б. Абеуова – PhD, Астана халықаралық университетінің Жаратылыстану ғылымдарының жоғары мектебінің қауымдастырылған профессорының м.а., Астана, Қазақстан, e-mail: abeuova.salta@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7074-3123>

М.Ж. Шарипова – PhD, қауымдастырылған профессор, Астана халықаралық университетінің Жаратылыстану ғылымдарының жоғары мектебі деканының орынбасары, Астана, Қазақстан, e-mail: moldir_zhumagul@aiu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9467-1483>

Л.П. Хлебова – б.ғ.к., Алтай мемлекеттік университеті, Барнаул, Ресей, e-mail: hlebova61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9497-433X>

А.Е. Оразов – PhD, қауымдастырылған профессор, Астана халықаралық университетінің "NatureLab" ғылыми-зерттеу зертханасының меңгерушісі, Астана, Қазақстан, e-mail: orazov_aidyn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1390-9507>

Аңдатпа. Мақалада Шығыс және Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның әртүрлі тау жоталарында таралған ағаш-бұта өсімдіктерінің жапырақтары мен жемістерінен алынған фосфатты-буферлік экстракттардың сапалық ерекшеліктері зерттелді. Зерттеу нысандары ретінде *Rosa acicularis*, *Rosa albertii*, *Rosa tarbagataica*, *Prunus armeniaca* және *Prunus bucharica* түрлерінің үлгілері пайдаланылды. Экстракция рН 7,0 деңгейіндегі 50 мМ фосфатты-буферлік ерітінді көмегімен жүргізілді. Алынған экстракттардың түсі, лайлану дәрежесі, тұнба түзілуі және тұрақтылығы бағаланды. Зерттеу нәтижелері өсімдік түрлері мен зерттелген мүшелер арасында айқын сапалық айырмашылықтардың бар екенін көрсетті. Жапырақтардан алынған экстракттар негізінен қою жасыл немесе қоңыр-жасыл түсті болып, лайлану деңгейінің жоғары болуымен сипатталды. Ал жемістерден алынған экстракттар сарғыш немесе ашық қоңыр түсті болып, салыстырмалы түрде мөлдірлігі жоғары болды. *Rosa* туысына жататын үлгілерде лайлану мен тұнба түзілу деңгейі жоғары байқалса, *Prunus* туысының жеміс экстракттары салыстырмалы тұрақтылығымен және төмен лайлануымен ерекшеленді. Алынған нәтижелер фосфатты-буферлік жүйенің өсімдік ұлпаларынан экстракттар алуға жарамды орта екенін және әртүрлі өсімдік түрлерінің экстракттарының сапалық ерекшеліктерін салыстырмалы бағалауға мүмкіндік беретінін көрсетті. Зерттеу нәтижелері кейінгі биохимиялық талдауларды жоспарлау үшін бастапқы деректер ретінде пайдаланылуына мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: 50 мМ фосфатты буфер, өсімдік ұлпалары, экстракттардың сапалық сипаттамалары, лайлану, тұнба түзілуі, *Rosa*, *Prunus*.

Introduction. Tree and shrub plants distributed in the mountainous regions of eastern and South-Eastern Kazakhstan are an important natural source of biologically active substances, including *Rosa* spp., *Prunus* spp., *Berberis* spp., and *Crataegus* spp. The leaves and fruits of other species are widely used in folk medicine, pharmaceuticals and the food industry. These plants accumulate proteins, vitamins, mineral elements, phenolic compounds, and flavonoids, which confer high biological and antioxidant activity (Tayjanov et.al., 2017; Ситпаева, Г. Т., et.al., 2025.).

In the extraction of proteins from plant materials, phenolic compounds, tannins, pigments, and other secondary metabolites significantly impact the study's results. These compounds can bind to proteins, leading to extract turbidity, precipitate formation, and decreased accuracy of subsequent biochemical analyses (Ryabushkina et.al., 2008). Therefore, the preliminary assessment of the qualitative properties of extracts is considered an important stage in protein research.

Various buffer systems are used to isolate water-soluble proteins from plant tissues. Among them, phosphate-buffered solutions stand out for maintaining pH stability, protecting the natural structure of proteins, and being compatible with many biochemical methods (Wink, M. 2010).

The purpose of this work is to study the qualitative characteristics of phosphate buffer extracts obtained from the leaves and fruits of Woody and shrub plants distributed across the mountain ranges of Eastern and South-Eastern Kazakhstan, to conduct a comparative assessment of their physico-chemical characteristics, and to determine their suitability for protein extraction.

Materials and methods. The object of the research was the leaves and fruits of tree and shrub plants distributed in the mountainous regions of Eastern and South-Eastern Kazakhstan. The research area includes plant species growing in various natural and climatic zones of the Altai, Saur, Tarbagatai, Zhetysu Alatau, Zailiyskiy Alatau and Tien Shan mountain systems. Plant samples selected for the study were collected from different altitudes and sites with varying climatic conditions and soil characteristics.

The leaves and fruits of the species *Rosa acicularis*, *Rosa albertii*, *Rosa tarbagataica*, *Prunus armeniaca* and *Prunus bucharica* were used as research objects. The full list of studied samples is presented in Table 1.

Table 1. Description of samples of Woody and shrub plants collected from the mountain ranges of Eastern and South-Eastern Kazakhstan

No.	Latin name of plant species	Studied plant organ	Mountain ranges	Sampling site	Mass
1	<i>Rosa acicularis</i>	leaf	Sunkar Hill	Ridder	0.1
2	<i>Rosa acicularis</i>	fruit	Sunkar Hill	Ridder	0.1
3	<i>Rosa albertii</i>	leaf	Saur-Tarbagatai mountain range	Tarbagatai	0.1
4	<i>Rosa albertii</i>	fruit	Saur-Tarbagatai mountain range	Tarbagatai	0.1
5	<i>Rosa tarbagataica</i>	leaf	Katon-karagay mountain range	Sarymsakty Ridge, Katon-Karagai	0.1
6	<i>Rosa tarbagataica</i>	fruit	Katon-karagay mountain range	Sarymsakty Ridge, Katon-Karagai	0.1
7	<i>Rosa tarbagataica</i>	leaf	Saur-Tarbagatai mountain range	Tarbagatai	0.1
8	<i>Rosa tarbagataica</i>	fruit	Saur-Tarbagatai mountain range	Tarbagatai	0.1
9	<i>Prunus armeniaca</i>	leaf	Ketpen (Uzynkara) Ridge	Karadala Sumbe	0.1
10	<i>Prunus armeniaca</i>	fruit	Ketpen (Uzynkara) Ridge	Karadala Sumbe	0.1
11	<i>Prunus bucharica</i>	leaf	Control sample	Uzbekistan 2025	0.1
12	<i>Prunus bucharica</i>	fruit	Control sample	Uzbekistan 2025	0.1

Plant materials were collected during the active phase of the growing season and delivered to the laboratory in paper bags after mechanical impurities were removed. In laboratory conditions, the samples were matched according to morphological and taxonomic characteristics. Only healthy, undamaged tissue was used in the study. Before analysis, the samples were stored at +4 °C (Agati, G., et.al., 2012; Orazov, A. et.al., 2022).

For the extraction of water-soluble compounds from plant tissues, a 50 mM phosphate buffer solution at pH 7.0 was used. The buffer was prepared from sodium dihydrogen phosphate dihydrate ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and disodium hydrogen phosphate dodecahydrate ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). To prepare 100 ml of the buffer, 0.39 g of $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and 0.45 g of $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ were dissolved in 80–90 ml of distilled water. The pH was monitored using an electronic pH meter. The final volume

was then brought to 100 ml with distilled water (Sambrook, J., et.al., 2001; Green, M. et.al., 2021).

Before extraction, 0.1 g of material was accurately measured from each plant sample. Samples were placed in polypropylene test tubes with a volume of 1.5 ml, and a phosphate-buffer solution of 1.0 ml was added on top. The ratio of plant material to buffer was kept at 1:10 for all samples (Scopes, R. K. 1993).

Homogenization was performed using a laboratory homogeniser. Each sample was processed for 90 seconds, then homogenised again for 90 seconds after a 30-second break. Such processing ensured the destruction of plant cells and increased the efficiency of the transition of water-soluble compounds to a buffer medium (Mm, B. 1976).

After homogenization, the suspensions were centrifuged at 4 °C for 10 minutes at 12,000 rpm. As a result of centrifugation, cellular waste settled to the sediment, leaving a supernatant in the upper layer. For subsequent analyses, the supernatant was used (Kruger, N. J., et.al., 2009).

The qualitative characteristics of the obtained phosphate-buffer extracts were evaluated. During the evaluation, the colour, transparency, degree of turbidity, sediment formation and stability of the extracts during storage were determined. Turbidity was visually assessed and classified into clear, weak, medium, and dark categories; the presence or absence of sediment indicated sediment formation. The suitability of extracts for subsequent spectrophotometric analyses was also evaluated. The results obtained enabled the relative characterisation of the qualitative features of phosphate-buffered extracts from different plant species (Green, M. R., et.al., 2019).

Results and discussion. The qualitative characteristics of phosphate-buffer extracts from the leaves and fruits of Woody and shrub plants distributed in the mountain ranges of eastern and South-Eastern Kazakhstan were studied. During the study, the colour, degree of turbidity, sediment formation, and external stability of the extracts were evaluated. These indicators were considered important features characterising the overall quality of extracts from plant tissues.

The degree of turbidity of extracts was assessed on a 4 – point scale: 0 points – transparent, 1 point – weak turbidity, 2 points – medium turbidity, 3 points-thick turbidity. The intensity of sediment formation was also determined on a 4 – point scale: 0 points – no sediment, 1 point – weak sediment, 2 points – medium sediment, 3 points-clear sediment. Such an assessment enabled a relative assessment of the qualitative differences between samples (Wilson, K., et.al., 2018).

The leaves and fruits of the species *Rosa acicularis*, *Rosa albertii*, *Rosa tarbagataica*, *Prunus armeniaca* and *Prunus bucharica* were used as research objects. In general, extracts from leaf samples were dark green or brownish-green in colour, while extracts from fruit samples were characterised by orange, light brown or pale yellow. Such differences may be associated with the features of plant organ pigment systems (Wilson, K., et.al., 2018).

According to the study, the *Rosa acicularis* leaf extract was deep dark green in colour and exhibited a high level of turbidity (3 points). At the same time, a pronounced precipitate was observed at the bottom of the extract (3 points). The extract from the fruits turned out to be dark brown in colour and appeared in a muddy State (2 points). Sediment formation was also observed (2 points). Such features of extracts may be associated with the presence of phenolic compounds and other secondary metabolites in plant tissues described in literary sources (Wilson, K., et.al., 2018).

Extracts from the leaves of *Rosa albertii* were dark green in colour and “high turbidity” (3 points). Extracts from fruits have a yellowish-brown colour and an average turbidity (2 points). During storage, some samples showed increased turbidity. According to the literature, such changes are likely associated with the oxidation of phenolic compounds (Hames, B. D. 1998).

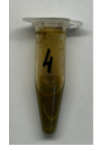
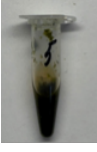
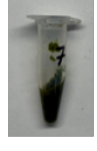
In *Rosa tarbagataica* samples, the colour intensity of the extracts was higher. Extracts from leaf samples were deep dark green in colour and distinguished by a high level of turbidity (3 points). In some samples, a mixed precipitate was observed. The colour of the extracts from the fruits was orange-yellow-brown or whitish-Orange. The turbidity rate ranged from weak to moderate (1-2 points). According to the literature, such features may be associated with the amount of phenolic compounds, flavonoids, and other secondary metabolites present in the plant (Scopes, R. K. 1993; Taiz, L., et.al., 2014).

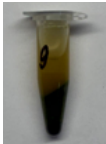
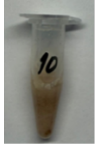
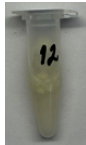
The *Prunus armeniaca* leaf extract was greenish-brown and moderately turbid (2 points). The

extract from the fruit samples was light brown, weakly muddy (1 point). The relative transparency of the extract may be related to the constant storage of the water-soluble components in it in a buffer medium (Dai, J., et.al., 2010).

The *Prunus bucharica* leaf extract was dark brown-green and highly turbid (3 points). And the extract from the fruits was pale yellow, weakly muddy (1 point). Among the samples studied, this extract showed one of the highest levels of transparency. According to literary data, such properties may be associated with the predominance of water-soluble compounds in fruit tissues. Significant differences were found in the colour of the extracts, the degree of turbidity and the features of sediment formation. The results are shown in Table №2.

Table 2. Qualitative characteristics of phosphate-buffer extracts from Woody and shrub plants of the mountain ranges of Eastern and South-Eastern Kazakhstan

No.	Sample code	Studied plant organ	Color	Turbidity	Precipitate	Note	Photo
1	<i>Rosa acicularis</i>	leaf	Deep dark green	high turbidity (3 points)	3 points	With a high chlorophyll content, cell residues are observed; among the extracts with a high turbidity rate are.	
2	<i>Rosa acicularis</i>	fruit	Black-brown	Muddy (2 points)	2 points	Dark colour extract; turbidity is observed due to the high content of phenolic compounds.	
3	<i>Rosa albertii</i>	leaf	Dark green	high turbidity (3 points)	3 points	A high concentration of pigments is observed; the level of turbidity is high among the studied leaf samples.	
4	<i>Rosa albertii</i>	fruit	Yellowish-brown	moderate turbidity (2 points)	2 points	The extraction is relatively stable, the sediment amount is small, and the transparency is moderate.	
5	<i>Rosa tarbagataica</i>	leaf	Deep dark green	high turbidity (3 points)	3 points	With a high chlorophyll content, large particles were observed; mixed precipitate formation was detected, and one sample had the highest turbidity.	
6	<i>Rosa tarbagataica</i>	fruit	Orange-yellow-brown	moderate turbidity (2 points)	2 points	The content of pigments and phenolic compounds is high; stability is average.	
7	<i>Rosa tarbagataica</i>	leaf	Dark green	Muddy (2 points)	2 points	An inhomogeneous suspension is observed; the formation of a mixed precipitate indicates that solid particles have been preserved during extraction.	
8	<i>Rosa tarbagataica</i>	fruit	Light orange	low turbidity (1 point)	1 point	The extract is relatively clean, with high transparency and low precipitate content.	

No.	Sample code	Studied plant organ	Color	Turbidity	Precipitate	Note	Photo
9	<i>Prunus armeniaca</i>	leaf	Green-brown	Muddy (2 points)	2 points	Dark colour extraction; plant residues are found; turbidity is moderate.	
10	<i>Prunus armeniaca</i>	fruit	Light brown	low turbidity (1 point)	1 point	The extract is uniform and relatively stable; it is among the most transparent samples.	
11	<i>Prunus bucharica</i>	leaf	Dark brown-green	high turbidity (3 points)	2 points	The content of chlorophyll and phenolic compounds is high; although the turbidity is high, the extract is uniform.	
12	<i>Prunus bucharica</i>	fruit	Pale yellow	low turbidity (1 point)	1 point	One of the most transparent and most stable extracts among the samples studied; sediment formation was observed at the lowest level.	

The study found that leaf extracts were much darker and muddier than fruit extracts. This phenomenon is explained by the high accumulation of photosynthetic pigments, structural proteins, and phenolic compounds in leaf tissues, as reported in the literature (Haslam, E. 1989). In addition, the interaction of phenolic compounds with proteins and other macromolecules can contribute to the turbidity of extracts (Kumar, S., et.al., 2013).

In samples from the genus *Rosa*, high turbidity and sedimentation were observed. Especially in the specimens of *Rosa albertii* and *Rosa tarbagataica*, these indicators were clearly manifested. According to the literature, plants growing at high altitudes may have a high content of phenolic compounds and antioxidants that perform protective functions, which is likely to affect the colour and transparency of the extracts (Buchanan, B. et.al., 2015).

In fruit specimens of the genus *Prunus*, the level of turbidity was low, and the relative stability of extracts was observed. Such a feature may be due to the high proportion of water-soluble carbohydrates and other low-molecular compounds in their chemical composition.

In general, the study found that the qualitative indicators of plant extracts depend on the plant type and the organ studied. While specimens of the genus *Rosa* showed high turbidity and sedimentation, fruit specimens of the genus *Prunus* were relatively transparent and stable. The extracted extracts can be used as a starting material for subsequent biochemical studies, including analyses such as determining the amount of Total Protein. However, because protein concentration was not determined within the scope of this study, no clear conclusions can be drawn about the effectiveness of protein extraction using the phosphate-buffered system.

Conclusion. The qualitative features of phosphate-buffer extracts obtained from the leaves and fruits of Woody and shrub plants distributed in various mountain ranges of eastern and South-Eastern Kazakhstan have been identified. The leaves and fruits of the species *Rosa acicularis*, *Rosa albertii*, *Rosa tarbagataica*, *Prunus armeniaca* and *Prunus bucharica* were used as research objects. For extraction, a phosphate-buffered solution at 50 mM, pH 7.0, was used, and the colour, transparency, degree of turbidity, and sedimentation features of the extracts were evaluated.

The study's results showed clear qualitative differences between plant species and their respective members. Extracts from leaf samples were mostly dark green or brown in colour, while extracts from fruit samples were orange, brown, or light in colour.

In most *Rosa* samples, the extracts were highly turbid, and sedimentation was observed. Especially in samples from the species *Rosa albertii* and *Rosa tarbagataica*, dark colour, high

turbidity, and high sedimentation intensity were observed. Such features indicate that the listed species may contain a relatively large number of phenolic compounds, flavonoids and other secondary metabolites. Also, these substances are more likely to affect the physical properties of extracts, reducing their transparency.

The fruit extracts from plants in the genus *Prunus* were relatively transparent and stable. Especially in extracts from the fruits of *Prunus armeniaca* and *Prunus bucharica*, turbidity rates were low, and sediment formation was less noticeable.

The results obtained showed that the phosphate-buffer solution is a suitable medium for extracting from the studied plant materials. The buffer used enabled preservation of the main qualitative features of the samples during extraction and allowed comparison of the properties of extracts from different plant species.

The identified qualitative differences indirectly characterise the biochemical composition of plant species and indicate their potential to be rich in biologically active substances. These data complement the study of the biochemical potential of natural plant resources in Kazakhstan and serve as a basis for assessing the potential of various plant species for biotechnological, pharmacological, and food applications.

The conducted study enabled assessment of the qualitative characteristics of plant extracts, and the results obtained can serve as a basis for determining protein amounts using the Bradford method in subsequent studies.

The research was conducted within the framework of the scientific project AP26198171, “Geoecological and Molecular Genetic Assessment and Monitoring of the Distribution and Development of Rare Plant Species of the Genera *Prunus*, *Sibiraea*, and *Rosa* (Rosaceae) in Kazakhstan.”

References

- Agati, G., Azzarello, E., Pollastri, S., & Tattini, M. (2012). Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Science*, 196, 67-76.
- Buchanan, B. B., Gruissem, W., & Jones, R. L. (Eds.). (2015). *Biochemistry and molecular biology of plants*. John Wiley & Sons.
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.
- Green, M. R., & Sambrook, J. (2019). Polymerase chain reaction: Cold Spring Harbour Protocols, 2019(6), pdb-top095109.
- Green, M. R., & Sambrook, J. (2021). Labelling the 5' termini of DNA with bacteriophage T4 polynucleotide kinase. Cold Spring Harbour Protocols, 2021(8), pdb-prot100677.
- Hames, B. D. (Ed.). (1998). *Gel electrophoresis of proteins: a practical approach* (Vol. 197). OUP Oxford.
- Haslam, E. (1989). Plant polyphenols: vegetable tannins revisited. CUP archive.
- Janson, J. C. (Ed.). (2012). *Protein purification: principles, high resolution methods, and applications*. John Wiley & Sons.
- Kruger, N. J., & Walker, J. M. (2009). The protein protocols handbook. The Bradford Method For Protein Quantitation, 17-24.
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The Scientific World Journal*, 2013(1), 162750.
- Mm, B. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilising the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem*, 72, 248-254.
- Orazov, A., Myrzagaliyeva, A., Mukhitdinov, N., & Tustubayeva, S. (2022). Callus induction with 6-BAP and IBA to preserve *Prunus ledebouriana* (Rosaceae), an endemic plant of the Altai and Tarbagatai regions of East Kazakhstan. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*, 23(6).
- Porebski, S., Bailey, L. G., & Baum, B. R. (1997). Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. *Plant molecular biology reporter*, 15(1), 8-15.
- Ryabushkina, N., Gemedjieva, N., Kobaisy, M., & Cantrell, C. L. (2008). Brief review of Kazakhstan flora and use of its wild species. *Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2(2), 64-71.
- Sambrook, J., & Russell, D. W. (2001). *Molecular Cloning: Ch. 15. Expression of cloned genes in Escherichia coli* (Vol. 3). Cold Spring Harbour Laboratory Press.
- Scopes, R. K. (1993). *Protein purification: principles and practice*. Springer Science & Business Media.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2014). *Plant physiology and development*.
- Tayjanov, K., Mamadalieva, N. Z., & Wink, M. (2017). Diversity of the mountain flora of Central Asia with emphasis on alkaloid-producing plants. *Diversity*, 9(1), 11.
- Wang, W., Vinocur, B., & Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic
- Wilson, K., Hofmann, A., Walker, J. M., & Clokie, S. (Eds.). (2018). *Wilson and Walker's Principles and Techniques of Biochemistry and Molecular Biology*. Cambridge University Press.
- Wink, M. (2010). Annual plant reviews, functions and biotechnology of plant secondary metabolites. John Wiley & Sons.
- Sitpaeva, G., T., Abduhadyr, A., Zverev, N., E. (2025). Analysis of the current range of *Pyrus regelii* Rehder in Kazakhstan and Central Asia. *Bulletin of West Kazakhstan University*, 98(2), 494-494.

IRSTI 34.01.11

DOI: <https://doi.org/10.62687/NSJ.2.2.2026.27>**DIGITALIZATION OF THE COLLECTIONS IN THE HERBARIUM FUND OF THE DEPARTMENT OF BIOLOGY AND ITS PLACEMENT ON THE GBIF PLATFORM**¹**G.S. Tleubergenova**^{ID}, ²**M.Zh. Sharipova***^{ID}, ¹**E.V. Galaktionova**^{ID}¹Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavl, Republic of Kazakhstan²Astana International University, Astana, Kazakhstan

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

G.S. Tleubergenova – candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology, Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavl, Republic of Kazakhstan, e-mail: gbattalova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1001-9528>

M.Zh. Sharipova – PhD, Associate Professor, Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: mzhakypzhan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9467-1483>

E.V. Galaktionova – Senior Lecturer, Master of Biology, Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavl, Republic of Kazakhstan, e-mail: evgalaktionova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0007-9110-9747>

Abstract. Herbarium collections held by regional universities in Kazakhstan largely remain outside the international scientific circulation due to the lack of digital data formats. This study addresses this gap with respect to the herbarium fund of the Department of Biology at M. Kozybayev North Kazakhstan University. The research material comprised 925 herbarium specimens from nine families – *Boraginaceae*, *Labiatae*, *Solanaceae*, *Scrophulariaceae*, *Orchidaceae*, *Liliaceae*, *Ericaceae*, *Convallariaceae*, *Fabaceae*, and *Asteraceae* – collected between 1957 and 2025. The collection includes both historical specimens from the mid-twentieth century and recent field material. Digitization was carried out in accordance with the international Darwin Core (DwC) standard. Data integrity was verified using the GBIF validator, after which the dataset was published via the IPT platform and made available on the global GBIF portal, ensuring its openness and integration into international biodiversity data infrastructure. Taxonomic analysis revealed a predominance of species characteristic of forest, meadow, and meadow-steppe communities, consistent with the vegetation patterns typical of the region. The temporal coverage of the collection spans more than 70 years, allowing the dynamics of floristic collecting to be traced over an extended period. Geographic analysis showed an uneven distribution of records across administrative districts, with the largest number of specimens originating from the Kyzylzhar district of the North Kazakhstan region. The resulting digital dataset is of value for floristic, ecological-geographic, and taxonomic research, contributes to the preservation of the herbarium fund, and expands its potential use in education and nature conservation.

Keywords: flora, herbarium collections; digital databases; digitization; GBIF; Darwin Core; IPT; geolocation.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ КОЛЛЕКЦИЙ ГЕРБАРНОГО ФОНДА КАФЕДРЫ БИОЛОГИИ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ НА ПЛАТФОРМЕ GBIF¹**Г.С. Тлеубергенова**, ²**М.Ж. Шарипова***, ¹**Е.В. Галактионова**¹НАО "Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева", Петропавловск, Казахстан²Международный университет Астана, Астана, Казахстан

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

Г.С. Тлеубергенова – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан, e-mail: gbattalova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1001-9528>

М.Ж. Шарипова – PhD, ассоциированный профессор Международного университета Астана, Астана, Казахстан, e-mail: mzhakypzhan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9467-1483>

Е.В. Галактионова – старший преподаватель, магистр биологии, Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан, e-mail: evgalaktionova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0007-9110-9747>

Аннотация. Гербарные коллекции региональных вузов Казахстана в большинстве своём остаются вне международного научного оборота из-за отсутствия цифровых форматов представления данных. Настоящая работа направлена на восполнение этого пробела применительно к фондам кафедры "Биология" Северо-Казахстанского университета имени М. Козыбаева. Материалом исследования послужили 925 гербарных образцов девяти семейств – *Boraginaceae*, *Labiatae*, *Solanaceae*, *Scrophulariaceae*, *Orchidaceae*, *Liliaceae*, *Ericaceae*, *Convallariaceae*, *Fabaceae* и *Asteraceae*, собранных в период с 1957 по 2025 год. Коллекция включает как исторические сборы середины прошлого века, так и материалы недавних полевых исследований. Оцифровка выполнена в соответствии с международным стандартом Darwin Core (DwC). Корректность структуры данных подтверждена валидатором GBIF, после чего набор был размещён на платформе IPT и опубликован на глобальном портале GBIF, обеспечив тем самым его открытость и включение в международную биоинформационную инфраструктуру. Анализ таксономического состава показал преобладание видов, характерных для лесных, луговых и лугово-степных сообществ, что соответствует особенностям растительного покрова региона. Временной охват коллекции превышает 70 лет, что позволяет проследить динамику флористических сборов на протяжении длительного периода. Географический анализ выявил неравномерность распределения находок по административным районам: наибольшее число образцов происходит из Кызылжарского района Северо-Казахстанской области. Сформированный цифровой ресурс представляет ценность для флористических, эколого-географических и таксономических исследований, способствует сохранности гербарного фонда и расширяет перспективы его использования в образовательной и природоохранной деятельности.

Ключевые слова: флора, гербарные коллекции; цифровые базы данных; оцифровка; GBIF; Darwin Core; IPT; геопривязка.

БИОЛОГИЯ КАФЕДРАСЫНЫҢ ГЕРБАРИЙ ҚОРЫ КОЛЛЕКЦИЯЛАРЫН ЦИФРЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ GBIF ПЛАТФОРМАСЫНДА ОРНАЛАСТЫРУ

¹Г.С. Тілеубергенова, ²М.Ж. Шарипова*, ¹Е.В. Галактионова

¹М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан

²Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

Г.С. Тілеубергенова – биология ғылымдарының кандидаты, биология кафедрасының доценті, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан, e-mail: gbattalova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1001-9528>

М.Ж. Шарипова – PhD, Астана халықаралық университетінің қауымдастырылған профессоры, Астана, Қазақстан, e-mail: mzhakypzhan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9467-1483>

Е.В. Галактионова – аға оқытушы, биология магистрі, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан, e-mail: evgalaktionova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0007-9110-9747>

Аңдатпа. Қазақстанның өңірлік университеттеріндегі гербарий коллекциялары деректердің цифрлық форматының болмауына байланысты халықаралық ғылыми айналымнан тыс қалып келеді. Бұл жұмыс осы олқылықты М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университетінің "Биология" кафедрасының гербарий қорына қатысты жоюға бағытталған. Зерттеу материалы ретінде 1957–2025 жылдар аралығында жиналған тоғыз тұқымдасқа – *Boraginaceae*, *Labiatae*, *Solanaceae*, *Scrophulariaceae*, *Orchidaceae*, *Liliaceae*, *Ericaceae*, *Convallariaceae*, *Fabaceae* және *Asteraceae* – жататын 925 гербарий үлгісі пайдаланылды. Коллекцияға өткен ғасырдың ортасындағы тарихи үлгілер де, соңғы далалық зерттеулердің материалдары да кіреді. Цифрландыру жұмысы Darwin Core (DwC) халықаралық стандартына сәйкес жүргізілді. Деректердің дұрыстығы GBIF валидаторы арқылы тексерілді, содан кейін

жиынтық IPT платформасында орналастырылып, GBIF жаһандық порталында жарияланды, бұл оның ашықтығын және халықаралық биоалуантүрлілік деректері инфрақұрылымына кірігуін қамтамасыз етті. Таксономиялық талдау нәтижесінде орман, шалғын және шалғын-дала қауымдастықтарына тән түрлердің басым екені анықталды, бұл өңірдің өсімдік жамылғысының ерекшеліктеріне сәйкес келеді. Коллекцияның уақыттық қамтуы 70 жылдан астам кезеңді қамтиды, бұл флористикалық жинау динамикасын ұзақ мерзім бойы қадағалауға мүмкіндік береді. Географиялық талдау әкімшілік аудандар бойынша табылымдардың біркелкі бөлінбегенін көрсетті, ең көп үлгі Солтүстік Қазақстан облысының Қызылжар ауданынан алынған. Алынған цифрлық деректер жиынтығы флористикалық, экологиялық-географиялық және таксономиялық зерттеулер үшін құнды болып табылады, гербарий қорын сақтауға ықпал етеді және оны білім беру мен табиғат қорғау саласында пайдалану мүмкіндіктерін кеңейтеді.

Кілт сөздер: флора, гербарий жинақтары; сандық мәліметтер базасы; цифрландыру; GBIF; Darwin Core; IPT; геореференция.

Introduction. Herbarium collections are far more than static archives of pressed plants — they represent a tangible record of biological diversity across time. A herbarium sheet collected decades ago can reveal how vegetation looked in a given locality, allow researchers to trace shifts in species distribution, document taxa that have since become rare or vanished altogether, and provide the raw material on which systematic and monitoring studies depend. Yet for a long time, many regional collections have remained largely invisible to the wider scientific community simply because they existed only on paper.

Over the past decade, Kazakhstan has seen substantial progress in digitizing its herbarium holdings. The country's leading collection belongs to the Institute of Botany and Phytointroduction, registered internationally under the index AA. It is not only the largest herbarium in the Republic but ranks among the largest in the former USSR, having been established in 1946 and now holding over 250,000 specimens. Since 2022, the Institute has been building an electronic database of its material in Excel, organizing specimens hierarchically — from family down to species, and from floristic district down to individual collection point (Osmonali B. B. et al., 2022: 521–528).

A younger but rapidly growing collection is that of the Astana Botanical Garden, founded in 2019 as part of the laboratory of flora and plant resources. By 2022, it already comprised 13,492 sheets — 10,733 of them duplicates from other herbaria and private collections, and 2,759 gathered during expeditions across Central and Northern Kazakhstan between 2019 and 2022. The collection was entered into the international Index Herbariorum database in 2021, receiving the acronym NUR (Kubentaev S. A., Mukhtubaeva S. K., 2022: 354–357).

Researchers at Astana International University have also been active in this area, producing three taxonomic checklists of Kazakhstan's vascular flora in 2026; one of these lists alone covers 5,833 species across 978 genera and 128 families (Kubentaev S. A. et al., 2026a, 2026b; Alibekov et al., 2026).

The herbarium of North Kazakhstan University has a somewhat longer history, dating back to 1960. Early records indicate that the regional flora included 881 plant species — mosses, higher vascular plants, and flowering plants alike (Galiyev Zh. M., Kalkamanova A. B., 2006: 58 p). More recent surveys have revised this figure upward (Tleubergenova G. S., Kuznetsova M. A., 2017), and the species list continues to grow: among the notable additions, *Pleurospermum uralense* Hoffm. was recorded as a new genus and species for the Tobol-Ishim botanical-geographical district (Tleubergenova, 2023: 34–40). The collection is estimated to hold around 8,000 specimens. Several targeted studies have already been carried out on its material, including an inventory and taxonomic analysis of the subclass Lamiidae (Romanchuk V. V., Tleubergenova G. S., 2023: 24–34; Romanchuk V. V., 2024: 1–7) and a separate analysis of the family Asteraceae (Shakeeva Zh. E., 2018: 1–7).

Against this backdrop, the digitization of herbarium collections has taken on new significance in an era of rapidly advancing digital technology. The process typically involves three stages: systematizing the data, standardizing it according to international formats, and publishing it through open global platforms such as GBIF (Global Biodiversity Information Facility). Moving from

paper-based archives to digital resources does more than simply modernize storage — it broadens the scientific reach of the material, improves accessibility, and links regional biodiversity data into global analytical frameworks.

In 2024, the M. Kozybayev NKU Herbarium reached a milestone of its own: for the first time in its history, it was registered in Index Herbariorum, becoming the tenth Kazakhstani organization listed with GBIF and the fourth in the country to publish a dataset there — in this case, 400 digitized specimens. The herbarium now carries the international index SQU (Romanchuk V. V., 2024: 17–27).

Digitizing the herbarium held by the Department of Biology at SKU carries particular weight, since it captures the floristic diversity of the North Kazakhstan region across a 70-year span, from 1957 to 2026. Building a digital dataset, verifying and standardizing it, and publishing it on GBIF together serve three purposes at once: preserving the underlying information, ensuring scientific transparency, and creating lasting value for biological, ecological, and conservation research.

This view is consistent with the broader literature. Herbarium collections are now widely regarded as among the most valuable sources for understanding biodiversity at both global and regional scales — they offer a historical lens on species distribution and make it possible to study range shifts, phenological change, and the effects of human impact over time (Heberling J. M. et al., 2019: 381–387). Digitization amplifies this value considerably, turning static local collections into resources that are accessible worldwide and drawing them into the broader international scientific community (Meineke E. K. et al., 2018: 505–525). Publishing herbarium data through GBIF has additional benefits: it tends to increase citation of the underlying collections, draws in a wider circle of researchers, and allows regional information to feed into large-scale biodiversity conservation projects (Nelson, Ellis, 2019). Indeed, recent reviews identify data mobilization as one of the central priorities in the ongoing development of digital herbaria [16] — a priority that matters especially for university collections, which have historically been confined to local, in-house use.

Taken together, these developments place the digitization and publication of the SKU Department of Biology's herbarium material squarely within current global trends in natural history collections, while giving the flora of the North Kazakhstan region a place in the global information space it previously lacked.

This paper presents that work — the digitization, systematization, and publication of the collection — along with an assessment of its taxonomic composition and its temporal and geographic structure.

Materials and Methods. Materials and Methods. The study drew on 950 herbarium specimens collected across the North Kazakhstan Region. This material combines two sources: specimens already held in the herbarium collection of the Department of Biology, and fresh field collections carried out by the authors in 2025.

Recent fieldwork took place in and around the city of Petropavlovsk and the surrounding territories of the North Kazakhstan Region. Specimens were gathered during flowering and fruiting, since these stages allow the most reliable identification. For every specimen, we recorded the family, genus, species, exact location, habitat, collection date, and the names of the collectors. Once collected, plants were pressed and dried in a standard herbarium press, then mounted on sheets and labeled.

Digitization followed the established guidelines for dataset preparation prior to publication (Buivolov Yu. A., 2019). Label data were transferred into an electronic spreadsheet formatted according to Darwin Core (DwC) standards (Figure 1). The spreadsheet included fields such as occurrenceID, family, scientificName, organismQuantity, organismQuantityType, lifeStage, verbatimEventDate, eventDate, year, month, day, countryCode, country, stateProvince, county, locality, verbatimLocality, habitat, language, recordedBy, identifiedBy, dateIdentified, decimalLatitude, decimalLongitude, coordinateUncertaintyInMeters, coordinatePrecision, geodeticDatum, georeferencedBy, georeferencedDate, vernacularName, taxonRank, kingdom, disposition, occurrenceStatus, collectionCode, institutionID, basisOfRecord, and continent (Buivolov Yu. A., 2019).

Once the table was complete, we ran it through the built-in GBIF data validator, which checks a range of parameters automatically — the correctness of Latin names, the uniqueness of occurrenceID

values, whether coordinates fall within plausible bounds for the region, date and text formatting, and any structural inconsistencies in the file. The validator flagged a handful of issues, mostly involving date formats and a few coordinate entries, which we corrected by hand. After these fixes, the validator returned a clean "no errors" result, clearing the way for the next stage (Meineke E. K. et al., 2018: 505–525).

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	occurrenceID	family	scientificName	organismQuantity	stage	herbariumEventDate	eventDate	year	month	day	countryCode	country	stateProvince	county	locality	
2	90U00481	Asteraceae	<i>Benedictia jacobaea</i> L.		Druid scale	flowering	08.07.2003r	2003-07-08	2003	7	8	KZ	Kazakhstan	North Kazakhstan Region	Kyzyltau district	Petrozavodsk city
3	10U000032	Asteraceae	<i>Gnaphalium jacobaea</i> L.		Druid scale	flowering	08.07.199r	1999-07-08	1999	7	8	KZ	Kazakhstan	North Kazakhstan Region	Kyzyltau district	Petrozavodsk city
4	90U00493	Asteraceae	<i>Benedictia jacobaea</i> L.		Druid scale	flowering	12.07.197r	1972-07-12	1972	7	12	KZ	Kazakhstan	North Kazakhstan Region	Kyzyltau district	Krasnaya village
5	10U000034	Asteraceae	<i>Lupinus luteus</i> L.		Druid scale	flowering	08.07.199r	1999-07-08	1999	8	08	KZ	Kazakhstan	North Kazakhstan Region	Kyzyltau district	Petrozavodsk city
6	90U00495	Asteraceae	<i>Antennaria dioica</i> L.		Druid scale	flowering	20.06.197r	1971-06-20	1971	6	20	KZ	Kazakhstan	North Kazakhstan Region	Kyzyltau district	Krasnaya village
7	10U000036	Asteraceae	<i>Antennaria dioica</i> L.		Druid scale	flowering	06.07.197r	1971-06-06	1971	6	06	KZ	Kazakhstan	North Kazakhstan Region	Kyzyltau district	Krasnaya village
8	90U00497	Asteraceae	<i>Antennaria dioica</i> L.		Druid scale	flowering	06.07.197r	1971-06-06	1971	6	06	KZ	Kazakhstan	North Kazakhstan Region	Kyzyltau district	Sokolova village
9	90U00498	Asteraceae	<i>Antennaria dioica</i> L.		Druid scale	flowering	20.07.197r	1979-07-20	1979	7	20	KZ	Kazakhstan	North Kazakhstan Region	Kyzyltau district	Sokolova village
10	90U00499	Asteraceae	<i>Echinops ritro</i> L.		Druid scale	flowering	04.07.200r	2006-07-04	2006	7	4	KZ	Kazakhstan	North Kazakhstan Region	Kyzyltau district	Krasnaya village

Figure 1. Fragment of a completed Darwin Core (DwC) format table

Digitizing natural history collections is rarely just about data entry — it typically involves producing high-quality images of the specimens, transcribing label information, georeferencing localities, standardizing metadata, and ultimately publishing everything in an internationally recognized format, most commonly Darwin Core (Groom Q. et al., 2017). Standardized data of this kind stay usable over time and can be folded into global repositories such as GBIF without further conversion (Nelson, Ellis, 2019).

Metadata were entered through the IPT interface, covering a description of the dataset itself, the goals of the research, and why digitizing this particular herbarium matters. Well-constructed metadata do more than tidy up the record — they establish clear provenance, add to the scientific credibility of the published dataset, and make the material more likely to be cited by other researchers (Borsch T. et al., 2020: 819–832).

Once both the data table and the metadata had been reviewed, we published the dataset through the GBIF platform. IPT generated a Darwin Core Archive automatically and assigned the dataset a unique DOI, after which the records were indexed and made accessible to researchers worldwide (Figure 2).

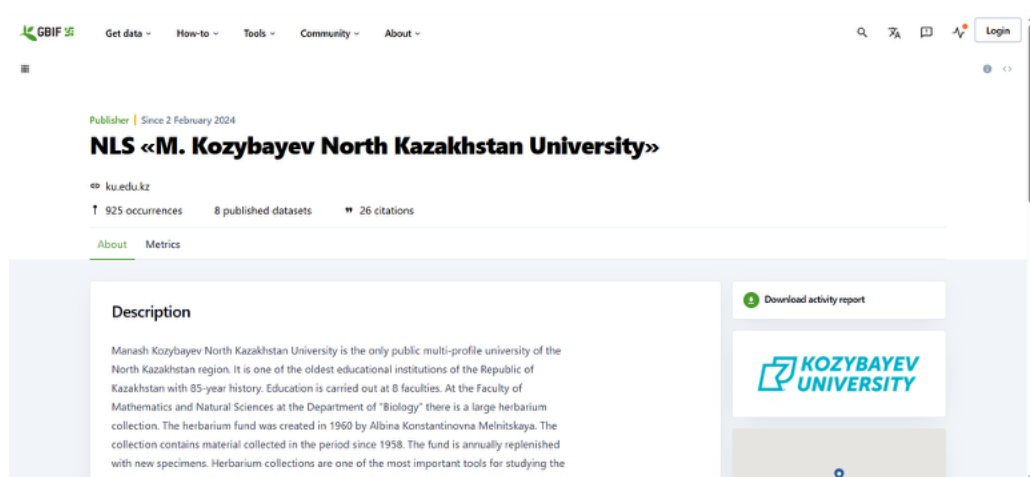


Figure 2. Main page of M.Kozybaev North Kazakhstan University on the GBIF platform

All records now display correctly in the GBIF occurrence catalog, where users can filter results by species, coordinates, collection year, and habitat type. The dataset is freely available to researchers, ecologists, botanists, and anyone working in biodiversity science.

The digitization effort itself was carried out by staff of the Department of Biology together with master's students, as part of their broader involvement in the department's research projects.

Research results. Once the digitized collections from several families of the department's herbarium were published on GBIF, we turned to the "Metrics" section the platform generates automatically and analyzed it in detail.

At present, eight datasets are hosted on GBIF, together covering metadata for 925 herbarium specimens spanning a range of taxonomic groups of flowering plants from the North Kazakhstan Region. Each dataset records the taxonomic identity of the specimens, where and when they were collected, who collected them, and their broader geographic origin. Most of the underlying material comes from the North Kazakhstan Region itself, though a smaller portion originates from other parts of Kazakhstan.

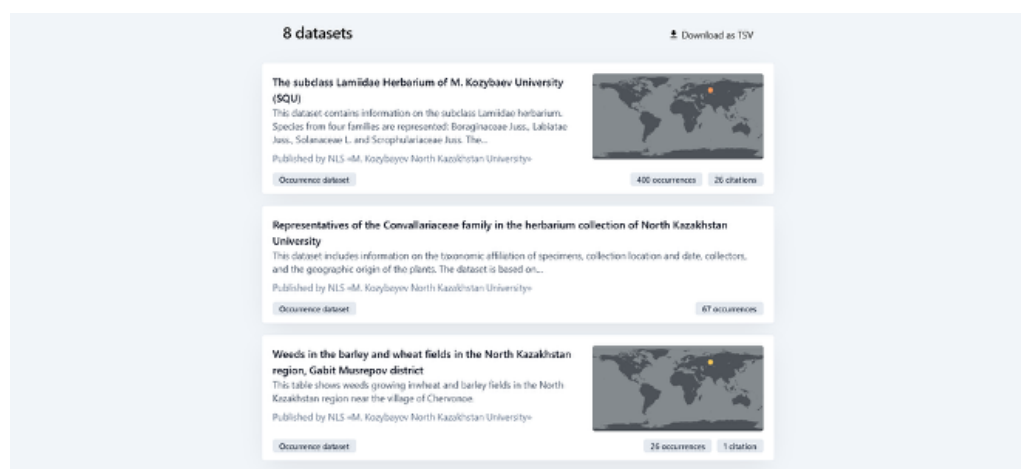


Figure 3. Page 8 of the published datasets from M. Kozybaev North Kazakhstan University on the GBIF platform

The datasets were published over a period stretching from May 1, 2024, to March 15, 2026. In roughly two years of digitization work, this yielded eight published datasets — seven of them covering herbaria across ten plant families, and one dedicated specifically to weed species (Table 1).

Table 1. Herbarium collections of North Kazakhstan University on the GBIF platform

No.	Collection name	Number of samples	Date posted	Number of citations	Identifier
1	Subclass <i>Lamiidae</i> Herbarium of M. Kozybayev University (<i>Boraginaceae</i> Juss., <i>Labiatae</i> Juss., <i>Solanaceae</i> Juss., <i>Scrophulariaceae</i> Juss.)	400	01.05.2024	26	DOI 10.15468/ubzs5t
2	Herbarium of the <i>Fabaceae</i> Family of Manash Kozybayev North Kazakhstan University	200	20.10.2025	1	DOI 10.15468/j95r2t
3	Herbarium Collection of <i>Asteraceae</i> (<i>Compositae</i>) of Manash Kozybayev North Kazakhstan University	200	20.10.2025	1	DOI 10.15468/hrb39k
4	Herbarium Collection of Orchids (Family <i>Orchidaceae</i>) of Manash Kozybayev North Kazakhstan University	17	05.11.2025	1	DOI 10.15468/quwnan
5	Herbarium Collection of <i>Liliaceae</i> (Family <i>Liliaceae</i>) of Manash Kozybayev North Kazakhstan University (NKU)	5	05.11.2025	—	DOI 10.15468/gq23d8
6	Herbarium Collection of <i>Ericaceae</i> from Manash Kozybayev North Kazakhstan University	10	07.11.2025	1	DOI 10.15468/ctmk23
7	Weeds in Barley and Wheat Fields of North Kazakhstan Region, Gabit Musrepov District	26	13.11.2025	1	DOI 10.15468/peshvt

No.	Collection name	Number of samples	Date posted	Number of citations	Identifier
8	Representatives of the <i>Convallariaceae</i> Family in the Herbarium Collection of North Kazakhstan University	67	15.03.2026	1	DOI 10.15468/f9r8qq

Of the full set, 924 specimens were identified down to species level. Coordinates are available for 829 records, collection years for 914, and collector names for 913 — though a number of older labels lack one or both of the latter two details (Table 2). Taken together, the 925 records span collection dates from 1957 through 2025.

Table 2. Frequency indicators

Data richness	Number of cases
Identification to species	924
With coordinates	829
With year	914
With collector	913
With media	--
Sequenced	--

Roughly 5.8% of the records correspond to species listed on the IUCN Global Red List, drawn mainly from the families Orchidaceae, Liliaceae, and Ericaceae.

For the taxonomic composition, we opted to list every genus within each family alongside its specimen count, rather than relying on charts alone — this gives a more precise picture of how specimens are distributed across taxa than a graphic summary would.

The temporal spread of specimens tells its own story: it reflects not just how the collection grew over time, but how field activity varied from year to year. Looking at the yearly breakdown makes it possible to see how consistently collecting was carried out, to spot years of particularly active fieldwork, and conversely, to identify stretches where almost nothing was added.

Geographically, the specimens are distributed quite unevenly — a pattern shaped both by how accessible different habitats actually were and by the routes field researchers happened to take. In total, the collection draws from seven administrative districts of the North Kazakhstan Region, though collection points cluster far more densely in some areas than others (Figure 4).

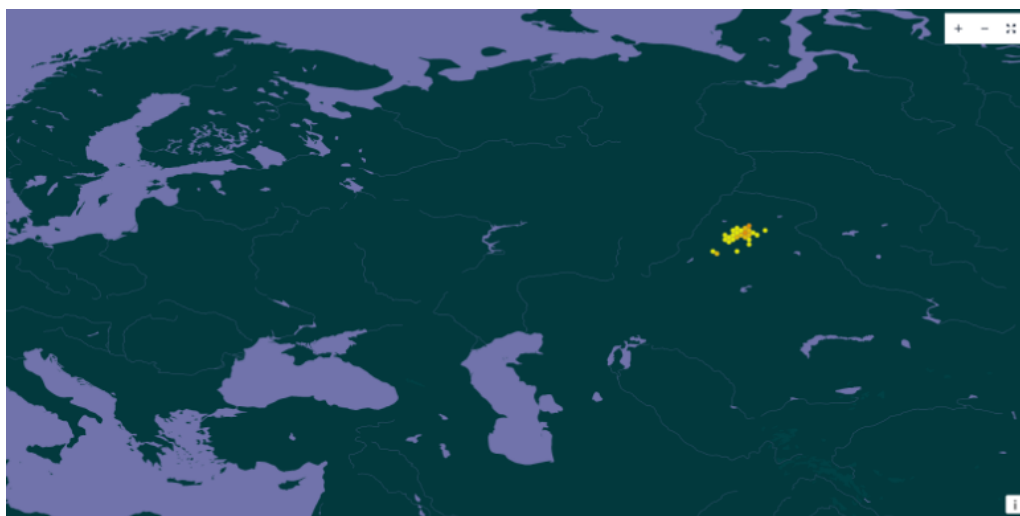


Figure 4. Map of georeferenced herbarium records (collection points)

The dataset's main GBIF page also tracks citation activity. So far, it has been cited in 26 sources: journal articles account for the largest share at 61.5%, followed by preprints at 19.2%, conference materials at 7.7%, reports at 3.8%, and abstracts at another 3.8% (Figure 5).

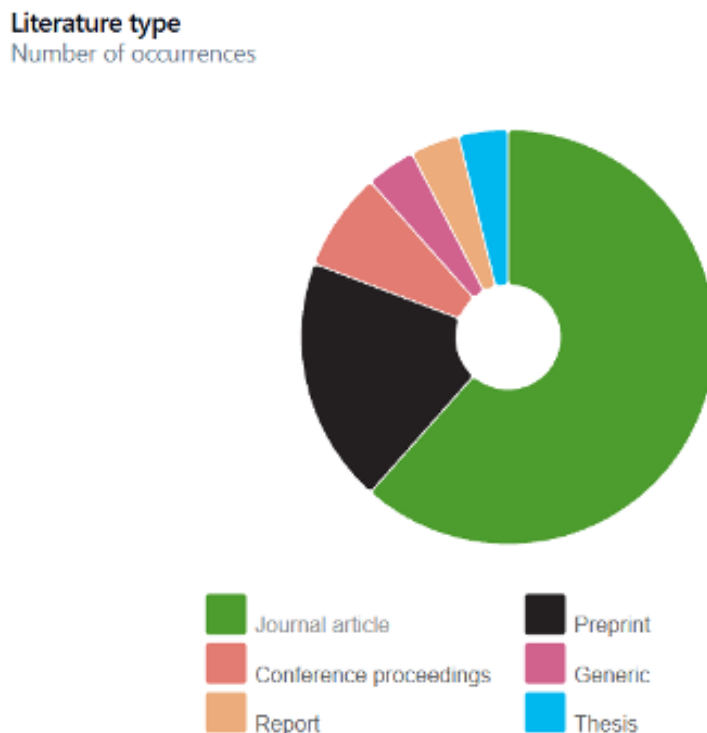


Figure 5. Citation metrics of the published dataset

Conclusion. This study covered the full cycle of work with herbarium material from ten families — Boraginaceae, Labiatae, Solanaceae, Scrophulariaceae, Orchidaceae, Liliaceae, Ericaceae, Convallariaceae, Fabaceae, and Asteraceae — held by the Department of Biology at M. Kozybayev North Kazakhstan University: collecting, organizing, digitizing, and finally publishing the material. The result is a dataset of 925 carefully prepared specimens, now feeding into both regional and global biodiversity information systems.

Publishing this material on GBIF changed its status considerably. Data that had previously sat in local storage became openly accessible, entered the international scientific community, and can now be reused by researchers anywhere in the world. Beyond simple accessibility, digitization plays a protective role as well — it helps safeguard specimens that are otherwise vulnerable to physical loss or degradation over time, while at the same time opening up new avenues for biodiversity analysis, flora monitoring, and conservation planning grounded in real data.

Taken together, this work adds a meaningful piece to the broader picture of North Kazakhstan's flora. It also lays groundwork for what comes next — further botanical research, an expanded collection, and the continued development of digital herbaria at the local level.

Литература

Alibekov D., Kubentayev S., Nobis M., Ishmuratova M., Chepinoga V., Sennikov A. (2026). Checklist of Alien Vascular Plants of Kazakhstan. Astana International University (AIU). Checklist dataset .[https://doi.org/ 10.15468/tz64jk](https://doi.org/10.15468/tz64jk) accessed via GBIF.org on 2026-06-24.

Буйволов Ю. А., Иванова Н. В., Шашков М. П. Оцифровка данных Летописей природы и научных биологических коллекций особо охраняемых природных территорий: учебное пособие. – ФГБУ «Приокско-Террасный государственный природный биосферный заповедник», 2019.

Borsch T., et al. The herbarium of the future: advancing digitization and data integration // Trends in Ecology & Evolution. – 2020. – Vol. 35(10). – P. 819–832. DOI: 10.1016/j.tree.2020.06.010

- Галиев Ж. М., Калкаманова А. Б. Гербарный фонд кафедры общей биологии Северо-Казахстанского государственного университета имени М. Козыбаева: учебно-методическое пособие для студентов по ботаническим дисциплинам. – Петропавловск: СКГУ им. М. Козыбаева, 2006. – 58 с.
- Heberling J.M., Prather L.A., Tonsor S.J. Herbarium specimens as exaptations: New uses for old collections // *American Journal of Botany*. – 2019. – Vol. 106(3). – P. 381–387. DOI: 10.1002/ajb2.1225
- Groom Q., et al. The importance of publishing data papers for biodiversity datasets // *Biodiversity Data Journal*. – 2017. – Vol. 5. – e20519. DOI: 10.3897/BDJ.5.e20519
- Hardisty A., Roberts D. A decadal view of biodiversity informatics: challenges and priorities // *BMC Ecology*. – 2013. – Vol. 13. – 16. DOI: 10.1186/1472-6785-13-16
- Краткое руководство по подготовке наборов данных для публикации через Глобальный информационный фонд по биоразнообразию (GBIF) / сост. О. И. Бородин. Минск: Экоперспектива, 2022. – 64 с. ISBN 978-985-469-896-0.
- Kuandiykova M. (2025). Herbarium of the Fabaceae family North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev (SQU). NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/j95r2t> accessed via GBIF.org on 2026-06-24.
- Кубентаев С. А., Мухтубаева С. К. Формирование гербарного фонда Астанинского ботанического сада // *Материалы международной научно-практической конференции «Изучение, сохранение и рациональное использование растительного мира Евразии»*. – Алматы, 2022. – С. 354–357.
- Kubentayev S, Alibekov D, Baasanmunkh S, Nobis M, Myrzagaliyeva A, Tustubayeva S, Kubentayeva B, Idrissova Z, Munkhtulga D, Tsegmed Z, Choi H J, Sennikov A (2026). Checklist of Native Vascular Plants of Kazakhstan. Astana International University (AIU). Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/m75hmd> accessed via GBIF.org on 2026-06-24.
- Lyubchic V (2025). Weeds in the barley and wheat fields in the North Kazakhstan region, Gabit Musrepov district. NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/peshvt> accessed via GBIF.org on 2026-06-24.
- Meineke E.K., Davis C.C., Davies T.J. The unrealized potential of herbaria for global change biology // *Ecological Monographs*. – 2018. – Vol. 88(4). – P. 505–525. DOI: 10.1002/ecm.1307
- Nelson G., Ellis S. The history and impact of digitization and digital data mobilization on biodiversity research // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. – 2019. – Vol. 374. – 20170391. DOI: 10.1098/rstb.2017.0391
- Осмонали Б. Б., Веселова П. В., Кудабаева Г. М., Данилов М. П. Формирование онлайн электронной базы гербарных образцов гербарного фонда (АА) Института ботаники и фитоинтродукции // *Материалы международной научно-практической конференции «Изучение, сохранение и рациональное использование растительного мира Евразии»*. – Алматы, 2022. – С. 521–528.
- Robertson T., et al. The GBIF Integrated Publishing Toolkit: facilitating the efficient publishing of biodiversity data on the internet // *PLoS ONE*. – 2014. – Vol. 9(8). – e102623. DOI: 10.1371/journal.pone.0102623
- Романчук В. В. Оцифровка и индексация гербария растений подкласса Lamiidae гербарного фонда кафедры «Биология» СКУ им. М. Козыбаева: автореф. магистерской диссертации. 2024. – 7 с.
- Romanchuk V. (2024). The subclass Lamiidae Herbarium of M. Kozybaev University (SQU). NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ubzs5t> accessed via GBIF.org on 2026-06-24.
- Романчук В. В., Мадиева А. Н., Тлеубергенова Г. С. Состояние вопроса создания электронного гербария в Казахстане // *Вестник Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева*. – 2024. – № 1 (61). – С. 17–27.
- Романчук В. В., Тлеубергенова Г. С. Таксономический состав подкласса Lamiidae в гербарной коллекции кафедры «Биология» СКУ им. М. Козыбаева // *Вестник Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева*. – 2023. – № 4 (60). – С. 24–34. <https://doi.org/10.54596/2958-0048-2023-4-24-34>
- Skakunova P. Herbarium Collection of Asteraceae (Compositae) from North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev (SQU). Version 1.2. NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset. <https://doi.org/10.15468/hrb39k> (accessed 17.11.2025).
- Tleubergenova G. (2026). Representatives of the Convallariaceae family in the herbarium collection of North Kazakhstan University. NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset: <https://doi.org/10.15468/f9r8qq> accessed via GBIF.org on 2026-06-24.
- Tleubergenova G, Galaktionova E, Skakunova P (2025). Herbarium Collection of Orchidaceae (Orchid family) from North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev (SQU). Version 1.2. NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/quwnan> accessed via GBIF.org on 2026-06-24.
- Tleubergenova G, Galaktionova E, Skakunova P (2025). Herbarium Collection of Liliaceae (Lily family) from North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev (SQU). NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/gq23d8> accessed via GBIF.org on 2026-06-24.
- Tleubergenova G, Galaktionova E, Skakunova P (2025). Herbarium Collection of Ericaceae from North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev (SQU). Version 1.3. NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ctmk23> accessed via GBIF.org on 2026-06-24.
- Тлеубергенова Г. С., Кузнецова М. А. Флора и растительность Северо-Казахстанской области. – Петропавловск: СКГУ им. М. Козыбаева. – 2017. – 150 с.
- Tleubergenova G.S., Safonov A.I., Galaktionova E.V. Floristic finds in the Northern Priishimye, Kazakhstan // *Вестник Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева*. – 2024. – № 3 (63). – С. 34–40.
- Шакеева Ж. Е. Биоразнообразие представителей семейства Астровых во флоре СКО: автореф. магистерской диссертации. – Петропавловск: СКГУ им. М. Козыбаева. – 2018. – 7 с.

References

- Alibekov, D., Kubentayev, S., Nobis, M., Ishmuratova, M., Chepinoga, V., Sennikov, A. (2026). Checklist of Alien Vascular Plants of Kazakhstan. Astana International University (AIU). Checklist dataset. <https://doi.org/10.15468/tz64jk> accessed via GBIF.org on 2026-06-24. [in Eng.]
- Bujvolov, Yu. A., Ivanova, N. V., Shashkov, M. P. (2019). *Ocifrovka dannyh Letopisej prirody i nauchnyh biologicheskikh kolektsij osobno ohranyaemykh prirodnykh territorij: uchebnoe posobie*. – FGBU «Prioksko-Terrasnyj gosudarstvennyj prirodnyj biosfernyj zapovednik», 2019. [in Russ.]
- Borsch, T., et al. (2020). The herbarium of the future: advancing digitization and data integration // *Trends in Ecology & Evolution*. – 2020. – Vol. 35(10). – P. 819–832. DOI: 10.1016/j.tree.2020.06.010. [in Eng.]
- Galiev, Zh. M., Kalkamanova, A. B. (2006). *Gerbarnyj fond kafedry obshchej biologii Severo-Kazhastanskogo gosudarstvennogo*

- universiteta imeni M. Kozybaeva: uchebno-metodicheskoe posobie dlya studentov po botanicheskim disciplinam. – Petropavlovsk: SKGU im. M. Kozybaeva, 2006. – 58 s. [in Russ.]
- Heberling, J.M., Prather, L.A., Tonsor, S.J. (2019). Herbarium specimens as exaptations: New uses for old collections // *American Journal of Botany*. – 2019. – Vol. 106(3). – P. 381–387. DOI: 10.1002/ajb2.1225. [in Eng.]
- Groom, Q., et al. (2017). The importance of publishing data papers for biodiversity datasets // *Biodiversity Data Journal*. – 2017. – Vol. 5. – e20519. DOI: 10.3897/BDJ.5.e20519. [in Eng.]
- Hardisty, A., Roberts D. (2013). A decadal view of biodiversity informatics: challenges and priorities // *BMC Ecology*. – 2013. – Vol. 13. – 16. DOI: 10.1186/1472-6785-13-16. [in Eng.]
- Borodin, O. I. (2022). *Kratkoe rukovodstvo po podgotovke naborov dannyh dlya publikacii cherez Global'nyj informacionnyj fond po bioraznoobraziyu (GBIF)* / sost. O. I. Borodin. Minsk: Ekoperspektiva, 2022. – 64 s. ISBN 978-985-469-896-0. [in Russ.]
- Kuandykova, M. (2025). Herbarium of the Fabaceae family North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev (SQU). NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/j95r2t> accessed via GBIF.org on 2026-06-24. [in Eng.]
- Kubentaev, S. A., Muhtubaeva, S. K. (2022). Formirovanie gerbarnogo fonda Astaninskogo botanicheskogo sada // *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Izuchenie, sohranenie i racional'noe ispol'zovanie rastitel'nogo mira Evrazii»*. – Almaty, 2022. – S. 354–357. [in Russ.]
- Kubentayev, S., Alibekov, D., Baasanmunkh, S., Nobis, M., Myrzagaliyeva, A., Tustubayeva, S., Kubentayeva, B., Idrissova, Z., Munkhtulga, D., Tsegmed, Z., Choi, H. J., Sennikov, A. (2026). Checklist of Native Vascular Plants of Kazakhstan. Astana International University (AIU). Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/m75hmd> accessed via GBIF.org on 2026-06-24. [in Eng.]
- Lyubchic, V. (2025). Weeds in the barley and wheat fields in the North Kazakhstan region, Gabit Musrepov district. NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/peshvt> accessed via GBIF.org on 2026-06-24. [in Eng.]
- Meineke, E.K., Davis, C.C., Davies, T.J. (2018). The unrealized potential of herbaria for global change biology // *Ecological Monographs*. – 2018. – Vol. 88(4). – P. 505–525. DOI: 10.1002/ecm.1307. [in Eng.]
- Nelson, G., Ellis, S. (2019). The history and impact of digitization and digital data mobilization on biodiversity research // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. – 2019. – Vol. 374. – 20170391. DOI: 10.1098/rstb.2017.0391. [in Eng.]
- Osmonali, B. B., Veselova, P. V., Kudabaeva, G. M., Danilov, M. P. (2022). Formirovanie onlajn elektronnoy bazy gerbarnykh obrazcov gerbarnogo fonda (AA) Instituta botaniki i fitointrodukcii // *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Izuchenie, sohranenie i racional'noe ispol'zovanie rastitel'nogo mira Evrazii»*. – Almaty, 2022. – S. 521–528. [in Russ.]
- Robertson, T., et al. (2014). The GBIF Integrated Publishing Toolkit: facilitating the efficient publishing of biodiversity data on the internet // *PLoS ONE*. – 2014. – Vol. 9(8). – e102623. DOI: 10.1371/journal.pone.0102623. [in Eng.]
- Romanchuk, V. V. (2024). Ocifrovka i indeksaciya gerbariya rastenij podklasa Lamiidae gerbarnogo fonda kafedry «Biologiya» SKU im. M. Kozybaeva: avtoref. masterskoj dissertacii. 2024. – 7 s. [in Russ.]
- Romanchuk, V. (2024). The subclass Lamiidae Herbarium of M. Kozybaev University (SQU). NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ubzs5t> accessed via GBIF.org on 2026-06-24. [in Eng.]
- Romanchuk, V. V., Madieva, A. N., Tleubergenova, G. S. (2024). Sostoyanie voprosa sozdaniya elektronnoy gerbariya v Kazahstane // *Vestnik Severo-Kazhastanskogo universiteta im. M. Kozybaeva*. – 2024. – № 1 (61). – S. 17–27. [in Russ.]
- Romanchuk, V. V., Tleubergenova, G. S. (2023). Taksonomicheskij sostav podklasa Lamiidae v gerbarnoj kollekcii kafedry «Biologiya» SKU im. M. Kozybaeva // *Vestnik Severo-Kazhastanskogo universiteta im. M. Kozybaeva*. – 2023. – № 4 (60). – S. 24–34. <https://doi.org/10.54596/2958-0048-2023-4-24-34>. [in Russ.]
- Skakunova, P. (2025). Herbarium Collection of Asteraceae (Compositae) from North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev (SQU). Version 1.2. NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset. <https://doi.org/10.15468/hrb39k> (accessed 17.11.2025). [in Eng.]
- Tleubergenova, G. (2026). Representatives of the Convallariaceae family in the herbarium collection of North Kazakhstan University. NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset: <https://doi.org/10.15468/f9r8qq> accessed via GBIF.org on 2026-06-24. [in Eng.]
- Tleubergenova, G., Galaktionova, E., Skakunova, P. (2025). Herbarium Collection of Orchidaceae (Orchid family) from North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev (SQU). Version 1.2. NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/quwnan> accessed via GBIF.org on 2026-06-24. [in Eng.]
- Tleubergenova, G., Galaktionova, E., Skakunova, P. (2025). Herbarium Collection of Liliaceae (Lily family) from North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev (SQU). NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/gq23d8> accessed via GBIF.org on 2026-06-24. [in Eng.]
- Tleubergenova, G., Galaktionova, E., Skakunova, P. (2025). Herbarium Collection of Ericaceae from North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev (SQU). Version 1.3. NLS «M. Kozybayev North Kazakhstan University». Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ctmk23> accessed via GBIF.org on 2026-06-24. [in Eng.]
- Tleubergenova, G. S., Kuznecova, M. A. (2017). Flora i rastitel'nost' Severo-Kazhastanskoy oblasti. – Petropavlovsk: SKGU im. M. Kozybaeva. – 2017. – 150 s. [in Russ.]
- Tleubergenova, G.S., Safonov, A.I., Galaktionova, E.V. (2024). Floristic finds in the Northern Priishimye, Kazakhstan // *Vestnik Severo-Kazhastanskogo universiteta im. M. Kozybaeva*. – 2024. – № 3 (63). – C. 34–40. [in Eng.]
- Shakeeva, Zh. E. (2018). Bioraznoobraziye predstavitelej semejstva Astrovykh vo flore SKO: avtoref. masterskoj dissertacii. – Petropavlovsk: SKGU im. M. Kozybaeva. – 2018. – 7 s. [in Russ.]

Редактор: Мырзабекова А.М. Верстка: Сексенова Ж.М. Подписано в печать: 30.06.2026 г.
Издание: ТОО Международный университет Астана 010000, Казахстан, г. Астана, пр. Кабанбай
батыра, 8, тел.: +7 (7172) 47-62-10 (214), e-mail: nsj@aiu.edu.kz