

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

Экология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия экологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EURASIAN JOURNAL

of Ecology

№4 (77)

Алматы
«Қазақ университеті»
2023



ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №4 (77) желтоқсан



04. 05. 2017 ж. Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникация министрлігінде тіркелген

Күәлік № 16501-Ж

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады
(наурыз, маусым, қыркүйек, желтоқсан)

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Омирбекова А.А., PhD, и.о. доцента (Қазақстан)
e-mail: anel.omirbekova@kaznu.edu.kz

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Заядан Б.К., б.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі,
(ғылыми редактор) (Қазақстан)
Колумбаева С.Ж., б.ғ.д., профессор (ғылыми редактордың
орынбасары) (Қазақстан)
Қурманбаева М.С., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Жубанова А.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Шалахметова Т.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Кенжебаева С.С., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Атабаева С.Дж., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Садырова Г.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Абилев С.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Тажимаева Т.Л., б.ғ.к., профессор м.а. (Қазақстан)

Бияшева З.М., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Мамиллов Н.Ш., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Инелова З.А., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Кушнаренко С.В., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Дигель И., PhD докторы, профессор (Германия)
Маторин Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)
Рахман Е., PhD, профессор (Қытай)
Тамо Тацуя. PhD, профессор (Жапония)
Аллахвердиев Сулейман. б.ғ.д., профессор (Ресей)
Каримов Б., б.ғ.д., профессор (Өзбекстан)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Какимова А.Б., PhD, оқытушы (Қазақстан)

Экология сериясы қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері,
қоршаған орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау, биологиялық
аулантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері бағыттарын қамтиды.



Жоба менеджері
Гульмира Шаққозова
Телефон: +7 701 724 2911
e-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Компьютерде беттеген
Айгүл Алдашева

ИБ №15209

Пішімі 60x84/8. Көлемі 11,25 б.т. Тапсырыс № 40.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің
«Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

1-бөлім
**ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ
ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА
АНТРОПОГЕНДІК ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ**

Section 1
**ENVIRONMENTAL IMPACT
OF ANTHROPOGENIC FACTORS
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

Раздел 1
**ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Л.С. Болуспаева^{1*}, А.Б. Абжалелов¹,
В. Спыхальский², С.А. Бакин³

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Астана

²Университет естественных наук в Познани, Польша, г. Познань

³Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Казахстан, г. Усть-Каменогорск

*e-mail: boluspaeva82@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОТОРАСТВОРИМОЙ ФОРМЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА

В настоящей статье отражены итоги изучения присутствия кислоторастворимой формы тяжелых металлов в почвах крупного промышленного центра. Для проведения химического анализа были отобраны пробы на различных по загрязненности участках города: в северной промышленной зоне, в северо-восточной промышленной зоне, в центральной селитебной зоне, в пригородной зоне. В подготовленных пробах почв определяли концентрацию Zn, Pb, Cu, Cd.

По результатам химического анализа установлено, что средние концентрации кислоторастворимой формы исследованных тяжелых металлов превышают фоновые значения. Необходимо учитывать, валовый запас и физико-химические свойства почв влияют на содержание исследуемой формы данных металлов в среде. Таким образом, в лугово-черноземной почве обнаружены максимальное содержание данных элементов, а в черноземах южных – минимальное. Выявлена большая мозаичность наличия тяжелых металлов в изучаемой местности. Для почв изучаемой территории, характерна цинково-кадмиевая геохимическая специализация исследуемой формы тяжелых металлов.

Результаты исследования показывают, что почвы в селитебных районах и северо-восточных промзонах загрязнены умеренно, северные промзоны сильно загрязнены, восточные пригороды находятся на приемлемом уровне загрязнения.

Ключевые слова: почва, промышленный город, геохимическая специализация, экологическая оценка, загрязнение почвы.

L.S. Boluspayeva^{1*}, A.B. Abzhalelov¹, W. Spychalski², S.A. Bakin³

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana

²Pozna University of Life Sciences, Poland, Poznan

³Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk

*e-mail: boluspaeva82@mail.ru

Content of the acid-soluble form of heavy metals in soils of Ust-Kamenogorsk

The findings of a study on the amount of heavy metals in the soils of a significant industrial area are presented in this scientific publication. Samples were collected in various contaminated locations of the city for chemical analysis: in the northern industrial zone, in the northeastern industrial zone, in the central residential zone, in the suburban zone. The contents of Zn, Pb, Cu, and Cd were determined in the prepared soil samples.

Based on the results of chemical analysis, it was discovered that the average concentrations of the acid-soluble form of the studied heavy metals exceed the background values. The total reserve and physicochemical characteristics of soils determine the amount of acid-soluble heavy metals present in the soil. Thus, the maximum content of mobile heavy metals was discovered in the meadow-chernozem soil, and the minimum in the southern chernozems. A large mosaic content of heavy metals was revealed for the territory under consideration. On average, the acid-soluble heavy metals are characterized by zinc-cadmium geochemical specialization.

It has been established that the soils of residential areas and the northeastern industrial zone are classified as medium pollution, the soils of the northern industrial zone are highly polluted, and the soils of the eastern outskirts are to an acceptable level of pollution.

Key words: soil, heavy metals, environmental assessment, soil pollution.

Л.С. Болуспаева^{1*}, А.Б. Абжалелов¹, В. Спыхальский², С.А. Бакин³

¹А.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

²Познань жаратылыстану университеті, Польша, Познань қ.

³С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Қазақстан, Өскемен қ.

*e-mail: boluspaeva82@mail.ru

Өскемен қаласының топырағындағы ауыр металдардың қышқылда еритін формасының мөлшері

Бұл ғылыми жұмыста ірі өнеркәсіптік орталығының топырақтарындағы ауыр металдардың қышқылда еритін түрінің зерттеу нәтижелері берілген. Химиялық талдау үшін ластануы бойынша әртүрлі қаланың аудандарынан: солтүстік өнеркәсіптік аймақтан, солтүстік-шығыс өнеркәсіптік аймақтан, орталық тұрғын аймақтан, қала маңы аймақтарынан сынамалар алынды. Дайындалған топырақ үлгілерінде Zn, Pb, Cu және Cd мөлшері анықталды.

Химиялық талдау нәтижелері бойынша зерттеліп отырған ауыр металдардың қышқылда еритін формасының орташа концентрациясы фондық мәндерден жоғары екені анықталды. Топырақтағы ауыр металдардың қышқылда еритін формасының мөлшері металдың жалпы қорына және топырақтың физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты екенін атап өткен жөн. Осылайша, ауыр металдардың жылжымалы түрлерінің максималды мөлшері шалғынды-қара топырақта, ал ең азы оңтүстік қара топырақтарда табылды. Қарастырылып отырған аумақ үшін ауыр металдардың мозаикалық құрамы анықталған. Жалпы алғанда Өскемен топырағындағы ауыр металдардың қышқылда еритін түрі мырыш-кадмий геохимиялық мамандануымен сипатталады.

Орталық тұрғын аймақтың және солтүстік-шығыс өнеркәсіптік аймақтың топырақтары орташа ластануға жатады, солтүстік өнеркәсіптік аймақтың топырақтары өте ластанған, ал шығыс шет аймақтарының топырақтары ластанудың қолайлы деңгейінде екені анықталды.

Түйін сөздер: топырақ, ауыр металдар, қоршаған ортаның жағдайын бағалау, топырақтың ластануы.

Введение

Урбоэкосистемы – это техногенные территории, которые сегодня являются основными источниками загрязнения окружающей среды, в том числе и высокотоксичными тяжелыми металлами, обладающими канцерогенным и мутагенным эффектами [1,2]. В мегаполисах накопление тяжелых металлов в почвах происходит из природных и антропогенных источников, включая выбросы от транспортных средств, сжигания угля и различных видов промышленной деятельности [3,4,5,6].

Загрязнение городских почв тяжелыми металлами вызывает серьезные заботы об окружающей среде во всем мире [7,8,9], так как они относительно быстро накапливаются в почве и очень медленно удаляются из него [10]. Из почвы тяжелые металлы поглощаются апопластом корней растений и далее распределяются и накапливаются в их съедобных и несъедобных частях, создавая непосредственную опасность для пищевой цепи [11,12,13].

Таким образом, превышение в почве содержания данных металлов является чрезвычайно важной проблемой, и необходимо разработать и использовать соответствующие методы ее устранения. Рациональное использование городских

земельных ресурсов требует учета сведений о состоянии почвы и характерной информации каждой функциональной зоны. Отказ от использования этих данных может привести к необоснованным материальным затратам и снижению комфортности и безопасности среды обитания граждан [14,15,16].

Усть-Каменогорск – промышленный город с множеством предприятий, которые работают на добыче и переработке сырья. В районе есть цветная и черная металлургия, атомная промышленность и тепловые электростанции. Высокий уровень техногенной нагрузки на регион негативно повлиял на изменение экологической ситуации, что делает возможным рассматривать его как один из самых загрязненных городов республики [17,18,19].

По сведениям РГУ «Департамент экологии по ВКО» (2021 год) в области действуют 788 предприятий, осуществляющих эмиссии в окружающую среду. Фактические суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников составляют 130,89 тысяч тонн, из которых по объектам 1 категории – 76,95 тысяч тонн, по остальным категориям – 53,94 тысяч тонн. По данным сети наблюдений г. Усть-Каменогорска, уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивался как высокий

[20]. В городе отмечаются превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосфере в несколько раз [21].

В пылевых выбросах данных предприятий содержатся тяжелые металлы, которые характеризуются четко выраженными кумулятивными свойствами по отношению к почве и населяющей ее биоте. Важное значение приобретают сведения о подвижности тяжелых металлов в почве. Мобильные химические элементы способны переходить в форму, доступную для поглощения растениями. Избыточное количество этой формы в почве чревато загрязнением растительной продукции. Также, следует иметь в ви-

ду угрозу ухудшения агроэкологического состояния почвы, так как значительная часть города Усть-Каменогорска занимают садово-огородные участки, где выращиваются сельскохозяйственные культуры.

Материалы и методы

Почвенные пробы отбирали по всей территории города Усть-Каменогорска согласно ГО-СТам [22,23,24] и методическим рекомендациям [25,26].

Отбор проб проводился с глубины 0–25 см, который считается гумусо-аккумулятивным слоем (рисунок 1).

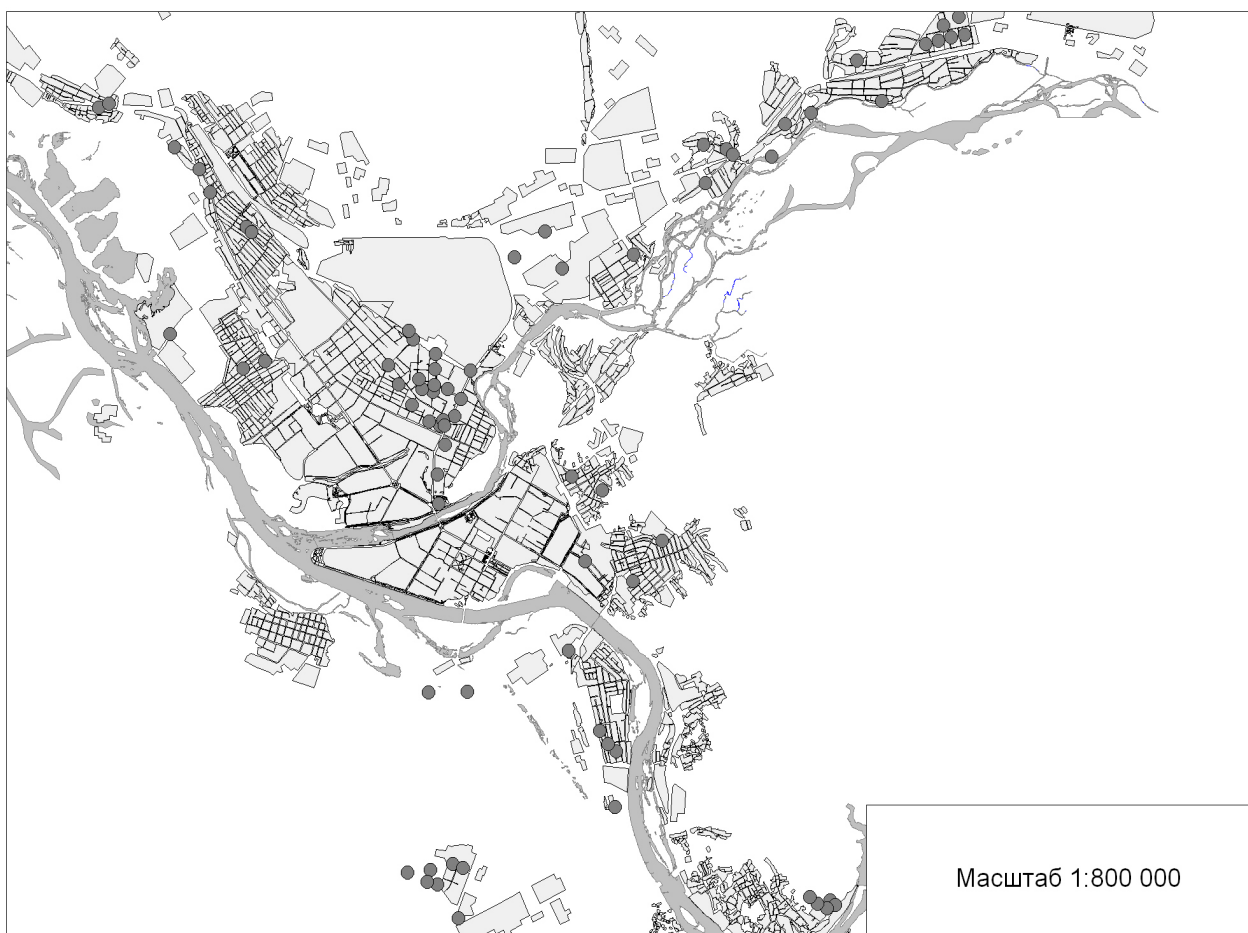


Рисунок 1 – Карта-схема точек отбора проб почв г. Усть-Каменогорска

По литературным источникам в данном слое почвенного покрова локализовано до 80% запасов химических элементов антропогенного происхождения.

Нами были выделены четыре зоны: северная промышленная, северо-восточная промышленная, центральная селитебная и пригородная.

В северной промышленной зоне расположены крупные промышленные объекты, как АО AES Усть-Каменогорский ТЭЦ, АО Ульбинский металлургический завод, ТОО «Казцинк». Во второй – северо-восточной промышленной зоне – территории Согринской ТЭЦ и АО Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината. В третьей – селитебной зоне находятся жилые кварталы областного центра. Район КШТ (комбината шелковых тканей), Район КШТ, левобережье и жилые массивы в районе Усть-Каменогорской ГЭС отнесены к четвертому району – пригороду.

Пробы отбирали на расстоянии 500 м, 1, 5, 7, 10 и 15 км от источника загрязнения в районах, близких к крупнейшим источникам выбросов в атмосферу — свинцово-цинковым, титано-магниевым и другим предприятиям.

Отобранные пробы почв объединяли, перемешивали, просеивали через сито 1 мм и отправ-

ляли в лабораторию. Для извлечения кислоторастворимой формы тяжелых металлов применяли экстрагент – 1 н. раствор HCl, который используется для извлечения общих подвижных форм тяжелых металлов.

В образцах почв определяли свинец, цинк, медь и кадмий.

Статистическую обработку данных проводили по Н.А. Плохинскому [27] с использованием программы Microsoft® Excel.

Результаты и их обсуждение

Проведенные химические анализы показали, что средняя концентрация тяжелых металлов в кислоторастворимой форме колеблется от 0,9 мг/кг (Cd) до 108,6 мг/кг (Zn). Геохимический состав почв города Усть-Каменогорска имеет следующий вид: Zn (108,6) > Cu (15,8) > Pb (12,5) > Cd (0,9) (таблица 1).

Таблица 1 – Кислоторастворимая форма тяжелых металлов (мг/кг) в почвах г. Усть-Каменогорска

Элемент	Общее содержание исследуемых металлов в почве, мг/кг	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	σ	Cv, %	Lim	Фон
Cu	84,7±2,1	15,8±0,3	5,3	33,1	1,4-59,4	4,1
Zn	306,8±17	108,6±4,4	78,8	72,5	4,9-921,3	5,3
Pb	59,5±0,9	12,5±0,2	4,0	32,1	2,9-46,7	4,9
Cd	2,49±0,1	0,9±0,03	0,5	61,6	0,07-5,75	0,11

Предел изменения коэффициента вариации кислоторастворимой формы исследуемых металлов составляет от 32,1% (Pb) до 72,5% (Zn).

По коэффициенту вариации тяжелые металлы расположены в убывающий ряд: Zn > Cd > Cu > Pb.

В исследованных образцах почв коэффициент вариаций исследуемой формы Pb превышает

фоновый уровень в 2,6 раза, Cu в 3,9 раза, Cd в 8,1 раза, Zn превышает в 20,5 раза.

Содержание кислоторастворимой формы Cu не превышает допустимый уровень (ОДК=50-100 мг/кг) по сравнению с утвержденными ОДК [28]. Превышение по Zn (ОДК=60 мг/кг) составило в 1,8 раза.

Таблица 2 – Процентное содержания кислоторастворимой формы химических элементов в почвах г. Усть-Каменогорска

Элемент		Элемент	
Cu	$\frac{25,2}{3,6-51,5}$	Cd	$\frac{49,9}{16,1-80,1}$
Zn	$\frac{42,4}{15,8-90,1}$	Pb	$\frac{25,5}{11,2-46,5}$

Примечание: в числителе – средняя арифметическая; в знаменателе – предел колебаний, %.

Рассматриваемая территория характеризуется повышенным содержанием тяжелых металлов, которые неравномерно распределяются по всему городу. В городских почвах максимальное содержание цинка в кислоторастворимой форме превышало минимальное в 188,9 раза, кадмия в 82,1 раза, меди в 42,4 раза, свинца в 16,1 раза.

По подвижности (%) от общего содержания, рассматриваемые тяжелые металлы показывают следующий порядок убывания (таблица 2): кадмий (49,9) > цинк (42,4) > свинец (25,5) > медь (25,2).

На подвижность тяжелых металлов влияет ряд факторов: содержание органического вещества, реакция среды, дисперсный состав почв, буферная способность почвы, емкость катионного обмена и др. Подвижность тем выше, чем меньше рН почвенного раствора. Чем выше емкость катионного обмена, тем больше металла задерживается в почве, и тем меньше тяжелых

металлов попадает в растения и живые организмы (таблица 3).

Исследования показывают, что наибольшее наличие мобильных форм данных металлов выявлено в лугово-черноземной почве, что может быть связано с высоким уровнем валового содержания изученных элементов в данной почве.

Наименьшие концентрации тяжелых металлов в кислоторастворимой форме обнаружены в черноземах южных, характеризующихся умеренной буферной способностью и более тяжелым гранулометрическим составом, также в этих почвах обнаружено наименьшее количество общего содержания вышеуказанных металлов.

Валовое количество изучаемых металлов влияет на количественное содержание мобильных форм изучаемых металлов. Поэтому для сравнения приведены данные о концентрациях исследуемых металлов в разных загрязненных районах города. (таблица 4).

Таблица 3 – Количество кислоторастворимых тяжелых металлов в различных почвах г. Усть-Каменогорска

Элемент	Lim, мг/кг	Cv, %	σ	$\bar{x} \pm \bar{Sx}$ мг/кг
Лугово-черноземные				
Cu	10,5-94,3	20,6	9,7	47,2±1,1
Zn	20,1-601,4	39,8	78,5	196,3±8,9
Pb	14,8-52,8	15,9	5,0	31,6±0,6
Cd	0,45-5,64	26,1	0,7	2,7±0,08
Черноземы южные				
Cu	1,4-14,6	20,7	1,6	7,7±0,2
Zn	4,9-53,8	39,5	6,9	17,4±0,8
Pb	3,6-25,1	27,1	2,6	9,6±0,3
Cd	0,07-0,2	17,9	0,02	0,1±0,002
Пойменные луговые черноземные				
Cu	6,4-31,3	17,3	2,5	14,6±0,3
Zn	9,9-218,7	52,5	28,2	53,7±2,9
Pb	4,5-25,4	23,5	2,6	11,2±0,3
Cd	0,11-1,3	38,7	0,2	0,4±0,01
Черноземы обыкновенные				
Cu	5,2-43,3	38,8	5,9	15,1±0,6
Zn	11,8-210,8	42,5	25,8	60,6±2,8
Pb	3,8-50,5	30,6	6,5	21,1±0,7
Cd	0,08-4,9	58,6	0,7	0,9±0,06

Таблица 4 – Количественное содержание мобильной формы металлов (мг/кг) в различных типах почв

Функциональная зона	Почвы	Cu	Zn	Pb	Cd
Северная промышленная	Лугово-черноземные	$\frac{39,5}{9,8-94,3}$	$\frac{210,5}{16,7-901,3}$	$\frac{32,5}{10,9-63,7}$	$\frac{2,1}{0,26-5,75}$
Центральная селитебная	Пойменные луговые черноземные	$\frac{12,5}{6,4-20,1}$	$\frac{65,0}{9,9-218,7}$	$\frac{8,5}{4,5-18,2}$	$\frac{0,5}{0,11-1,3}$
	Черноземы обыкновенные	$\frac{10,4}{6,7-22,5}$	$\frac{58,6}{16,8-148,6}$	$\frac{11,3}{3,8-13,8}$	$\frac{0,3}{0,08-0,35}$
Восточная пригородная	Черноземы южные	$\frac{7,8}{1,4-14,6}$	$\frac{17,4}{4,9-53,8}$	$\frac{9,6}{3,6-25,1}$	$\frac{0,1}{0,07-0,2}$
	Черноземы обыкновенные	$\frac{7,5}{5,4-10,2}$	$\frac{73,8}{60,6-85,7}$	$\frac{16,9}{12,9-24,8}$	$\frac{0,9}{0,6-1,4}$
Северо-восточная промышленная	Черноземы обыкновенные	$\frac{19,9}{5,2-43,3}$	$\frac{56,7}{11,8-210,8}$	$\frac{26,9}{10,1-50,5}$	$\frac{1,3}{0,12-4,9}$
	Пойменные луговые черноземные	$\frac{20,8}{14,2-31,3}$	$\frac{21,9}{14,4-35,5}$	$\frac{18,8}{12,1-25,4}$	$\frac{0,4}{0,22-0,8}$

Из данной таблицы видно, что при одинаковом уровне загрязнения, почвы с высокой буферностью и тяжелым гранулометрическим составом эффективнее переводят тяжелые металлы в малодоступные для растений слабо мигрирующие соединения.

По степени накопления тяжелых металлов почвы располагаются в следующем убывающем

ряду: лугово-черноземные > пойменные луговые черноземные > черноземы обыкновенные > черноземы южные.

Установлено, что максимальное среднее содержание кислоторастворимой формы тяжелых металлов, как и их валового количества, наблюдается в почвах, отобранных в северной промышленной зоне города (таблица 5).

Таблица 5 – Кислоторастворимая форма тяжелых металлов (мг/кг) в почвах различных по загрязненности зонах г. Усть-Каменогорска

Элемент	Северо-восточная промышленная	Северная промышленная	Восточный пригород	Центральная селитебная
Cu	$\frac{20,2 \pm 0,6}{5,2-43,3}$	$\frac{39,5 \pm 1,4}{9,8-94,3}$	$\frac{7,7 \pm 0,2}{1,4-14,6}$	$\frac{11,8 \pm 0,2}{6,4-22,5}$
Zn	$\frac{47,5 \pm 2,6}{11,8-210,8}$	$\frac{210,5 \pm 15,3}{16,7-901,3}$	$\frac{32,3 \pm 1,9}{4,9-85,7}$	$\frac{63,1 \pm 2,8}{9,9-218,6}$
Cd	$\frac{1,04 \pm 0,6}{0,12-4,87}$	$\frac{2,1 \pm 0,1}{0,26-5,75}$	$\frac{0,3 \pm 0,4}{0,07-1,42}$	$\frac{0,4 \pm 0,2}{0,08-1,3}$
Pb	$\frac{24,7 \pm 0,05}{10,1-50,5}$	$\frac{32,5 \pm 0,9}{10,9-63,7}$	$\frac{11,1 \pm 0,03}{3,6-25,1}$	$\frac{9,3 \pm 0,01}{3,8-18,3}$

Примечание: средняя арифметическая и ее ошибка - в числителе; предел колебаний - в знаменателе.

В среднем наличие тяжелых металлов в почвах северной промышленной зоны было выше, чем в восточных районах: меди – в 5,1 раза, цинка – в 6,5, кадмия – в 7, свинца – в 3,4 раза. Содержание тяжелых металлов в почве северо-восточной промзоны выше, чем в вос-

точной пригородной почве: меди – в 2,6 раза, кадмия – в 3,4, цинка – в 1,9, свинца – в 2,1 раза.

В целом, вышеуказанные тяжелые металлы, по коэффициенту вариации образуют следующие убывающие ряды:

Северо-восточная промзона – Cd (52,9) > Zn (49,9) > Cu (25,3) > Pb (22,5);

Центральная (селитебная зона) – Zn (44,9) > Cd (41,9) > Pb (18,7) > Cu (16,8);

Северная промзона – Zn (63,9) > Cd (44,9) > Cu (32,0) > Pb (23,4);

Восточный пригород – Cd (63,5) > Zn (48,0) > Pb (29,7) > Cu (22,5).

Анализ полученных нами данных показывает, что между изучаемыми элементами существуют различные корреляционные взаимозависимости (таблица 6).

Сильная – для цинка и кадмия, средняя-для меди и кадмия, цинка и свинца, слабая-для меди и цинка, меди и свинца.

Выявленная корреляционная зависимость может быть связана с загрязнением почв из постоянных источников. Регрессионные уравнения прямой функции, показывают линейную зависимость валового содержания и кислоторастворимой формой исследуемых элементов (рисунок 2).

Концентрация и общее содержание мобильных форм исследованных металлов уменьшались с преобладающим направлением ветра (северо-западное, юго-восточное), что показано на рисунке 3.

Наличие кислоторастворимой формы меди в почве на расстоянии от 0,5 до 7 км от УК ТОО «Казцинк» меньше в 9 раз, Zn – в 14,7 раз, Cd – в 4,6 раз, Pb – в 1,7 раза соответственно (рисунок 3).

Таблица 6 – Показатели корреляционной зависимости между кислоторастворимыми формами исследуемых элементов в почвах

Элемент	Cu	Zn	Cd	Pb
Cu		0,54	0,56	0,53
Zn			0,77	0,58
Cd				0,71
Pb				

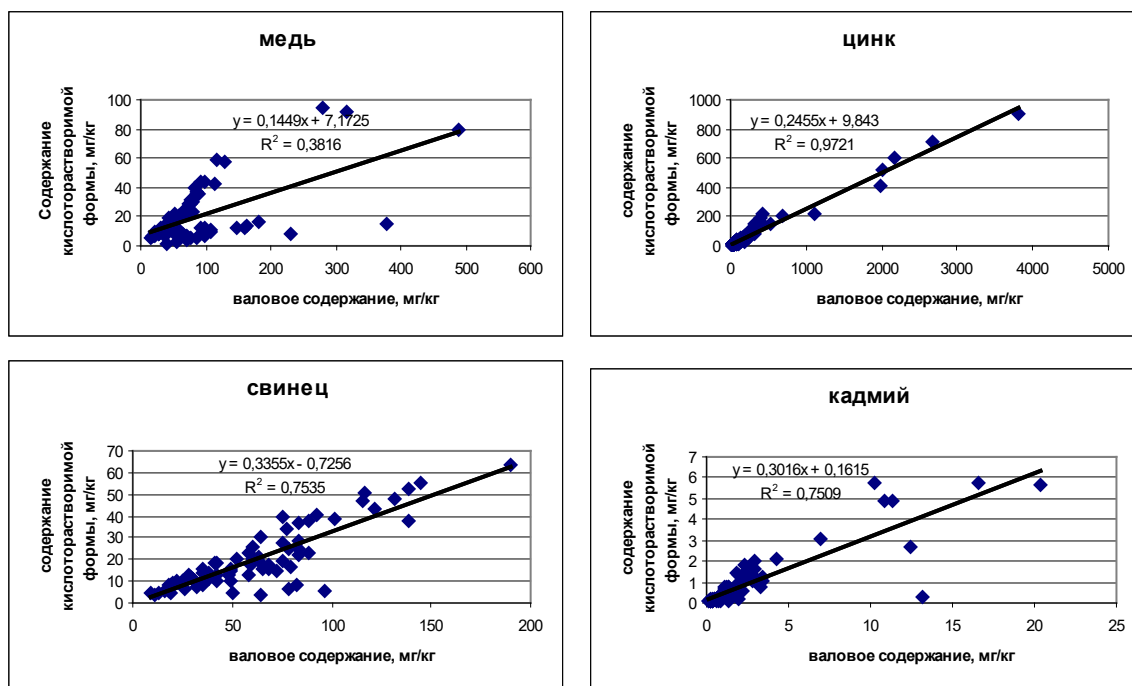


Рисунок 2 – Зависимость валового содержания ТМ и их кислоторастворимой формой в почвах г. Усть-Каменогорска

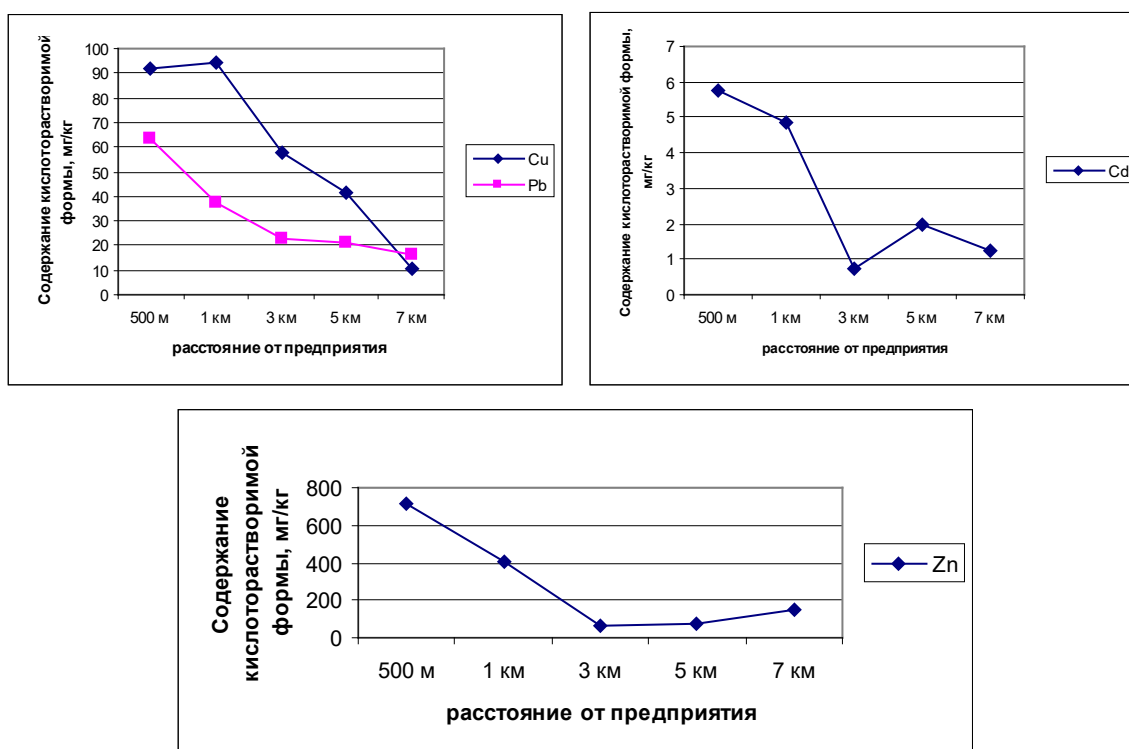


Рисунок 3 – Содержание мобильной формы исследуемых металлов в зависимости от расстояния от предприятия УК МК ТОО «Казцинк» (северо-восточное направление)

Такая же ситуация наблюдалась и по данной форме исследуемых металлов по удаленности от АО УК «Титано-магний комбинат», как показано на рисунке 4.

Почвенное состояние различных городских территорий оценивали по общему содержанию исследуемой формы [29,30] данных элементов

(таблица 7, рисунок 5).

Результаты исследования установили, что почвы г. Усть-Каменогорска по наличию исследуемой формы химических элементов, характеризуются цинково-кадмиевой геохимической специализацией: $Zn_{20,5} Cd_{8,2} Cu_{3,9} Pb_{2,6}$.

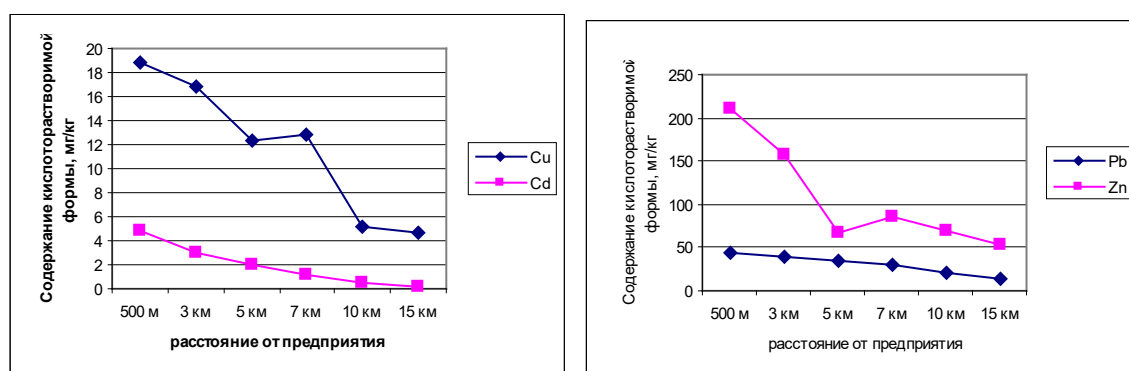


Рисунок 4 – Кислоторастворимая форма исследуемых элементов в зависимости от расстояния от предприятия АО УК титано-магний комбинат (северо-восточное направление)

Таблица 7 – Характеристика почв различных зон города

Зоны города	Значение Zc		Формула геохимической специализации
	Пределы колебания	В среднем по ареалу	
Северная промзона	11,5-235,8	72,3	Zn _{39,7} Cd _{19,1} Cu _{9,6} Pb _{6,6}
Северо-восточная промзона	5,7-66,5	25,4	Zn _{11,9} Cd _{9,2} Cu _{4,9} Pb _{4,1}
Центральная (селитебная)	5,8-52,7	17,3	Zn _{8,9} Cd _{3,6} Cu _{2,9} Pb _{2,3}
Восточный пригород	1,6-32,9	10,5	Zn _{6,1} Cd _{2,7} Cu=Pb _{1,9}
Общее по городу	5,7-235,8	32,1	Zn _{20,5} Cd _{8,2} Cu _{3,9} Pb _{2,6}

Почвы селитебной зоны и северо-восточной промышленной зоны относятся к средней степени загрязнения ($Z_c=25,4$ и $17,3$ соответственно), почвы северной промышленной зоны – к высокой степени загрязнения ($Z_c=72,3$), почвы восточного пригорода – к допустимому уровню загрязнения ($Z_c=10,5$).

Выводы

1. Содержание кислоторастворимой формы исследованных металлов в почвах данного промышленного города подчиняется общим законо-

мерностям – влияние содержания гумуса, гранулометрического состава, обменных катионов, реакций среды почвенного раствора и их валового запаса.

2. По степени накопления кислоторастворимой формы тяжелых металлов почвы располагаются в следующем убывающем ряду: лугово-черноземные > пойменные луговые черноземные > черноземы обыкновенные > черноземы южные.

3. Концентрации тяжелых металлов в почвах меняются в зависимости от удаленности от крупных промышленных центров и направления преобладающих ветров.

Литература







- Xiangyang Bi, Mohai Zhang, Yunjie Wu, Zhongbiao Fu, Guangyi Sun, Lihai Shang, Zhonggen Li, Pengcong Wang. Distribution patterns and sources of heavy metals in soils from an industry undeveloped city in Southern China // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. -2020. No 205.
- Jia, Z.Y., Wang, J.X., Zhou, X.D., Zhou, Y.J. Identification of the sources and influencing factors of potentially toxic elements accumulation in the soil from a typical karst region in Guangxi, Southwest China // *Environ. Pollut.* -2020. No 256.
- Liang, S., Cui, J., Bi, X., Luo, X., Li, X. Deciphering source contribution of trace metal contamination in urban soil, road dust, and foliar dust of Guangzhou, southern China // *Sci. Total Environ.* -2019. 695, 133596.
- Liu, L., Liu, Q., Ma, J., Wu, H., Qu, Y., Gong, Y., Yang, S., An, Y., Zhou, Y. Heavy metal(loid)s in the topsoil urban parks in Beijing, China: concentrations, potential sources, and risk assessment // *Environ. Pollut.* -2020. 260, 114083.
- Bi, X.Y., Li, Z.G., Wang, S.X., Zhang, L., Xu, R., Liu, J.L., Yang, H.M., Guo, M.Z. Lead isotopic compositions of selected coals, Pb/Zn ores and fuels in China and the application for source tracing // *Environ. Sci. Technol.* -2017. No 51 (22), -P. 13502–13508.
- Krzyzanowski P.K., Lee, S.S., Zhang, M., Tsang, Y.F., Kim, K.H. Heavy metals in food crops: health risks, fate, mechanisms, and management // *Environment International*. -2019. -P. 365–385. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>.
- Marta Crispo, Miriam C. Heavy metals and metalloids concentrations across UK urban horticultural soils and the factors influencing their bioavailability to food crops // *Environmental Pollution*. -2021. 288, 117960
- Rose M., Julius K., Stephen N., Mailu A. Heavy metal contamination of water, soil and vegetables in urban streams in Machakos municipality // *Kenya Scientific African*. – 2020. No 9.
- L. Yang, G. Zhu, H. Pan, P. Shi, J. Li, Y. Liu, H. Tong Surface dust heavy metals in the major cities, China // *Environmental Earth Science*. – 2017. – V. 76. – P. 757–771.
- Stearns J.C., Shah S., Glick B.R. Increasing plant tolerance to metals in the environment. *Phytoremediation: Methods and Reviews*. Humana Press // -2006. P. 15-26.
- Asmaa A., Hamad Khalid H. The Accumulation Risk of Heavy Metals in Vegetables which Grown in Contaminated Soil // *Baghdad Science Journal*.- 2021. No 18(3). – P. 471-479 <https://doi.org/10.17159/wsa/2020.v46.i2.8244>
- Mohamed Y. Health risk assessment quantification from heavy metals contamination in the urban soil and urban surface deposited sediment // *Journal of Taibah University for Science*. – 2020. No 14:1. – P. 285-293. DOI: 10.1080/16583655.2020.1735735
- Babra Moyo, Vhahangwele Matodzi, Malebogo A. Determination of Cd, Mn and Ni accumulated in fruits, vegetables and soil in the Thohoyandou town area, South Africa Water // *SA*. -2020. No 46(2). – P. 285–290.

14. Yelikbayev B.K., Marcela C., Jamalova G.A. Hyperaccumulator plants for phytoremediation of soil contaminated with heavy metals // *Bulletin of national academy of sciences of the republic of Kazakhstan*. -2020. -Vol. 5, No 387 – P. 34 – 40. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1467.140>
15. Жарикова Е.А. Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска// *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. -2021.- Т. 332. -№ 1. С.164–173
16. Жарикова Е.А. Особенности агрохимических свойств и элементного состава почв урбанизированных ландшафтов (на примере г. Уссурийска) // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2019. – № 3. – С.71–76.
17. Мамбетказиева Р.А., Данилова А.Н., Мамбетказиев Э.А. Региональные особенности природной среды Восточного Казахстана // *Вестник КАСУ*. -2011. №6.- С.35-39.
18. Woszczyk M., Spychalski W., Boluspaeva L. Trace metal (Cd, Cu, Pb, Zn) fractionation in urban-industrial soils of Ust-Kamenogorsk (Oskemen), Kazakhstan-implications for the assessment of environmental quality // *Environ Monit Assess*. -2018. No190 (6). P.362 (1-16).
19. Zhumadilov K., Ivannikov A., Zharlyganova D., Zhumadilov Z., Stepanenko V., Apsalikov K., Ali MR., Zhumadilova A., Toyoda S., Endo S., Tanaka K., Okamoto T., Hoshi M. ESR dosimetry study on population of settlements nearby Ust-Kamenogorsk city, Kazakhstan // *Radiat Environ Biophys*. -2009. No 48(4).- P.419-425.
20. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан, январь 2021, Министерство экологии, геологии и природных ресурсов, РГП «Казгидромет»
21. Cherednichenko V.S., Cherednichenko A.V., Cherednichenko Al.V., Zheksenbaeva A.K., Madibekov A.S. Heavy metal deposition through precipitation in Kazakhstan// *Heliyon*. -2021.No 7.
22. ГОСТ 5681-84. Полевые исследования почвы. Порядок и способ определения работ. Основные требования к результатам. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
23. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
24. ГОСТ 4979-49. Почвы. Отбор, хранение и транспортировка проб. – М.: Изд-во стандартов, 1980.
25. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв при контроле загрязнения окружающей среды металлами.-М.: Метеоиздат,1982. – 109 с.
26. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. – М., 1982
27. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1970. –С. 367.
28. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 151.
29. Саэт Ю.Е., Баршакевич И.Л., Ревич Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.
30. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – С.334.

References

1. Xiangyang Bi, Mohai Zhang, Yunjie Wu, Zhongbiao Fu, Guangyi Sun, Lihai Shang, Zhonggen Li, Pengcong Wang. Distribution patterns and sources of heavy metals in soils from an industry undeveloped city in Southern China// *Ecotoxicology and Environmental Safety*. -2020. No 205.
2. Jia, Z.Y., Wang, J.X., Zhou, X.D., Zhou, Y.J. Identification of the sources and influencing factors of potentially toxic elements accumulation in the soil from a typical karst region in Guangxi, Southwest China // *Environ. Pollut*. -2020. No 256.
3. Liang, S., Cui, J., Bi, X., Luo, X., Li, X. Deciphering source contribution of trace metal contamination in urban soil, road dust, and foliar dust of Guangzhou, southern China // *Sci. Total Environ*. -2019. 695, 133596.
4. Liu, L., Liu, Q., Ma, J., Wu, H., Qu, Y., Gong, Y., Yang, S., An, Y., Zhou, Y. Heavy metal(loid)s in the topsoil urban parks in Beijing, China: concentrations, potential sources, and risk assessment // *Environ. Pollut*. -2020. 260, 114083.
5. Bi, X.Y., Li, Z.G., Wang, S.X., Zhang, L., Xu, R., Liu, J.L., Yang, H.M., Guo, M.Z. Lead isotopic compositions of selected coals, Pb/Zn ores and fuels in China and the application for source tracing // *Environ. Sci. Technol*. -2017. No 51 (22), -P. 13502–13508.
6. Krzyzanowski P.K., Lee, S.S., Zhang, M., Tsang, Y.F., Kim, K.H. Heavy metals in food crops: health risks, fate, mechanisms, and management// *Environment International*. -2019. -P. 365–385. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>.
7. Marta Crispo, Miriam C. Heavy metals and metalloids concentrations across UK urban horticultural soils and the factors influencing their bioavailability to food crops // *Environmental Pollution*. -2021. 288, 117960
8. Rose M., Julius K., Stephen N., Mailu A. Heavy metal contamination of water, soil and vegetables in urban streams in Machakos municipality // *Kenya Scientific African*. – 2020. No 9.
9. L. Yang, G. Zhu, H. Pan, P. Shi, J. Li, Y. Liu, H. Tong Surface dust heavy metals in the major cities, China // *Environmental Earth Science*. – 2017. – V. 76. – P. 757–771.
10. Stearns J.C., Shah S., Glick B.R. Increasing plant tolerance to metals in the environment. *Phytoremediation: Methods and Reviews*. Humana Press // -2006. P. 15-26.
11. Asmaa A., Hamad Khalid H. The Accumulation Risk of Heavy Metals in Vegetables which Grown in Contaminated Soil // *Baghdad Science Journal*.- 2021. No 18(3). – P. 471-479 <https://doi.org/10.17159/wsa/2020.v46.i2.8244>
12. Mohamed Y. Health risk assessment quantification from heavy metals contamination in the urban soil and urban surface deposited sediment // *Journal of Taibah University for Science*. – 2020. No 14:1. – P. 285-293. DOI: 10.1080/16583655.2020.1735735

13. Babra Moyo, Vhahangwele Matodzi, Malebogo A. Determination of Cd, Mn and Ni accumulated in fruits, vegetables and soil in the Thohoyandou town area, South Africa Water //SA. -2020. No 46(2). – P. 285–290.
14. Yelikbayev B.K., Marcela C., Jamalova G.A. Hyperaccumulator plants for phytoremediation of soil contaminated with heavy metals //Bulletin of national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. -2020. -Vol. 5, No 387 – P. 34 – 40. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1467.140>
15. Jarikova E.A. «Tyajelie metalli v gorodskih pochvah: ocenka soderjaniya i ekologicheskogo riska» Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Injiniiring georesursov, no 1(2021): 164–173.
16. Jarikova E.A. «Osobennosti agrohimicheskikh svoystv i elementnogo sostava pochv urbanizirovannih landshaftov na primere g. Ussurijska». Vestnik Altaiskogo GAU, no 3. (2019): 71–76.
17. Mambetkazieva R.A., Danilova A.N., Mambetkaziev E.A. «Regional’nye osobennosti prirodnoi sredy Vostochnogo Kazakhstana». Vestnik KASU, no 6 (2011): 35-39.
18. Woszczyk M., Spsychalski W., Boluspaeva L. «Trace metal (Cd, Cu, Pb, Zn) fractionation in urban-industrial soils of Ust-Kamenogorsk (Oskemen), Kazakhstan-implications for the assessment of environmental quality». Environ Monit Assess. no 190 (6). (2018): 362 (1-16). K., Ivannikov A.,
19. Zharlyganova D., Zhumadilov Z., Stepanenko V., Apsalikov K., Ali MR., Zhumadilova A., Toyoda S., Endo S., Tanaka K., Okamoto T., Hoshi M. «ESR dosimetry study on population of settlements nearby Ust-Kamenogorsk city, Kazakhstan». Radiat Environ Biophys, no 48(4). 2009: 419–425.
20. Informacionnyj byulleten’ o sostoyanii okruzhayushchej sredy Respubliki Kazahstan, yanvar’ 2021, Ministerstvo ekologii, geologii i prirodnyh resursov, RGP «Kazgidromet»
21. Cherednichenko V.S., Cherednichenko A.V., Cherednichenko Al.V., Zheksenbaeva A.K., Madibekov A.S. «Heavy metal deposition through precipitation in Kazakhstan». Heliyon, no 7 (2021).
22. GOST 5681-84. Polevye issledovaniya pochvy. Poryadok i sposob opredeleniya rabot. Osnovnye trebovaniya k rezul’tatam. M.: Izd-vo standartov, 1984.
23. GOST 28168-89. Pochvy. Otbor prob. M.: Izd-vo standartov, 1989.
24. GOST 4979-49. Pochvy. Otbor, hranenie i transportirovka prob. M.: Izd-vo standartov, 1980.
25. Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu polevyh i laboratornyh issledovanij pochv pri kontrole zagryazneniya okruzhayushchej sredy metallami. M.: Meteoizdat, 1982.
26. Metodicheskie rekomendacii po geohimicheskoy ocenke zagryazneniya territorii gorodov himicheskimi elementami. M.: 1982
27. Plohinskij N.A. Biometriya. M.: Izd-vo Mosk. Un-ta, 1970.
28. Il’in V.B. Tyazhelye metalli v sisteme pochva-rastenie. Novosibirsk: Nauka, 1991.
29. Saet Yu.E., Barshakevich I.L., and Revich B.A. Metodicheskie rekomendacii po geohimicheskoy ocenke istochnikov zagryazneniya okruzhayushchej sredy. M.: IMGRE, 1982.
30. Saet Yu. E., Revich B.A., and Yanin E.P. Geohimiya okruzhayushchej sredy. M.: Nedra, 1990.

Н.Е. Рамазанова¹ , А.А. Ахмедова^{1*} , Ж.О. Озгелдинова¹ ,
К.М. Асылбеков¹ , Э.М. Тұрыспекова¹ , Т.А. Базарбаева² 

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Астана

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: anzhelaakhmedova@gmail.com

ОЦЕНКА СМЫВА ПОЧВ НА ОСНОВЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ПОТЕРЬ ПОЧВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА РЕКИ РУБЕЖКА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Статья освещает актуальную для настоящего времени проблему водной эрозии почв в бассейнах малых рек Казахстана. Эрозия почвы снижает продуктивность пашен в сельскохозяйственном секторе в результате снижения площадей плодородных территорий. Целью данной работы являлась оценка интенсивности смыва почв в бассейне реки Рубежка для различных видов сельскохозяйственных угодий. Для достижения поставленной цели нами были использованы ГИС, спутниковые данные и усовершенствованное уравнение потерь почв с введением нового показателя Cu, который позволил скорректировать показатели смыва и точнее определить его масштабы на территории исследуемого бассейна. Самый низкий показатель смыва почв от 0 до 0,684 т/га в год в результате исследования был определен для пастбищ на каштановых песчаных и супесчаных почвах южной части бассейна. Данная территория отличается самым низким показателем осадков и более крутым уклоном. Северная часть бассейна реки имеет показатель смыва почв от 1,368 до 2,052 т/га в год. Эти земли в основном используются как пашни на темно-каштановых суглинистых почвах в условиях равнинного рельефа и большей увлажненности климата. В центральной части бассейна наблюдается увеличение доли пастбищ и снижение количества среднегодовых осадков с наивысшими показателями смыва почв – до 3,418 т/га в год, что соответствует «низкому уровню потери».

Ключевые слова: бассейн реки, эрозионные процессы, почва, ГИС, спутниковые данные.

N.Y. Ramazanova¹, A.A. Akhmedova^{1*}, Zh.O. Ozheldinova¹,
K.M. Assylbekov¹, E.M. Turyspekova¹, T.A. Bazarbayeva²

¹Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Kazakhstan, Astana

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: anzhelaakhmedova@gmail.com

Assessment of soil flushing based on an improved universal equation of soil losses using GIS and satellite data on the example of the Rubezhka river basin of the West Kazakhstan region

The article highlights the current problem of water erosion of soils in the basins of small rivers of Kazakhstan. Soil erosion reduces the productivity of arable land in the agricultural sector as a result of a decrease in the area of fertile territories. The purpose of this work was to assess the intensity of soil loss in the Rubezhka river basin for various types of agricultural land. To achieve this goal, we used GIS, satellite data and an improved equation of soil losses with the introduction of a new Cu indicator, which allowed us to adjust the indicators of soil loss and more accurately determine its scale in the territory of the studied basin. The lowest rate of soil loss from 0 to 0,684 t/ha per year as a result of the study was determined for pastures on chestnut sandy and sandy loam soils in the southern part of the basin. This area has the lowest precipitation and steeper slope. The northern part of the river basin has a soil loss rate from 1,368 to 2,052 t/ha per year. These lands are mainly used as arable land on dark chestnut loamy soils in conditions of flat relief and greater humidification of the climate. In the central part of the basin, there is an increase in the share of pastures and a decrease in the amount of average annual precipitation with the highest rates of soil loss – up to 3,418 t/ha per year, which corresponds to a “low level of loss”.

Key words: river basin, erosion processes, soil, GIS, satellite data.

Н.Е. Рамазанова¹, А.А. Ахмедова^{1*}, Ж.О. Озгелдинова¹,
К.М. Асылбеков¹, Э.М. Тұрыспекова¹, Т.А. Базарбаева²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: anzhelaakhmedova@gmail.com

Батыс Қазақстан облысы Рубежка өзенінің алабы мысалында ГАЖ және спутниктік деректерді қолдана отырып, топырақ шығындарының жетілдірілген әмбебап теңдеуі негізінде топырақ шайылуын бағалау

Мақала Қазақстанның кіші өзендерінің алаптарында топырақтың су эрозиясының қазіргі кездегі өзекті мәселесін баяндайды. Топырақ эрозиясы құнарлы аумақтардың азаюы нәтижесінде ауыл шаруашылығы секторындағы егістік өнімділігін төмендетеді. Бұл жұмыстың мақсаты әртүрлі ауылшаруашылық жерлері үшін Рубежка өзенінің алабында топырақ шайылуын қарқындылығын бағалау болды. Осы мақсатқа жету үшін біз ГАЖ, спутниктік деректер және жаңа Си индикаторын енгізе отырып, топырақтың шайылуының жетілдірілген теңдеуін қолдандық, бұл шайылуының көрсеткіштерін түзетуге және зерттелетін алаб аумағында оның масштабын дәлірек анықтауға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижесінде жылына 0-ден 0,684 т/га-ға дейінгі топырақ шайылуының ең төменгі көрсеткіші алабының оңтүстік бөлігіндегі каштан құмды және құмды сазды топырақтардағы жайылымдар үшін анықталды. Бұл аймақ жауын-шашынның ең төменгі деңгейімен және тік көлбеуімен сипатталады. Өзен алабының солтүстік бөлігінде жылына 1,368 ден 2,052 т/га-ға дейінгі топырақ шайылуының көрсеткіші бар. Бұл жерлер негізінен жазық жер бедерде және климаттың ылғалдылығында қара каштан сазды топырақтарда егістік ретінде пайдаланылады. Рубежка өзен алабының орталық бөлігінде жайылымдар үлесінің ұлғаюы және орташа жылдық жауын-шашын мөлшерінің азаюы байқалады, топырақты шайылуының ең жоғары көрсеткіштері – жылына 3,418 т/га дейін, бұл “шығынның төмен деңгейіне” сәйкес келеді.

Түйін сөздер: өзен алабы, эрозиялық процестер, топырақ, ГАЖ, спутниктік деректер.

Введение

Водная эрозия почв – это отрыв частиц почвы под влиянием тех или иных сил и их перенос во взвешенном состоянии водой с высоких элементов рельефа (смыв, размыв) в пониженные участки (намыв) в процессе стока дождевых, поливных, талых вод. В Западном Казахстане на возникновение и дальнейшее развитие водной эрозии влияют как природные, так и хозяйственные факторы. К природным факторам относятся климат, растительность, рельеф, геологическое строение и почвенный покров. Степень и характер освоенности территории, интенсивность ее использования, влияние использования территории на свойства почв относятся к хозяйственным факторам водной эрозии.

Скорость эрозионных процессов зависит от расчлененности территории, длины и крутизны склонов, температуры воздуха, количества и характера осадков, интенсивности снеготаяния, наличия растительности и водно-физико-химических свойств почв. При одинаковой крутизне склонов почвы смываются сильнее на склонах большей протяженности. На прямых склонах меньший смыв почв обнаруживается в приводораздельной части, а наибольший на участках, примыкающих к гидрографической сети. Такая

же закономерность распределения смыва наблюдается и на выпуклых склонах.

Водная эрозия почв является одним из опасных явлений, угрожающих их плодородию, а в дальнейшем снижению продуктивности сельскохозяйственных культур. Проблема водной эрозии почв в последние десятилетия все больше обостряется, в связи с интенсивным ростом населения и, соответственно, темпами развития и освоения сельскохозяйственных угодий. В частности, в северных и северо-западных регионах нашей страны в связи с возросшим за последние пятьдесят лет уровнем освоения залежных земель, ухудшилась ситуация не только в связи со снижением плодородия, но и с понижением качества поверхностных вод.

Возникновение и развитие научной мысли об эрозионных процессах и противоэрозионной защите имеет многовековую историю. В нашей стране при изучении эрозии почв опираются на труды таких ученых, как Ц.Е. Мирцхулава, М.Н. Заславского, М.С. Кузнецова, А.Н. Каштанова и др. Эмпирическое направление в эрозиоведении, в основе которого лежит выяснение количественных закономерностей влияния, так называемых «факторов эрозии» (климата, рельефа, почвы, растительности и хозяйственной деятельности человека) на интенсивность водной и

ветровой эрозии почв представлено трудами таких ученых, как Wischmeier, W.H., Smith, D.D., Woodruff, N.P., Siddoway, F.H. и др.

В Республике Казахстан вопросами водной эрозии в разные годы занимались Бабаев К.Б. (1970), Тегисов Т.А. (1975), Иорганский А.И. и Балгабеков К.Б. (1979). Их работы были ориентированы на условиях предгорной зоны. Несмотря на имеющиеся исследования по водной эрозии и дальнейшие рекомендации по проведению противоэрозионных мероприятий, стоит отметить, что проводились они не в полной мере.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования стал бассейн р. Рубежка в Западно-Казахстанской области Казахстана (Рисунок 1). Река Рубежка берет свои истоки в селе Рубежинское с отрогов Общего Сырта и протекает по северной части Западно-Казахстанской области. Бассейн реки расположен в пределах района Байтерек (до 2019 года Зеленовский) Западно-Казахстанской области. Площадь бассейна составляет 430 км², длина реки 38 км. Река протекает по степной зоне Западно-Казахстанской области, является правым притоком реки Жайык. Направление течения реки с севера на юг. Весной Рубежка полноводна, при условии активного таяния снега, воды реки устремляется к местам естественного орографического понижения Общего Сырта. Талые воды, попадая в русло реки, повышают ее уровень в период весеннего снеготаяния. Летом река пересыхает на нескольких участках. Река Рубежка, как и все реки Общего Сырта, питается талыми и дождевыми водами.

Материалами для исследования послужили данные изучения водно-эрозионных процессов Западно-Казахстанской области, которое проводилось в течение длительного времени, включая выездные полевые экспедиции и наблюдения. Основой для расчета потерь почвы в бассейнах рек региона является универсальное уравнение потери почв RUSLE. Впервые данное уравнение было предложено американскими учеными Wischmeier W.H. и Smith D.D., позднее было доработано Renard K. и Foster G. Универсальное уравнение потерь почвы (RUSLE) подсчитывает среднегодовую скорость эрозии, основанную на характере рельефе, осадков, типе почвы, системе сельскохозяйственных культур и методах управления. RUSLE прогнозирует исключительно величину потерь почвы в результате дождевой эрозии и не учитывает дополнительные потери

почвы, которые могут возникнуть в результате овражной, ветровой или пахотной эрозии. Данная модель подсчета потерь почвы применяется в отдельных системах земледелия и управления, но также применима к несельскохозяйственным условиям, таким как строительство. Преимуществом данной модели является учет конкретной местности с его типом почв, выращиваемой культурой и системой управления. RUSLE изначально было разработано на основе исследований эрозии почвы с 30-х годов, собранных службой охраны почв Министерства сельского хозяйства США, но за долгий срок с момента внедрения уравнение отлично зарекомендовало себя не только для решения задач природоохранного характера в США, но стало популярным во всем мире.

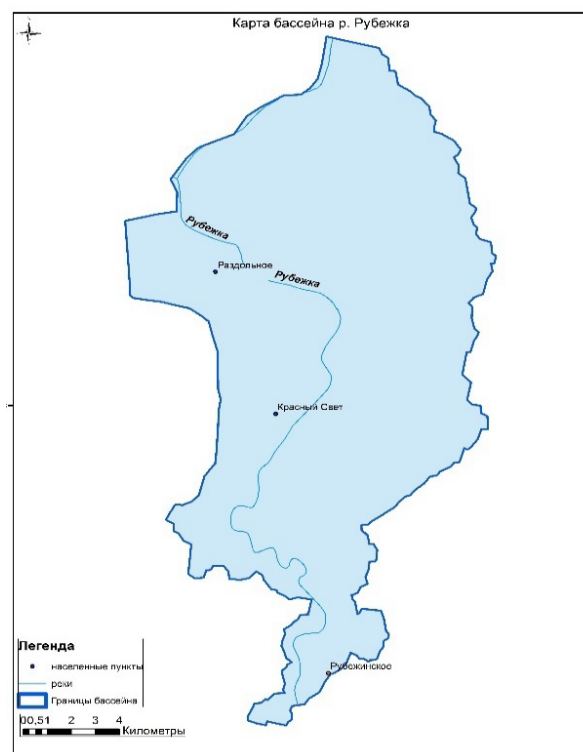


Рисунок 1 – Карта бассейна р. Рубежка

Борьба с эрозией в Казахстане на раннем этапе изучения была сосредоточена преимущественно на ветровом типе, в то время как водная эрозия во время таяния снега наносила не меньший урон, но изучалась недостаточно. Позже, на практике, данный подход показал свои недостатки. Было доказано, что в смытых почвах урожайность сельскохозяйственных культур снижается до 80%. Ученые России и США опре-

делили, что в процессе водной эрозии в период снеготаяния смыв почвы достигает до 15 т/га за несколько дней. В Казахстане водная эрозия изучалась с разработкой противоэрозионных мер лишь в предгорных и горных районах.

В Западном экономическом регионе, как и по всей стране, в настоящее время уделяется пристальное внимание и меры по управлению тальными водами и сокращению интенсивности водной эрозии. Эффективная реализация проектов по переводу землепользования на ландшафтно-экологические основы невозможна без учета внимания данного вопроса, соответственно, добиться более эффективного и устойчивого перевода сельскохозяйственного землепользования на экологически безопасную основу, сократить и предупредить деградацию и опустынивание земель будет практически невыполнимо.

Г.П. Сурмач (1979), В.Д. Иванов (1985), М.С. Кузнецов (2002) и др. отмечают, что водная эрозия почв является следствием сложного взаимодействия природных факторов (климата, рельефа, почвы, растительности) и хозяйственной деятельности человека.

Принимая во внимание основные факторы эрозии, вызываемой стоком талых вод, следует отметить, что смыв почвы при снеготаянии связан, прежде всего, с формированием снежного покрова (Г.П. Сурмач, 1967, 1971, В.М.Васильева, Э.С. Херсонский, 1977, А.В. Павлов, 1979 и др.), глубиной промерзания, увлажнением почвы, скоростью ее таяния, эродирующей способностью талых водных потоков, рельефа, агрофона, противоэрозионной стойкости почв и др. Среди этих факторов управляемым является агрофон. Согласно М.С. Кузнецову и В.В. Демидову (2002), увеличению высоты снежного покрова и запасов воды в нем по сравнению с отвальной вспашкой способствуют применение на склонах плоскорезной обработки почвы с сохранением стерни на поверхности почвы (соответственно на 3,5-4,5 см и 7-10,8 мм), посевы озимых зерновых культур (11-13 см и 10,8-18,5 мм) и многолетних трав 1-го и 2-го года пользования (7-8,5 см и 22,6-28,8 мм). Также М.С. Кузнецовым, Г.П. Глазуновым, и др. (1996) установлено, что для северных районов этот показатель выше, чем для южных: в российском Подмоскowie он составляет 0,065 мм/мин, в то время как на Кубани его величина всего лишь 0,015 мм/мин.

По мнению многих авторов наиболее применимыми в настоящее время являются реальные, с позиции экологии и практики, рекомендации

по нормам смыва, разработанные Г.П. Сурмачем (1992): 0,5-2,0 т/га в год (0,05-0,2 мм/год при плотности сложения почвы 1 т/м³) в зависимости от типа почвы, степени ее смывости и плотности материнской породы.

В работе отражен ход и алгоритм определения нового фактора «Кривизна – Си» в бассейне реки Рубежка для расчета коэффициента уклона LSCu с применением усовершенствованного уравнения. Именно это является новизной, практическая значимость заключается в применении данного алгоритма в вопросах эрозионных процессов в Министерстве сельского хозяйства Республики Казахстан, местного управления, крестьянских хозяйствах, учреждениями и организациями, заинтересованных в получении качественной разноплановой информации, отражающей современное состояние почвенного покрова сельскохозяйственных угодий.

В качестве материалов для исследования были использованы:

- космоснимки цифровой модели рельефа SRTM для дальнейшего определения бассейна реки посредством обработки данных ГИС;
- статистические данные количества осадков по метеостанциям Западно-Казахстанской области для проведения в дальнейшем интерполяции и создания карты осадков в бассейне реки Рубежка;
- почвенные карты для сравнения и анализа почвы территории бассейна;
- данные, полученные в результате экспедиционных исследований;
- топографические данные по склону и рельефу изучаемой местности.

Для создания территории бассейна реки Рубежка в программе ArcGIS был проведен расширенный морфометрический анализ космоснимков цифровых моделей рельефа с высотными отметками, а также использованы методы геоинформационного картографирования бассейновых территорий, состоящие из нескольких этапов, включающих первичную обработку данных, анализ картографических материалов и космоснимков, формирование единой базы географических данных. В процессе работы был также задействован метод сравнительного анализа данных, модели пространственных данных, ретроспективный анализ, системно-структурный и типологический подходы.

Для расчета потерь почвы исследуемого региона на основе уравнения RUSLE были выделены пять основных факторов. Каждый фактор

представляет собой численную оценку конкретного состояния, которое влияет на степень эрозии почвы в конкретном месте. Значения эрозии, отраженные этими факторами, могут значительно варьироваться из-за различных погодных условий. Таким образом, значения, полученные из RUSLE, более точно представляют долгосрочные средние значения.

$$A = R \times K \times LS \times C \times P, \quad (1)$$

где

R – фактор количества осадков

K- коэффициент размываемости почвы

LS – фактор: L- коэффициент длины, S- коэффициент уклона

C – коэффициент землепользования

P – фактор противоэрозионных мероприятий.

Исходными данными для составления карты осадков региона исследования являются статистические ряды осадков за теплый и холодный периоды 2010–2021 гг. по данным РПП Казгидромет. Были взяты показатели осадков по каждому сроку наблюдения за месяц для каждой метеостанции региона исследования, после чего проводилось осреднение и обработка данных в программе Microsoft Office Excel. В процессе картографирования осадков мы использовали различные методы интерполяции для отображения осадков. Один из основных вариантов интерполяции выполнен в модуле Spatial Analyst ПО ArcGIS 10.4 – «Сплайн», кроме этого, была применена альтернативная формула для вычисления фактора $R = 0,548257 \times P^{-59,9}$; где P — это среднегодовое количество осадков.

Данные для ГИС моделирования по K-фактору были взяты из почвенной карты 1976 года и Национального Атласа РК 2010 года. В 2021 году в ходе полевой экспедиции на ключевых участках исследования проводилось определение механического состава почвы. Расчет фактора эродированности почвы (K) проводился с помощью программы ArcGIS 10.4 на основе полученных экспедиционных данных.

Определение фактора длины и уклона (LS) проводилось на основе космических снимков ЦМР, уравнения Стоуна и Хилборна, инструментов программы ArcGIS 10.4 «Гидрология».

Для составления карт фактора природоохранной поддержки и фактора управления урожаем использовался метод полевых эмпирических

исследований, а также сравнительно-географический метод, заключающийся в сопоставлении и анализе данных карт землепользования, почвенно-земельного покрова исследуемой территории и космических снимков.

Для определения фактора C за основу был взят полевой метод и методы ДЗЗ. В результате чего с помощью разработанной шкалы Wischmeier W.H., Smith D.D. вычитывается один обобщенный коэффициент. Фактор C можно определить, выбрав тип культуры и способ обработки почвы, которые соответствуют полю, а затем умножив эти коэффициенты вместе.

Также использован метод оценки смыва почвы, который предназначен для выявления и принятия мер по возникновению рисков, а также для своевременного и эффективного реагирования на любые отклонения.

Усовершенствование универсального уравнения потерь почвы заключается во введении нового фактора «Кривизна» C_u , это вторая производная поверхности (то есть уклон уклона). Преобразованная формула имеет вид:

$$A = R \times K \times LSC_u \times C \times P, \quad (2)$$

где C_u – кривизна склона (безразмерный).

Топографический фактор представляет собой отношение потерь почвы при заданных условиях к потерям на участке со «стандартной» крутизной откоса 9% и длиной откоса 22,6 м. Топографический фактор состоит из двух факторов: длины склона (L), крутизны склона (S) и кривизна склона (C_u).

Степень эрозии увеличивается с увеличением длины откоса. При определении LSC_u -фактора использовалась цифровая модель рельефа (ЦМР). Коэффициент LS был получен из уравнения Стоуна и Хилборна. Расчеты и коэффициенты пространственного распределения L, S и C_u проводились в среде ГИС с использованием следующего уравнения:

$$LSC_u = \left[\frac{QaM}{22.13} \right] y (0.065 + 0.045 \times S_g + 0.0065 \times S_g^2) \quad (3)$$

где LSC_u = Топографический фактор; Qa = Flow Accumulation grid; S_g = наклон Grid в процентах; M = размер grid ($x \times y$), y или NN common значение = безразмерная экспонента, принимающая значение уклона и кривизны в пределах 0,2–0,5.

Таблица 1 – NN значения S, Cu

Curvature	NN	Slope	NN
<0,5	0,2	<1	0,2
>0,5 – <2,5	0,3	$1 \leq s < 3$	0,3
>2,5 – <4,5	0,4	$3 \leq s < 5$	0,4
>4,5	0,5	>5	0,5

$$\text{NN common} = \text{NN Slope} + \text{NN Curvature}/2 \quad (4)$$

Новый фактор – Кривизна (профильная), это вторая производная поверхности (то есть уклон уклона). По предложению Moore I.D., Grayson R.B., Ladson A.R. общая кривизна на основе алгоритма Zevenbergen-Thorne может быть рассчитана как:

$$\text{Curvature} = -2(D + E) \times 100, \text{ где} \quad (5)$$

$$D = \frac{[(z_4 + z_6) - z_5]}{l^2} \quad (6)$$

$$E = \frac{[(z_2 + z_8) - z_5]}{l^2} \quad (7)$$

где $z_4 \dots$ – высотные точки в ячейках; l – расстояние между элементами матрицы высот (пространственное разрешение растра), единицы измерения – метры.

Кривизна измеряется в $1/m$, после чего умножаются на 100, т.е. профильная (вертикальная) кривизна характеризует изменение уклона поверхности на 100 м вдоль его основного направления. Выпуклая часть характеризуется положительными значениями, а вогнутая – отрицательными, нулевые значения соответственно характеризуются плоской в профиле поверхностью.

Диапазон возможных значений для всех трех показателей кривизны колеблется от -0.5 до +0.5 для территорий с равнинным рельефом и от -4 до +4 для горных районов. Отметки высот региона исследования колеблется до 277 м NN кривизны рассчитывается + 0,5.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследовательских работ был определен бассейн реки Рубежка на топографической карте Западно-Казахстанской области в масштабе 1:500000 с использованием программного обеспечения ArcGIS 10.4. Выделенная карта позже использовалась для извлечения области исследования из цифровой модели

рельефа, полученной с помощью картографического спутника SRTM.

Для вычисления границ бассейна реки выполнен алгоритм действий. Во-первых, использован инструмент Заполнение (Fill), здесь происходит процесс сглаживания снимка. Следующим действием является создание карты Направление стоков (Flow Direction). Подготовленный растр содержит в каждом пикселе информацию в целочисленном виде (1,4,8,16,32,64,128) о направлении стоков по сторонам света. Затем, используется инструмент суммарный сток (Flow Accumulation) для идентификации русел рек. В итоге снимок будет иметь черный цвет, на котором будут видны реки белого цвета. Однако для более отчетливого представления рек используется растяжка снимка. После этого, указывается опорная точка, от которой ArcGIS будет использовать функцию «Вырисовывать» для бассейна реки. Для этого используем инструмент Рисование (Drawing). В конечном итоге для выделения границ бассейна реки используется водосборная область (Watershed).

С помощью статистических данных РГП Казгидромет, используя методы интерполяции и альтернативную формулу вычисления, нами были получены значения осадков для исследуемого участка, на основе которых строилась карта среднегодового количества осадков (Рисунок 2-3).

Результатом стало следующее распределение показателей фактора R на территории бассейна реки Рубежка:

- 111 – 8%;
- 111-112 – 22%;
- 112 – 28%;
- 112-113 – 42%;

Коэффициент эродированности почвы (K) представляет восприимчивость почвы или поверхностного материала к эрозии, транспортабельность наносов, а также количество и скорость стока с учетом конкретного количества осадков, измеренных при стандартных условиях. Стандартным условием является единичный участок длиной 22,6 м с уклоном 9%, поддерживаемый под паром, обрабатываемый вверх и вниз по склону холма (Kim, 2006).

Карта механического состава почв исследуемой местности была составлена на основе отсканированных почвенных карт территории бассейна реки Рубежка (Рисунок 4).

Анализируя карту механического состава почв бассейна реки Рубежка, сделан вывод, что более 73% территории занимают тяжелые суглинки, средние суглинки составляют 14%, пески – более 8%, супеси – более 5%.

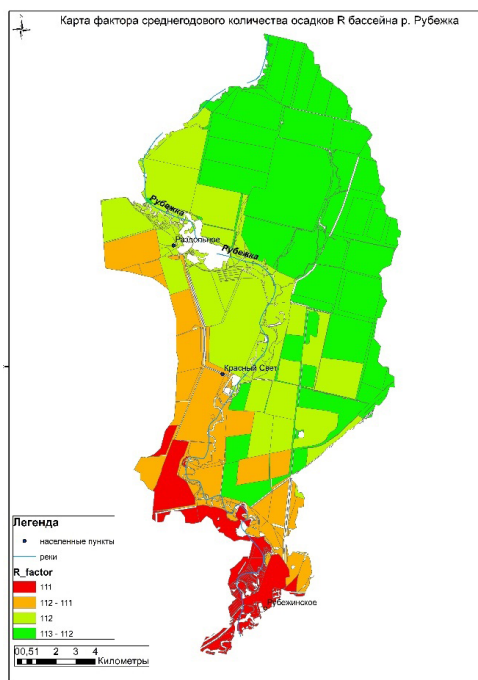


Рисунок 2 – Карта среднегодового количества осадков

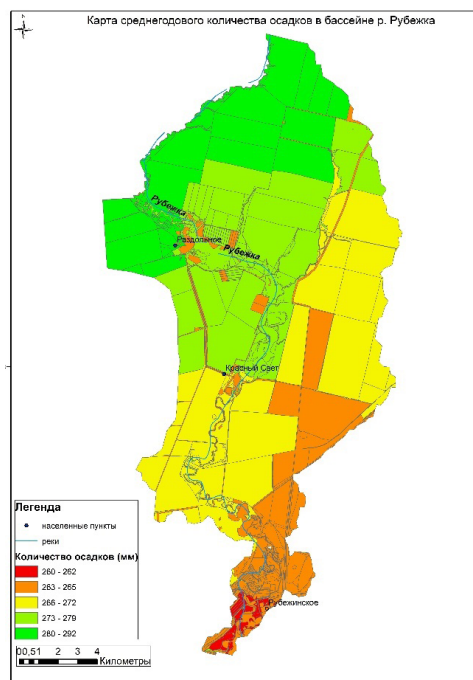


Рисунок 3 – Карта фактора среднегодового количества осадков (R)

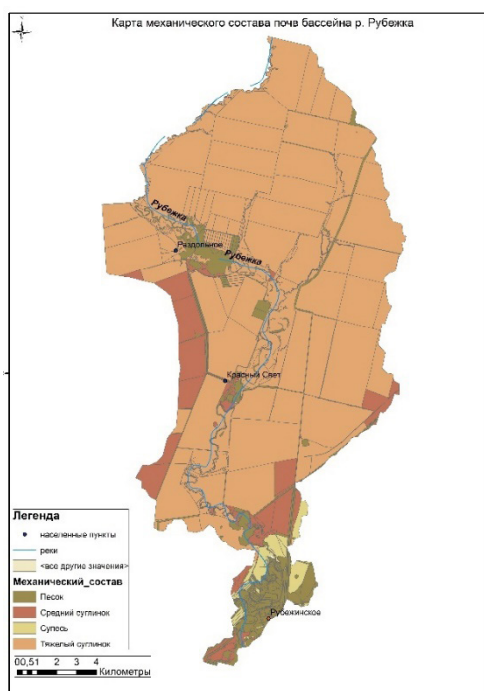


Рисунок 4 – Карта механического состава почв

Анализ механического состава почв в полевых условиях по ключевым точкам, проводимый в 2021 году, показал, что они коррелируют с имеющимися картографическими данными. На базе

полученных векторов механического состава почвы изучаемой области по формуле RUSLE были определены значения текстурных классов почв Западно-Казахстанской области (Рисунок 5). На основе полученных данных, нами была составлена карта коэффициента размываемости почвы (K) для исследуемого бассейна (Рисунок 6).

Фактор С учитывает тип культуры и метод обработки почвы. Он используется для определения относительной эффективности систем управления почвой и растениеводством с точки зрения предотвращения потери почвы. В качестве исходных данных картографирования типа культуры ЗКО применялись космические снимки Sentinel-2 (10 м) за 2021 год, снимки подбирались летнего сезона, с максимально низкой облачностью, а также использовались материалы полевых исследований с GPS-привязкой, интегрированных в единую картографическую проекцию и системе координат, материалы полевых геоботанических описаний на ключевых участках.

С фактор используется, чтобы показать влияние возделывания сельскохозяйственных культур и методов управления на скорость эрозии почвы на сельскохозяйственных землях. Карта фактора С (Рисунок 8) была подготовлена на основе карты сельскохозяйственных угодий исследуемой территории (Рисунок 7).

Текстурный класс	К-фактор тонн/га (тонн/акр)		
	Средний COB*	Менее 2% COB	Более 2% COB
Глина	0.49 (0.22)	0.54 (0.24)	0.47 (0.21)
Суглинок	0.67 (0.30)	0.74 (0.33)	0.63 (0.28)
Тяжелая глина	0.38 (0.17)	0.43 (0.19)	0.34 (0.15)
Супесчаный суглинок	0.29 (0.13)	0.31 (0.14)	0.27 (0.12)
Мелкая супесь	0.40 (0.18)	0.49 (0.22)	0.38 (0.17)
Суглинистый мелкий песок	0.25 (0.11)	0.34 (0.15)	0.20 (0.09)
Крупнозернистая супесь	0.16 (0.07)	–	0.16 (0.07)
Мелкая супесь	0.40 (0.18)	0.49 (0.22)	0.38 (0.17)
Песок	0.04 (0.02)	0.07 (0.03)	0.02 (0.01)

Рисунок 5 – Текстурные классы почв и их значения для формулы RUSLE

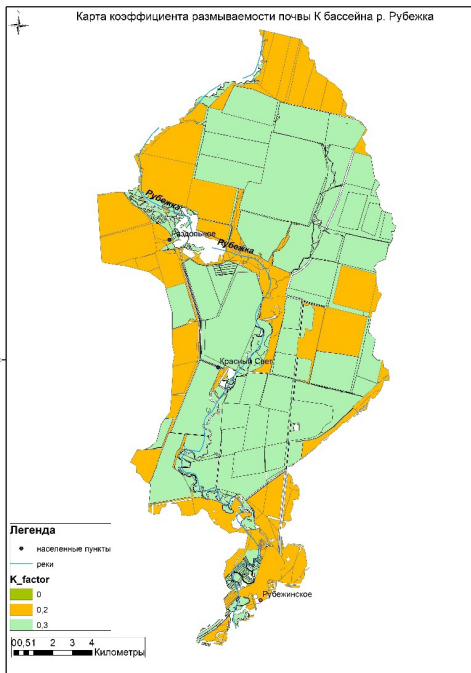


Рисунок 6 – Карта коэффициента размываемости почвы (K)

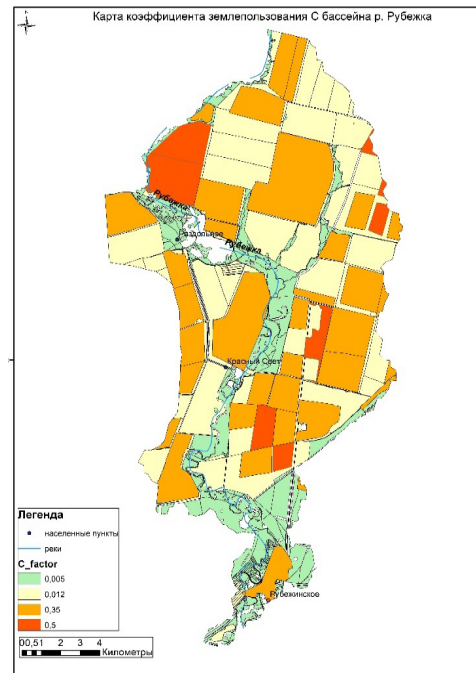


Рисунок 7 – Карта сельскохозяйственных земледелия (C)

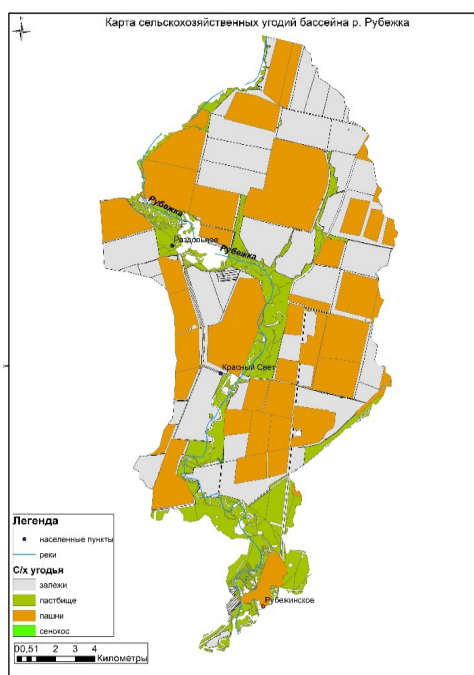


Рисунок 8 – Карта коэффициента угодий

Для определения фактора С был выбран метод типа посева и обработки почвы (таблица 2 и таблица 3 по Wischmeier and Smith, 1978). Чтобы вычислить коэффициент землепользования, были выбраны значения из таблицы 2, после умножены их значения на данные из таблицы 3, в результате были определены числовые данные фактора С.

Таблица 2 – Фактор видов сельскохозяйственных культур (Wischmeier and Smith, 1978)

Виды сельскохозяйственных культур	Фактор
Зерновые культуры	0.40
Сулос кукурузы, бобы и капуста	0.50
Крупы (весенние и зимние)	0.35
Садовые культуры	0.50
Фруктовые деревья	0.10
Сенокос и пастбища	0.02

Например, для пастбища коэффициент С будет $0,25 \times 0,02 = 0,005$.

В результате анализа полученных данных для бассейна реки Рубежка определено следующее соотношение фактора С:

- 0,005 – 22%;

- 0,012 – 33%;

- 0,35 – 37%;

- 0,5 – 8%.

Таблица 3 – Фактор и методы обработки почв (Wischmeier and Smith, 1978)

Метод обработки почвы	Фактор
Осеннее плугование	1.0
Весеннее плугование	0.90
Мульчирование	0.60
Хвостовая обработка почвы	0.35
Зональная обработка почвы	0.25
Нет почвообработки	0.25

Фактор противоэрозионных мероприятий (Р) представляет собой отношение потери почвы при использовании вспомогательной техники к потере почвы при выращивании в прямом ряду вверх и вниз по склону и используется для учета положительного воздействия этих вспомогательных методов. Фактор Р учитывает методы контроля, которые снижают эрозионный потенциал стока за счет их влияния на структуру дренажа, концентрацию стока, скорость стока и гидравлические силы, оказываемые стоком на почву. Значение коэффициента Р варьируется от 0 до 1, значение, приближающееся к 0, указывает на хорошую практику сохранения, а значение, приближающееся к 1, указывает на плохую практику сохранения. Для вычисления фактора Р воспользовались данными Wischmeier and Smith, 1978 (таблица 4).

Таблица 4 – Данные Р фактора (Wischmeier and Smith, 1978)

Практика поддержки	Р- фактор
Вверх и вниз по склону	1,0
Поперечный уклон	0,75
Контурное земледелие	0,50
Обрезка полос, поперечный уклон	0,37
Обрезка полосы, контур	0,25

Основываясь на карте сельскохозяйственных угодий, полученной нами ранее, определили следующие значения фактора Р для бассейна реки Рубежка:

- значение для пастбищ и сенокосов – 0,1;

- значение для залежей – 0,25;

- значение для пашен – 0,75.

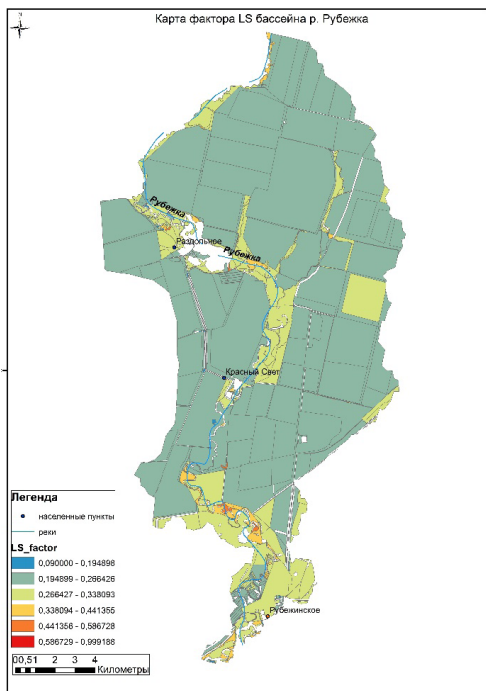


Рисунок 9 – Карта фактора противоэрозионных мероприятий (P)

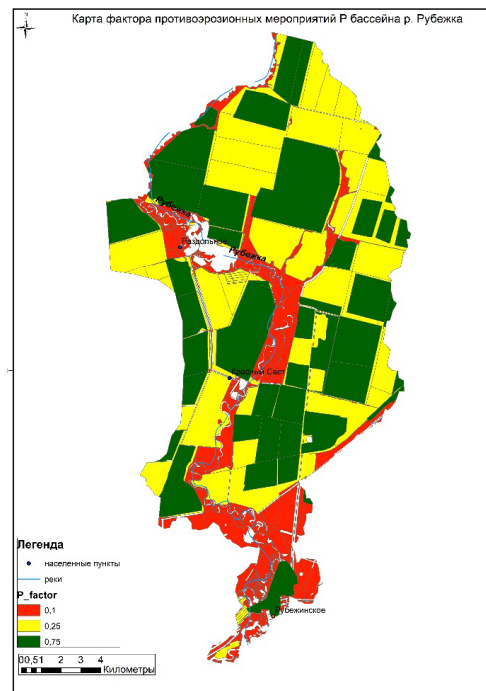


Рисунок 10 – Карта фактора LS

После занесения вычисленных данных в атрибутивную таблицу, была получена карта фактора противоэрозионных мероприятий исследуемого бассейна (Рис. 9).

В ходе работ рассчитана и составлена карта топографического фактора. Топографический фактор состоит из двух факторов: длины склона (L), крутизны склона (S). Коэффициент LS был получен из уравнения Стоуна и Хилборна. Расчеты и определение коэффициентов пространственного распределения L, S проводился в среде ГИС, используя уравнение:

$$LS = \text{power}[(\text{Flow Accumulation}) \times \text{cell size}/22.13]^{0,4} \times \text{power}[\sin(\text{slope}) \times 0,01745/0,0896] \quad (8)$$

На основе космических снимков ЦМР, уравнения Стоуна и Хилборна, инструментов ГИС программы ArcGIS 10.4 «Гидрология» нами была составлена карта фактора LS (Рис. 10).

Вычислив коэффициенты всех факторов, с помощью универсального уравнения смыва почв определили фактор А и получили карты смыва почв для сельскохозяйственных угодий территории бассейна реки Рубежка, а также, ис-

пользуя усовершенствованное уравнение потери почвы, определили величину смыва с учетом коэффициента кривизны C_u (Рис. 11-12).

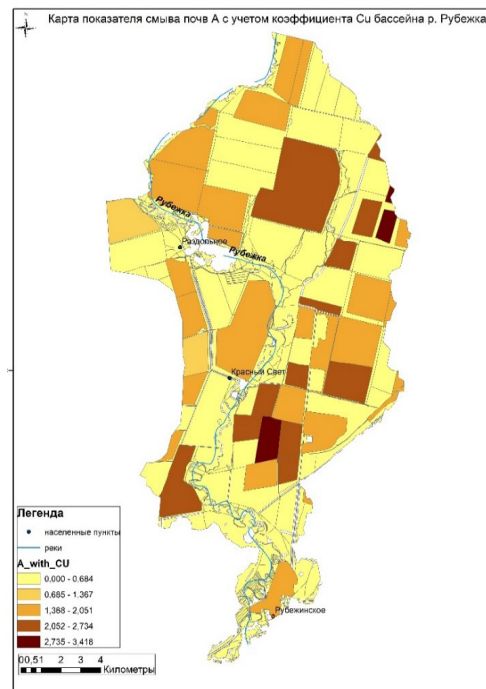


Рисунок 11 – Карта показателя смыва почв (A)

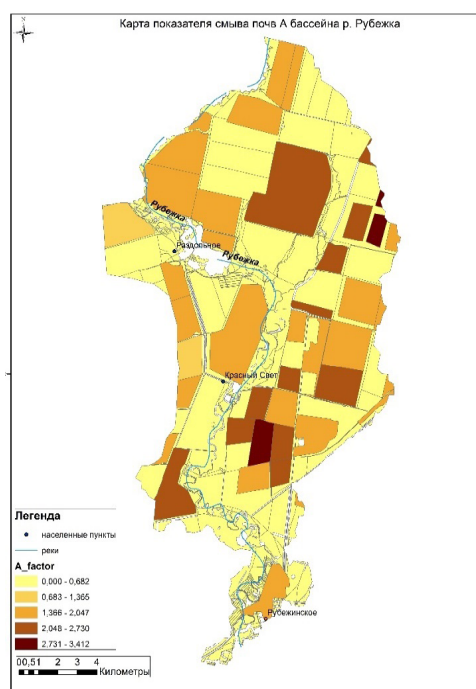


Рисунок 12 – Карта показателя смыва почв А с учетом коэффициента C_u

Заключение

Анализируя полученные результаты по формуле RUSLE и усовершенствованной формуле, можно сделать вывод, что на эрозию влияет введенный фактор кривизны уклона (C_u), наряду с другими факторами. В своих расчетах мы используем именно профильную кривизну,

которая влияет на ускорение или замедление потока, и, следовательно, влияет на эрозию и депонирование осадков, которая вычисляется с помощью ПО ArcGIS (модуль Spatial Analyst). Максимальное значение итогового фактора по исходной формуле RUSLE достигает 3,412 т/га в год, а по усовершенствованной формуле (с фактором кривизны) достигает 3,418, разница итоговых значений составляет 0,006. Учитывая амплитуду абсолютных высот в бассейне реки Рубежка от 30 до 93 метров, различия в факторе А были не столь велики. Минимальные значения также имеют небольшую разницу, которая равна 0,002.

В обоих случаях максимальное значение итоговой оценки RUSLE характерно для пахотных земель и, наоборот, минимальное значение для пастбищ, залежей и сенокосов. Если рассматривать пространственную разницу между полученными результатами, то увеличение характерно для пашен предпойменных в среднем течении реки Рубежка. Таким образом, из полученных результатов можно сделать вывод, что кривизна наклона влияет на ускорение или замедление потока и, следовательно, влияет на эрозию.

Данное исследование было профинансировано по проекту грантового финансирования научных исследований по договору № 171/36-21-23 от «13» апреля 2021 г., по теме: AP09260232 «Усовершенствование универсального уравнения потерь почвы (RUSLE) для оценки смыва почвы сельскохозяйственных угодий Казахстана с применением ГИС-технологий и спутниковых данных» на 2021-2023 год.

Литература

- Kim H.S. Soil Erosion Modeling Using RUSLE and GIS on the IMHA Watershed, South Korea. Doctoral dissertation. Colorado State University, USA – 2016.
- Маханова Н.Б., Берденов Ж.Г., Абильдинов К.К., Е.Х. Мендыбаев. Оценка эрозии почв по модели «RUSLE» бассейна реки Жыланды// Вестник КазНУ. Серия Географическая. – 2020 – Том 59, № 4, 56–69 с.
- Васильченко, Н. И. Проявление водной эрозии в почвах Северного Казахстана// Материалы Международной научно-практической конференции «Структура и морфогенез почвенного покрова в условиях антропогенного воздействия». Минск – 2013. – С. 90–93.
- Wischmeier W. H. Predicting rainfall erosion losses / W. H. Wischmeier, D. D. Smith // US Dept, of Agric. Handbook. – 2002. – № 537. – 65 p.
- Wischmeier W.H., Smith, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook № 282. USDA-ARS, USA – 1998. – 242 p.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Agriculture Handbook – 2016. – No 537, U.S. Department of Agriculture. – 47 p.
- Ramazanov N. Modeling soil erosion in the Chagan river of the west Kazakhstan with using RUSLE and GIS tools / N. Ramazanov., T. Darbayeva., B. Chashina., Zh. Berdenov., E. Mendybayev., Wendt. J.A. & Atasoy E // Journal of Environmental Biology (JEB). – Vikas Nagar. INDIA – 2020. – P. 396-404.
- Ian D. Moore and John P. Wilson. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Equation: Simplified method of estimation // Journal of Soil and Water Conservation – 1992. – 58 p.

P.J.J. Desmet and G. Govers. A GIS procedure for automatically calculating the USLE factor on topographically complex landscape units // *Journal of Soil and Water Conservation* September – 1996. –

Renard KG, Foster G, Weesies GA, McCool DK, Yoder DC. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Agricultural Handbook* – 2017. – No 703. United States Department of Agriculture, Washington

Schultz, R.C., J.P. Colletti, T.M. Isenhardt, C.O. Marquez, W.W. Simpkins and C.J. Ball. Riparian forest buffer practices. Chapter 7 pp 189-282; in: Garrett, H.E., W.J. Rietveld and R.F. Fisher (eds.) *North American Agroforestry: An integrated science and practices*. American Society of Agronomy, Madison, WI. – 2000. – 402 pp.

Turekhanov A. Bases of effective use of natural pastures. *Science* – 2016. – 18 p.

Van Remortel, R.D., Maichle, R.W., Hickey, R.J. Computing the LS Factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through ArrayBased Slope Processing of Digital Elevation Data Using a C++ Executable. *Computers & Geosciences* 30 – 2004. – P. 1043–1053.

Willett, C.D., R.N. Lerch, R.C. Schultz, S.A. Berges, R.D. Peacher, and T.M. Isenhardt. Streambank Erosion in Two Watersheds of the Central Claypan Region of Missouri, USA. *Journal of Soil and Water Conservation*. doi:10.2489/jswc.67.4.249 – 2012.

Акиянова Ф.Ж., Васильченко Н.И. Процессы эрозии и дефляции почв Акмолинской области в условиях агломерационного развития региона // *Материалы международной конференции «Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития»*. Улан-Уде – 2015. – С. 372–376.

Воронин А.Д., Кузнецов М.С. Опыт оценки противозерозионной стойкости почв // *Эрозия почв и русловые процессы*. – 1978. – Вып. 1. – М. – С. 99-115.

Гаврилица А.О. Эрозионные процессы при поливе дождеванием и пути их минимизации // *Почвоведение*. – 1993. – № 1. – С. 77-84.

Гендугов В.М., Глазунов Г.П. Ветровая эрозия почвы и запыление воздуха. – 2007. – М.: Физматлит, – 240 с.

Добровольский Г.В., под ред. Добровольского Г.В. Деградация и охрана почв: монография. – 2002 – М.: Изд-во МГУ – 654 с.

Заславский М.Н. Эрозиоведение : учебник для геогр. и почв. спец, вузов. – 1983. – М.: Высшая школа, – 320 с.

Заславский М. Н. Эрозия почв. – 1979. – М.: Мысль, – 245 с.

Кузнецов М.С., Глазунов Г.П., Зорина Е.Ф. Физические основы эрозии почв. Моек. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – 1992. – М. : Изд-во МГУ, – 95 с.

Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв : основные закономерности и количественные оценки. – 1993. – М.: Изд-во МГУ, – 200 с.

Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. – 1955 – АН СССР, Ин-т геогр. – М.: АН СССР, – 348 с.

Мирицхулава Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. – 1967. – М.: Колос, – 179 с.

Мирицхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – 1970. – М.: Колос, – 239 с.

Мирицхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел. – 1988 – Л.: Гидрометеоиздат, – 303 с.

Токсанбаева С.Т., Рамазанова Н.Е., Тусупбеков Ж.А. Оценка эрозии почв по модели «Rusle» бассейна реки Нура. // *Вестник КазНУ. Серия Географическая*. – 2021 – Том 61, № 2, 108–119 с.

Дурасов А.М., Тазабеков Т.Т. Почвы Казахстана// *Коллективная монография*. – Алма-Ата, Кайнар, 1981 г. – 152 с.

Panagos, P., Ballabio, C., ...Beguería, S., and Alewell, C.//*Rainfall erosivity in Europe, Science of the Total Environment*, 511, 801–814, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008>, 2015a

Байшолоанов С.С.//*Агроклиматические ресурсы Западно-Казахстанской области: научно-прикладной справочник / Астана, 2017. – 128 с.*

Лопырев М.И., Рябов Е.И. //*Защита земель от эрозии и охрана природы: Учебное пособие*. – М.: Агропромиздат, 1989. – 240 с.

References

Kim, H.S. Soil Erosion Modeling Using RUSLE and GIS on the IMHA Watershed. South Korea: Colorado State University, USA, Doctoral dissertation, 2016.

Mahanova N.B., Berdenov ZH.G., Abil'dinov K.K., E.H. Mendybaev. Ocenka erozii pochv po modeli «RUSLE» bassejna reki ZHylandy// *Vestnik KazNU. Seriya Geograficheskaya*. – 2020 – Том 59, № 4, 56-69 p.

Vasil'chenko, N. I. Proyavlenie vodnoj erozii v pochvah Severnogo Kazahstana// *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Struktura i morfogenez pochvennogo pokrova v usloviyah antropogennogo vozdejstviya»*. Minsk – 2013. – S. 90–93.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D. “Predicting rainfall erosion losses.” *Handbook*, no. 537. (2002): 65 p.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D. “Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning.” *Agriculture Handbook*, no. 282. (1978): 242 p.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D. “Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning.” *Agriculture Handbook*, no. 537. (1978): 47 p.

Ramazanova, N. “Modeling soil erosion in the Chagan river of the west Kazakhstan with using RUSLE and GIS tools.” *Journal of Environmental Biology*. Vikas Nagar. INDIA. (2020): 396-404 p.

Ian D. Moore and John P. “Wilson Length-slope factors for the Revised Universal Soil Equation: Simplified method of estimation.” *Journal of Soil and Water Conservation*. (1992): 58 p.

- P.J.J. Desmet and G. Govers. "A GIS procedure for automatically calculating the USLE factor on topographically complex landscape units." *Journal of Soil and Water Conservation* September. (1996)
- Renard, K.G, Foster, G., Weesies, G.A., Mccool, D.K., Yoder, D.C. "Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)". *Agricultural Handbook*, no 703. (2017).
- Schultz, R.C., Colletti, J.P., Isenhardt, T.M., Marquez, C.O., Simpkins, W.W. and Ball, C.J. "Riparian forest buffer practices." *North American Agroforestry: An integrated science and practices*. American Society of Agronomy. Chapter 7 (2000): 402 p.
- Turekhanov A. *Bases of effective use of natural pastures*. Science, 2016.
- Van Remortel, R.D., Maichle, R.W., Hickey, R.J. "Computing the LS Factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through ArrayBased Slope Processing of Digital Elevation Data Using a C++ Executable." *Computers & Geosciences*, no. 30 (2004): 1043–1053 p.
- Willett, C.D., Lerch, R.N., Schultz, R.C., Berges, S.A., Peacher, R.D. and Isenhardt, T.M. "Streambank Erosion in Two Watersheds of the Central Claypan Region of Missouri, USA." *Journal of Soil and Water Conservation*. (2012).
- Akiyanova, F.ZH., Vasil'chenko, N.I. "Protsessy erozii i deflyatsii pochv Akmolinskoy oblasti v usloviyakh aglomeratsionnogo razvitiya regiona" [Processes of erosion and deflation of soils in Akmola region in the conditions of agglomeration development of the region] *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii Ekosistemy Tsentral'noy Azii v sovremennykh usloviyakh sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya* [Materials of the international conference Ecosystems of Central Asia in modern conditions of socio-economic development]. Ulan-Ude. (2015): p. 372–376.
- Voronin, A.D., Kuznecov, M.S. *Opyt ocenki protiverozionnoj stojkosti pochv* [Experience in assessing soil erosion resistance]. *Eroziya pochv i ruslovyje processy*. Moscow: Vyp. 1., 1970.
- Gavrilica, A.O. *Eroziionnye processy pri polive dozhdevaniem i puti ih minimizacii* [Erosion processes during sprinkling and ways to minimize them]. *Pochvovedenie*, № 1, 1993.
- Gendugov V.M., Glazunov G.P. *Vetrovaya eroziya pochvy i zapylenie vozduha* [Wind soil erosion and air dusting]. Moscow: Fizmatlit, 2007.
- Dobrovol'skij, G.V. *Degradaciya i ohrana pochv: monografiya* [Soil degradation and protection: monograph]. Moscow: Izd-vo MGU, 2002.
- Zaslavskij, M.N. *Eroziovedenie : uchebnik dlya geogr. i pochv. spec, vuzov* [Erosiology: a textbook for geogr. and soils. specialist, universities]. Moscow: Vysshaya shkola, 1983.
- Zaslavskij, M.N. *Eroziya pochv* [Soil erosion]. Moscow: Mysl', 1979.
- Kuznecov, M.S., Glazunov, G.P., Zorina, E.F. *Fizicheskie osnovy erozii pochv* [Physical basis of soil erosion]. Moscow: MGU, 1992.
- Larionovt, G.A. *Eroziya i deflyaciya pochv : osnovnye zakonomernosti i kolichestvennyje ocenki* [Soil erosion and deflation: basic patterns and quantitative estimates]. Moscow: MGU, 1993.
- Makkaveev, N.I. *Ruslo reki i eroziya v ee bassejne* [River bed and erosion in its basin]. Moscow: AN SSSR, 1955.
- Mirckhulava, C.E. *Razmyv rusel i metodika ocenki ih ustojchivosti* [Erosion of channels and methods for assessing their stability]. Moscow: Kolos, 1967.
- Mirckhulava, C.E. *Inzhenernyje metody rascheta i prognoza vodnoj erozii* [Engineering methods for calculating and forecasting water erosion]. Moscow: Kolos, 1970.
- Mirckhulava, C.E. *Osnovy fiziki i mekhaniki erozii rusel* [Fundamentals of physics and mechanics of channel erosion]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988.
- Toxanbayeva, S.T., Ramazanova, N.E., Tusupbekov, Zh.A. "Ocenka erozii pochv po modeli «Rusle» [Assessment of soil erosion using the Rusle model]" *Vestnik KazNU. Seriya Geograficheskaya*. Tom 61, no. 2 (2021): 108-119 p. 29. D u r a s o v A.M., Tazabekov T.T. *Pochvy Kazahstana// Kollektivnaya monografiya*. – Alma-Ata, Kajnar, 1981 g. – 152 p.
30. Panagos, P., Ballabio, C., ...Beguiria, S., and Alewell, C.//Rainfall erosivity in Europe, *Science of the Total Environment*, 511, 801–814, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008>, 2015a
31. Bajsholanov S.S.//*Agroklimaticheskie resursy Zapadno-Kazahstanskoj oblasti: nauchno-prikladnoj spravochnik* / Astana, 2017. – 128 p.
32. Lopyrev M.I., Ryabov E.I.//*Zashchita zemel' ot erozii i ohrana prirody: Uchebnoe posobie*. – M.: Agropromizdat, 1989. – 240 p.

L. Akbayeva^{1*}, Y. Pangaliyev¹, E. Atasoy²,
N. Mamytova³, N. Kobetayeva¹, Zh. Bakeshova¹

¹Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Kazakhstan, Astana

²Bursa Uludag University, Turkey, Bursa

³Kazakh University of Technology and Business, Kazakhstan, Astana

*e-mail: akbaeva659@mail.ru

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE LAKES OF THE KARAGANDA REGION OVER THE PAST 50 YEARS

The paper gives a general overview of the lakes of the Karaganda region according to the main hydrological characteristics. A comparative analysis of several morphometric indicators of medium and small lakes in the region in 1968 and 2020 was also carried out. Over the past period, the total area of small lakes has not changed, but some of the lakes were dry in 1968, so the total volume of water in this group has increased by 19.7% since 1968. In medium and larger lakes, a significant change in the total area and volume of water is observed: an increase in area by 4.12% and an increase in volume by 12.6%. In the largest lakes of the region (more than 20 km²), with an increase in the area of lakes by 6.5%, the volume of total water increased by 53%. Thus, despite the general increase in the average annual temperature and changes in the precipitation regime in the region, the areas of reservoirs and the volume of the total water mass have increased, while the dynamics of indicators depends on the specific area of the reservoir.

Key words: lakes, hydrology, morphometric indicators, area of lakes, volume of water, Karaganda region.

Л.Х. Акбаева¹, Е.М. Панғалиев¹, Э. Атасой²,
Н.С. Мамытова³, Н.К. Кобетаева¹, Ж.У. Бакешова¹

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.

²Бурса Ұлыдағ университеті, Түркия, Бурса қ.

³Қазақ технология және бизнес университеті, Қазақстан, Астана қ.

*e-mail: akbaeva659@mail.ru

Соңғы 50 жылдағы Қарағанды облысындағы көлдердің салыстырмалы сипаттамасы

Мақалада негізгі гидрологиялық сипаттамалары бойынша Қарағанды облысының көлдеріне жалпы шолу жасалған. Сондай-ақ, 1968 және 2020-шы жылдары арасында облыстағы орта және шағын көлдердің бірқатар морфометриялық көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау жасалды. Өткен кезеңде шағын көлдердің жалпы ауданы (1-ден 2 км²-ге дейін) іс жүзінде өзгеріссіз қалды, бірақ 1968 жылы кейбір көлдердің кеуіп кетуіне байланысты осы топтағы көлдердегі судың жалпы көлемі 1968 жылға қарағанда 19,7% өсті. Орта және үлкен көлдерде (ауданы 4-тен 20 км²-ге дейін) жалпы ауданы мен су көлемінің айтарлықтай өзгеруі байқалады: ауданның 4,12%-ға және көлемі 12,6%-ға ұлғайған. Облыстың ірі көлдерінде (20 км²-ден астам) көлдер аумағы 6,5%-ға ұлғайса, жалпы су көлемі 53%-ға артты. Осылайша, аймақтағы орташа жылдық температураның өсуіне және жауын-шашын мөлшерінің өзгеруіне қарамастан, көлдердің ауданы мен жалпы су массасының көлемі өсті. Көлдердегі су көлемінің артуының ең ықтимал себебі жауын-шашын мөлшерінің, әсіресе қыс мезгілінде ұлғаюы.

Түйін сөздер: көлдер, гидрология, морфометриялық көрсеткіштер, көлдер аумағы, су көлемі, Қарағанды облысы.

Л.Х. Акбаева^{1*}, Е.М. Панғалиев¹, Э. Атасой²,
Н.С. Мамытова³, Н.К. Кобетаева¹, Ж.У. Бакешова¹

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Астана

²Университет Бурса Улудаг, Турция, г. Бурса

³Казахский университет технологии и бизнеса, Казахстан, г. Астана

*e-mail: akbaeva659@mail.ru

Сравнительная характеристика озер Карагандинский области за последние 50 лет

В работе дан общий обзор озер Карагандинской области по главным гидрологическим характеристикам. Также был проведен сравнительный анализ ряда морфометрических показателей средних и малых озер области в 1968 году и 2020 году. За истекший период суммарная площадь малых озер (1 до 2 км²) практически не изменилась, однако часть озер в 1968 году была пересохла, поэтому общий объем воды, заключенный в этой группе с 1968 года, вырос на 19.7%. В средних и более крупных озерах (площадью от 4 до 20 км²) наблюдается достоверное изменение суммарной площади и объема воды: увеличение площади на 4.12 % и увеличение объема на 12.6 %. В самых крупных озерах области (более 20 км²) при увеличении площади озер на 6.5% объем общей воды увеличился на 53%. Таким образом, несмотря на общее увеличение среднегодовой температуры и изменения режима осадков в области, площади водоемов и объем суммарной водной массы увеличились, при этом динамика показателей зависит от конкретной площади водоема. Наиболее вероятная причина увеличения воды в озерах – увеличение осадков, особенно в зимний период.

Ключевые слова: озера, гидрология, морфометрические показатели, площадь озер, объем воды, Карагандинская область.

Introduction

In recent decades, the problem of water resources in the Republic of Kazakhstan has become especially acute in the light of the impending water shortage, climate change, geographic location, and anthropogenic impact [1]. The hydrographic network and the number of reservoirs in most of the territory are relatively poor, and therefore considering the total area of surface waters, the dynamics of changes in their morphological indicators is very important. The concern of hydrologists and ecologists so far has mainly been caused by changes in relatively large reservoirs and rivers. However, insufficient attention was paid to the state of medium and small lakes. At the same time, lakes have a great impact on the microclimate, the well-being of adjacent ecosystems, and are of value for recreation and economic importance [2].

Karaganda region occupies the largest area of the territory of Central Kazakhstan. On average, there are about 1910 lakes with a total area of 926 km². Of these, with an area of less than 1 km² - 1779, making up 14% of the water surface [3]. Medium and small lakes have shorter water cycles, eutrophy faster, dry up, their disappearance is often not recorded in hydrological registers [4, 5].

The purpose of this work was to conduct a comparative analysis of a number of morphometric indicators of medium and small lakes in the Karaganda region over the past half century.

Working hypothesis: It is assumed that over the past decades there have been significant changes in the indicators of surface waters in Central Kazakhstan, particularly the Karaganda region, due to a whole range of environmental factors. This should be reflected primarily in the number of lakes, the total area of water, the total volume of water mass.

Materials and methods

We carried out expeditionary research in the Karaganda region to obtain visual confirmation of the number of existing reservoirs, their hydrometric indicators, such as maximum and average depth, water level.

Considering that the lakes of the region are mostly shallow, measurements were carried out on the water surface with a hand lot (a sounding lead) from a boat at regular intervals of 10–15 m (for shallow lakes) and 100 m (for lakes larger than 5 km²) [6, 7].

To calculate the area of lakes and the catchment area, we used data from the Sentinel-2 series satellites processed using the SNAP software belonging to the European Space Agency and available after basic processing on the specialized Internet portal Copernicus Open Access Hub. Water surface area calculations were carried out using SNAP v7.0 software. For this, the MNDWI index was applied, using data from the green range of the visible

spectrum (for Sentinel-2 it is designated as B3) and the mid-wave MI range (Middle Infrared - MIF, for Sentinel-2 it is designated as B12). The Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) was described by Hanqiu Xu in 2006 [8]. The index is calculated using the formula

$$\text{MNDWI} = (\text{Green} - \text{MIR}) / (\text{Green} + \text{MIR}),$$

where Green and MIR are the pixel values of the raster (reflectivity) of the green range and the mid-wave infrared range, respectively.

Index values can range from minus 1 to plus 1, where minus 1 with the maximum probability corresponds to the land, and plus 1 to the water surface. Further, based on the raster with the values of the MNDWI index, water bodies were detected. Detection was carried out using raster binarization according to the criterion of exceeding the threshold value of the index.

The volume of water in the lakes was calculated from the depth and area of the lakes.

In addition, for the purpose of comparison, we used stock materials for the last century on research of lakes in the Karaganda region, as well as literary sources [9, 10, 11].

Characteristics of the object of study

Karaganda region is less rich in lakes than other northern regions of Kazakhstan, while the lakes are very unevenly distributed (Figure 1). The numbers of the lakes correspond to the numbers in Table 1. Over 68% of the lakes are concentrated in the northern part of the region. The number of lakes naturally decreases with an increase in the dryness of the climate and an increase in the infiltration capacity of soils. There are also fewer lakes in the eastern and central highlands, where local runoff accumulation conditions are less favorable. With the exception of the Karkaraly Mountains, where there are several deep natural reservoirs [3, 12].

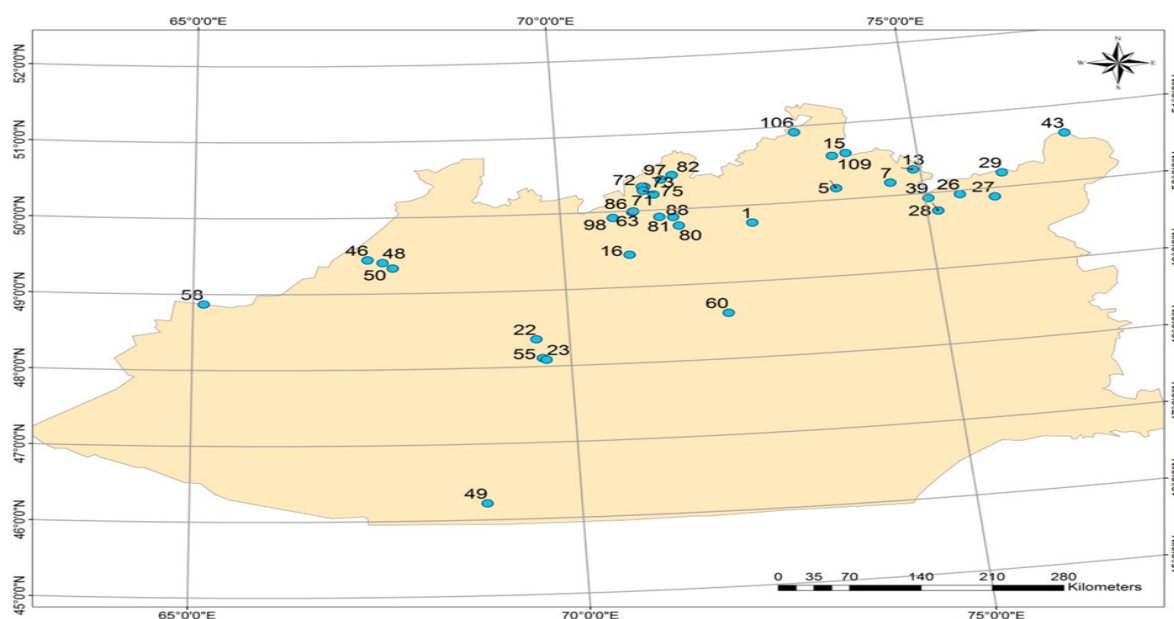


Figure 1 – Distribution of lakes (more than 5 km² in area) of the Karaganda region

Small lakes are grouped along rivers, streams and channels, large ones are confined to lowland areas. A significant number (75%) of small lakes are located in the northern regions of the territory, in the basins of the Nura, Kulanutpes, Kon rivers and the drainless basin of lake Karasor. Some of them are located in the floodplains of large rivers, mainly the Nura River (Figure 2) [3].

On average, there is 0.27 km² of water surface per 100 km². The northern Nura region is the richest

in lakes, but even in it their water surface is 1.3 km² per 100 km² of land [13].

In general, clayey soils are widespread in the territory of the region and significant silting of lakes is observed, therefore, water exchange between the water mass of the lake and the soil of its bed is usually difficult. Filtration and groundwater inflow here usually do not exceed 5–20% of evaporation [14].

The studied lakes are located in different structural and lithological conditions: they are

laid both in loose sedimentary formations of the Mesozoic-Cenozoic and in rigid igneous rocks of the Precambrian and Paleozoic. Back in the 1960s and 1970s, it was established that four types of lakes occur in this area in the formation of basins: hydrogenous, suffusion-karst, eolian, and tectonic [15, 16, 17].

According to the chemical composition of the water, 66 lakes belong to the chloride type (77.7%), 16 to the hydrocarbonate type (18.8%), and 3 to the sulfate type (3.5%) [18]. The total

number of fresh and conditionally fresh lakes (with the sum of ions in the summer low water up to 2.5-3 g/l) was 32%, weakly brackish (up to 9-10 g/l) - 22% and strongly brackish (up to 25 g/l) - 13%, the remaining 32% are O.A. Alekin to the hydrochloric group (over 25 g/l). When hydrometeorological conditions change, some lakes move from one group to another [19].

The depth of the lakes ranges from a few centimeters (drying water bodies) to 3-4 m, rarely more.

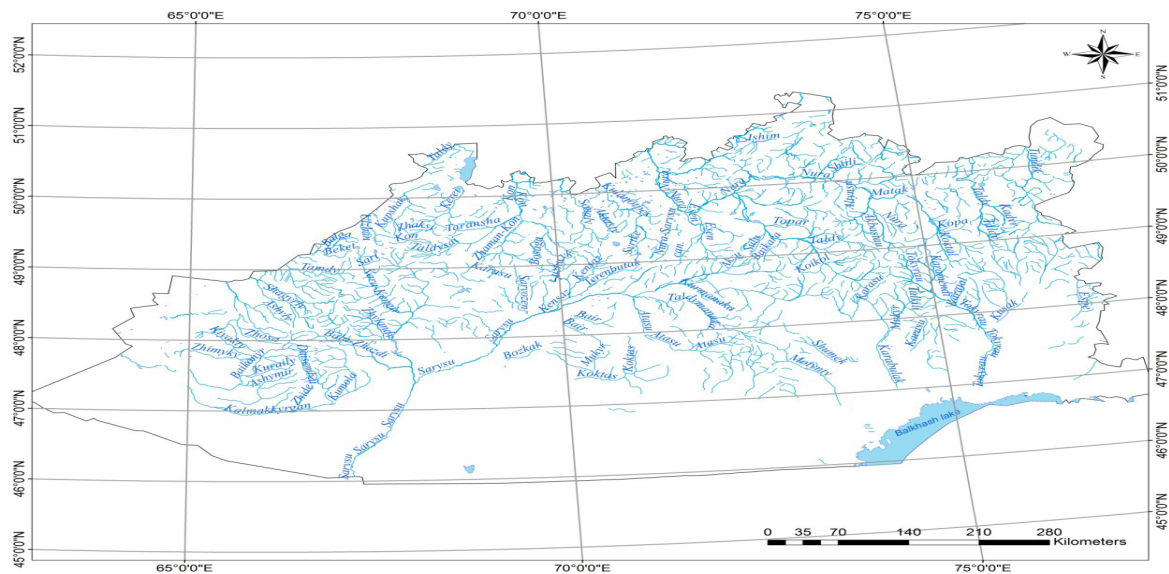


Figure 2 – Hydrographic network of river basins in Karaganda region

At the same time, fresh and slightly brackish water bodies are in most cases deeper than saline (mineral) ones. Salt lakes (Karasar, Karakoin, etc.) predominate on the territory. Fresh lakes are located mainly in the north, in the Nura river basin and in the Karkaraly mountains [3].

On all lakes, the rise in the level from the influx of water during the period of spring snowmelt begins at the end of March and ends mainly in 10-15 days. The height of the spring rise in the level varies from year to year and can exceed 2 meters. The lowest water level in the lakes is set in October. The annual amplitude of water level fluctuations averages 0.6-0.8 meters [20].

The lakes of the region, with rare exceptions, are endorheic and stagnant. Only some floodplain lakes in the basins of the Nura and Kulanutpes rivers, as well as the lakes of the Karkaraly Mountains (Pashino, Ulkenkol, Ashchykol), are flowing.

Results and Discussion

We collected data on the number and morphometric parameters of lakes in the Karaganda region according to available scientific sources for 1938, 1968 and 1973. And compared them with the data of our research. The results are collected in table 1.

In general, out of 109 lakes studied by us, 34 water bodies have an area of 1 to 2 km², 32 (29%) lakes with an area of 2.0 to 4.0 km², 15 (13.5%) lakes with an area of 4.0–6.0 km², 21 (19.2%) lakes with an area of 6.0 to 18.6 km² and 7 (6.4%) lakes larger than 20 km².

If we do not consider numerous small lakes with an area of less than 1 km², then because of the study of everything, we described 109 lakes, information on which has also been preserved since 1968. In earlier periods, such systematic work was not carried out.

Table 1 – Morphometric indicators of the lakes of the Karaganda region

№	Titles	Year of study	Area of lakes, km ²	Length, km	Maximum width, km	Average depth (maximum depth), m	Water volume million m ³	Coastline length, km	Lake catchment area, km ²	Coordinates
1	Sasykkol	1968	16.16	8	3.9	1.8 (5.5)	25	23.8	208	49°37'54.6"N 72°28'50.6"E
		2020	22.3	8.3	5.0	2.0 (5.5)	31	27.3		
2	Sopaksor	1968	4.7	3.7	2.0	(0.5)	1.02	11	111	49°38'26.9"N 71°42'54.2"E
		2020	4.5	3.4	1.8	0.3 (0.5)	0.8	8.9		
3	Shubar	1968	2.0	4.5	0.5	(0.5)	P	12.9	51	49°35'22.7"N 71°45'21.2"E
		2020	2.2	4.3	0.7	0.2 (0.4)	0.4	13.2		
4	Kok-Dombak	1968	3.42	4.0	1.3	(0.1)	P	8.9	82	47°00'28.9"N 74°24'40.4"E
		2020	3.3	3.57	1.52	0.1 (0.2)	0.3	8.54		
5	Botakara	1968	7.3	4.2	2.5	2.0 (5.0)	15.0	10.8	495	50°06'18.4"N 73°43'35.0"E
		2020	21.1	7.6	4.1	2.0 (5.0)	42.2	25.9		
6	Kaiyndykol	1968	2.0	1.8	1.4	0.8 (1.3)	1.6	4.9	40	50°15'05.5"N 74°45'30.1"E
		2020	2.1	2.1	1.4	1.0 (1.3)	2.1	5.9		
7	Ashchykol	1968	4.5	2.8	2.2	1.7 (3.5)	7.5	10.0	98	50°01'55.9"N 74°33'05.5"E
		2020	5.0	3.1	2.1	2.0 (4.0)	10.0	9.0		
8	Bolshoy Sarykol	1968	1.1	1.5	1	2.0 (3.6)	2.2	4.0	12	49°28'41.6"N 73°41'51.8"E
		2020	1.2	1.7	1.2	2.0 (3.6)	2.4	5.4		
9	Manten	1968	2.3	2.4	1.5	(0.15)	P	6.9	34	50°10'51.5"N 73°30'39.8"E
		2020	2.4	2.3	1.53	0.1 (0.2)	0.2	8.29		
10	Kurgankol	1968	2.9	2.3	1.8	2.0 (3.0)	5.0	6.8	69	50°18'42.3"N 73°46'44.3"E
		2020	4.3	3.1	2.3	2.0 (3.0)	8.6	9.8		
11	Kumdykol	1968	2.16	1.9	1.3	(2.2)	5.0	5.2	51	50°27'54.0"N 73°58'29.6"E
		2020	2.1	2.07	1.4	2.2 (3.5)	4.6	5.5		
12	Aryktykol	1968	1.6	1.7	1.4	2.0 (4.5)	3.2	4.8	80	50°06'34.8"N 72°26'37.9"E
		2020	1.96	1.8	1.4	2.0 (4.5)	3.9	5.2		
13	Rudnichnoye	1968	6.56	4.2	2.0	4.3 (8.5)	35.8	15.0	30	50°13'38.1"N 74°52'15.1"E
		2020	7.4	4.39	2.0	4.3 (8.5)	31.8	18.7		
14	Shalkarkol	1968	3.09	2.1	1.9	1.4 (3.5)	4.4	10.5	33	50°14'21.1"N 74°54'13.7"E
		2020	2.7	2.4	1.9	1.4 (3.5)	3.78	7.07		
15	Batpakkol	1968	7.0	3.6	2.5	1.2 (2.2)	8.0	9.4	84	50°36'20.3"N 74°01'18.5"E
		2020	6.3	3.6	2.3	1.0 (2.2)	6.3	9.7		
16	Shoshkakol	1968	32.0	8.5	6.7	(1.0)	P	28.3	360	49°16'57.2"N 70°49'29.5"E
		2020	26.7	6.7	5.9	0.2 (1.0)	5.3	27.2		
17	Sorkol	1968	2.1	3.5	1.2	(1.2)	0.92	8.4	230	48°33'34.7"N 70°16'47.9"E
		2020	1.9	2.09	1.2	0.4 (1.0)	0.76	5.4		
18	Botagankol	1968	2.0	1.7	1.6	(0.7)	0.7	7.5	92	48°30'14.0"N 70°37'22.8"E
		2020	1.3	1.7	1.34	0.35 (0.7)	0.45	8.9		
19	Shagyrylykol	1968	1.3	1.9	1.1	(0.35)	P	4.9	38	48°28'55.0"N 70°31'21.5"E
		2020	1.01	1.08	0.9	0.1 (0.3)	P	4.6		
20	Zhyngyrylykol	1968	1.65	3.4	0.7	-	P	9.4	49	48°18'38.7"N 70°16'13.1"E
		2020	1.44	3.3	0.8	0.1 (0.5)	0.05	9.34		

Table continuation

№	Titles	Year of study	Area of lakes, km ²	Length, km	Maximum width, km	Average depth (maximum depth), m	Water volume million m ³	Coastline length, km	Lake catchment area, km ²	Coordinates
21	Bozkol	1968	1.9	2.7	1.1	-	P	7.7	323	48°10'23.6"N 70°01'20.1"E
		2020	1.95	2.6	1.09	-	P	7.56		
22	Kabyrshakty	1968	5.8	4.0	2.0	0.9 (1.3)	5.0	14.3	916	48°20'08.8"N 69°31'15.4"E
		2020	5.8	3.8	2.02	0.8 (1.3)	4.62	12.9		
23	Biesoygan	1968	6.5	4.3	2.4	(0.1)	P	11	70	48°05'01.3"N 69°31'56.3"E
		2020	6.6	4.36	2.4	0.05 (0.1)	0.33	11.4		
24	Kumkol	1968	2.9	2.4	1.7	(0.5)	P	13.7	203	48°42'32.9"N 70°36'32.3"E
		2020	1.6	1.7	1.1	0.1 (0.5)	0.16	9.3		
25	Sasykkol	1968	4.0	2.7	2.0	-	-	8.3	75	49°00'33.1"N 71°27'17.0"E
		2020	4.0	2.6	2.1	0.2 (0.6)	0.8	8.1		
26	Karasor	1968	155	43.5	7.3	1.1 (2.5)	160.0	103.0	8750	49°52'30.1"N 75°21'48.8"E
		2020	147	39.2	8.2	1.1 (5.0)	161.0	107.0		
27	Balyktykol	1968	26.5	6.8	6.0	2.6 (3.8)	69.0	25.5	565	49°47'36.3"N 75°56'07.2"E
		2020	28.7	6.3	6.1	2.6 (3.8)	74.6	25.4		
28	Katynkol	1968	9.5	5.5	2.3	(3.2)	17.0	16.3	364	49°44'08.9"N 75°09'00.8"E
		2020	16.2	7.2	2.3	2.0 (5.5)	32.4	28.1		
29	Saumalkol	1968	6.5	3.6	2.7	(2.7)	9.0	13.3	107	50°02'56.3"N 75°59'46.2"E
		2020	6.6	3.3	2.9	1.3 (2.7)	8.6	16.9		
30	Tuzkol	1968	3.0	4.0	1.1	(0.15)	P	9.2	39	49°46'24.8"N 75°39'24.2"E
		2020	2.95	3.8	1.36	0.1 (0.4)	0.29	10.0		
31	Ashchykol	1968	1.45	1.7	1.5	(1.2)	1.0	4.8	10	49°29'34.6"N 75°13'05.0"E
		2020	1.25	1.3	1.06	0.6 (1.1)	0.75	4.3		
32	Zhartas	1968	1.4	1.9	1.0	(2.8)	2.1	4.5	61	49°30'07.7"N 75°14'40.7"E
		2020	1.3	1.8	1.1	1.5 (2.8)	1.65	6.5		
33	Shengel	1968	1.1	1.4	1.0	(0.3)	P	4.8	33	49°31'41.5"N 75°09'07.7"E
		2020	1.12	1.7	1.02	1.1 (2.8)	1.2	5.0		
34	Karakol	1968	3.0	4.0	1.4	(0.05)	P	10.3	178	49°43'20.4"N 76°18'11.3"E
		2020	2.17	1.96	1.53	0.1 (0.5)	0.21	5.7		
35	Baytarkol	1968	1.15	2.3	0.8	(1.0)	0.5	5.5	43	49°36'08.3"N 75°13'08.9"E
		2020	1.76	2.4	1.4	2.0 (3.5)	3.52	7.3		
36	Koytas	1968	1.2	1.4	1.0	(1.1)	0.8	3.7	10	49°35'25.6"N 75°08'19.6"E
		2020	1.7	1.67	1.2	0.8 (1.3)	1.36	5.5		
37	Ozero Bolshoe	1968	2.23	2.3	1.5	3.0 (4.6)	6.8	6.3	24	49°22'57.8"N 75°30'46.4"E
		2020	1.9	1.8	1.5	3.0 (4.6)	5.7	6.0		
38	Akkol	1968	1.0	1.8	0.6	(0.4)	P	4.5	15	49°46'40.1"N 75°17'07.7"E
		2020	1.01	1.7	0.7	0.3 (0.6)	0.3	4.7		
39	Saumalkol	1968	13.2	5.2	4.0	(1.75)	13.3	16.8	307	49°48'47.6"N 74°59'24.0"E
		2020	13.4	5.2	3.9	1.0 (2.7)	13.4	16.6		
40	Dogalan Karasory	1968	1.9	2.7	0.9	(0.05)	P	8.2	56	49°34'01.3"N 76°53'40.1"E
		2020	2.03	3.3	0.9	0.1 (0.15)	0.2	8.2		

Table continuation

№	Titles	Year of study	Area of lakes, km ²	Length, km	Maximum width, km	Average depth (maximum depth), m	Water volume million m ³	Coastline length, km	Lake catchment area, km ²	Coordinates
41	Sarykol	1968	1.5	3.1	0.8	(0.07)	P	8.0	31	49°34'17.1"N 76°51'03.4"E
		2020	1.2	2.34	0.7	0.08 (1.0)	0.09	8.3		
42	Karasor	1968	3.0	3.1	1.8	(0.05)	P	7.5	149	50°00'11.7"N 76°59'54.6"E
		2020	4.0	2.86	2.15	0.5 (1.2)	2.0	8.42		
43	Sarykaska	1968	7.2	5.2	2.3	0.5	-	17.2	66	50°29'53.6"N 77°00'29.1"E
		2020	7.8	5.8	2.6	0.07 (0.5)	0.54	17.2		
44	Kokozek	1968	1.68	2.0	1.3	-	-	7.9	49	50°40'00.1"N 77°02'50.6"E
		2020	1.8	2.1	1.4	0.3 (1.0)	0.54	8.3		
45	Baltabek	1968	3.2	3.3	1.5	-	-	8.7	62	50°37'09.2"N 77°04'02.4"E
		2020	3.0	3.33	1.55	0.2 (0.9)	0.6	9.0		
46	Barakkol	1968	12.0	4.3	3.5	2.0 (2.9)	24.0	12.5	82	49°18'52.0"N 67°16'29.7"E
		2020	11.8	4.2	3.5	2.0 (2.9)	23.6	13.6		
47	Koskol	1968	5.0	2.8	2.2	1.2 (2.3)	7.0	8.0	56	49°31'01.7"N 67°03'29.8"E
		2020	4.72	2.8	2.1	1.2 (2.3)	5.6	8.12		
48	Ashchykol	1968	16.0	6.2	4.2	0.8 (1.4)	12.0	19.6	117	49°15'56.1"N 67°31'11.9"E
		2020	16.0	6.6	4.0	0.8 (1.4)	12.0	18.3		
49	Karakoyin	1968	75.3	16.3	8.3	-	-	65	612	46°07'36.8"N 68°39'52.3"E
		2020	77.1	12.4	8.5	0.1 (0.3)	7.71	70.5		
50	Burschytykol	1968	5.9	4.0	1.8	(2.0)	3.0	9.3	76	49°12'49.0"N 67°37'26.3"E
		2020	6.3	4.0	1.86	0.5 (2.0)	3.15	10.9		
51	Kishkenekol	1968	1.5	1.5	1.0	(0.3)	P	4.9	39	49°17'20.2"N 67°39'40.8"E
		2020	2.1	1.9	1.2	0.2 (0.3)	0.42	7.0		
52	Tomarmyskol	1968	2.5	2.4	1.3	(0.5)	P	6.0	36	49°17'54.5"N 67°43'45.0"E
		2020	2.3	1.97	1.5	0.2 (0.5)	0.46	5.9		
53	Basbaytal	1968	3.0	2.5	1.6	-	-	6.5	50	49°03'19.2"N 67°17'34.0"E
		2020	2.9	2.3	1.7	0.1 (0.4)	0.1	6.4		
54	Kamystykol	1968	10.1	4.7	3.1	(0.6)	0.9	12.5	303	49°34'09.4"N 67°04'08.8"E
		2020	4.8	3.0	1.85	0.09 (0.6)	0.4	8.4		
55	Baysuigen	1968	6.5	4.3	2.4	(0.1)	P	11.0	70	48°05'09.1"N 69°31'39.9"E
		2020	6.4	4.2	2.3	0.05 (0.1)	P	11.1		
56	Igilik	1968	1.64	2.0	1.0	-	-	5.0	58	47°45'56.3"N 65°00'39.3"E
		2020	1.17	1.65	0.7	-	P	4.3		
57	Koga	1968	1.22	2.2	0.7	-	-	4.8	47	48°45'47.7"N 65°11'44.0"E
		2020	2.0	2.8	0.9	-	P	6.5		
58	Obala	1968	4.75	3.8	1.9	-	-	9.3	93	48°52'58.8"N 65°07'39.0"E
		2020	5.9	3.9	2.1	-	P	10.1		
59	Shoshkaly	1968	1.8	1.7	1.6	-	-	5.2	47	47°52'30.9"N 64°37'51.2"E
		2020	0.6	1.7	0.7	0.05 (0.1)	0.03	5.6		
60	Koktenkol	1968	13.2	4.4	3.7	1.1 (2.5)	13	16.2	2584	48°31'30.4"N 72°06'13.8"E
		2020	12.4	4.7	4.0	1.1 (4.0)	13.6	14.1		

Table continuation

№	Titles	Year of study	Area of lakes, km ²	Length, km	Maximum width, km	Average depth (maximum depth), m	Water volume million m ³	Coastline length, km	Lake catchment area, km ²	Coordinates
61	Alakol	1968	5.4	4.5	1.7	(1.4)	2.4	12.0	125	49°47'55.4"N 70°29'18.7"E
		2020	4.7	4.1	1.6	0.5 (1.4)	2.3	10.8		
62	Sasykkol	1968	2.0	2.4	1.2	(1.8)	1.2	8.5	42	49°59'07.0"N 70°22'40.9"E
		2020	2.14	2.3	0.9	0.5 (1.5)	1.07	7.0		
63	Izendy	1968	5.5	4.6	1.8	(0.7)	1.9	11	127	49°51'51.7"N 70°58'13.3"E
		2020	5.8	4.1	2.2	0.3 (0.7)	1.7	10.4		
64	Karatomar	1968	5.0	3.0	2.6	(1.0)	2.95	9.0	41	49°55'29.3"N 70°57'13.4"E
		2020	4.6	3.1	1.7	0.6 (1.0)	2.76	8.5		
65	Tuzkol	1968	3.6	2.6	1.8	(0.5)	P	9	35	49°56'53.9"N 70°48'48.6"E
		2020	3.8	2.6	1.5	0.1 (0.5)	0.38	10.6		
66	Alabas	1968	2.0	2.1	1.4	(0.3)	P	5.9	43	49°59'13.1"N 70°50'28.1"E
		2020	2.03	2.0	1.4	0.1 (0.4)	0.2	6.2		
67	Seitkazy	1968	1.3	1.7	1.2	(0.15)	P	4.6	40	50°02'12.0"N 70°49'20.9"E
		2020	1.6	1.7	1.27	0.1 (0.3)	0.16	5.2		
68	Zhaykopa	1968	1.12	1.6	0.9	-	P	4.4	28	50°07'54.9"N 70°53'31.3"E
		2020	1.25	1.54	1.3	0.1 (0.2)	0.12	5.5		
69	Arykty	1968	1.51	1.8	1.3	0.9 (2.2)	1.4	4.5	58	50°08'20.8"N 70°56'54.2"E
		2020	1.5	1.4	1.3	0.9 (2.2)	1.35	6.3		
70	Arykty	1968	1.65	2.0	1.5	(2.0)	1.4	6.6	41	50°20'31.6"N 71°21'48.0"E
		2020	1.8	1.7	1.2	0.9 (2.6)	1.6	5.9		
71	Karaukamys	1968	6.2	4.5	2.5	(2.0)	6.5	12.8	94	50°08'44.9"N 71°01'51.8"E
		2020	8.4	4.9	2.7	1.1 (3.0)	9.2	17.05		
72	Ashchysor	1968	7.2	4.4	2.0	(0.6)	2.2	11.0	157	50°11'46.2"N 71°05'26.0"E
		2020	6.9	4.3	1.8	0.3 (0.6)	2.07	11.2		
73	Karatay	1968	6.5	3.8	1.8	(1.2)	2.7	10.5	89	50°12'39.9"N 71°11'02.4"E
		2020	6.7	3.9	2.3	0.4 (1.0)	2.68	11.2		
74	Taskol	1968	1.55	1.6	1.2	(0.3)	P	5.6	19	50°10'42.6"N 71°16'07.3"E
		2020	1.7	1.65	1.3	0.3 (0.9)	0.5	5.8		
75	Kumkol	1968	9.1	4.9	2.8	1.7 (3.0)	16	12.3	107	50°08'25.6"N 71°15'19.8"E
		2020	9.6	4.4	2.9	1.5 (3.6)	14.4	13.1		
76	Zhamankol	1968	1.3	1.5	1.2	(2.0)	1.3	4.3	31	50°05'43.6"N 71°25'23.0"E
		2020	1.6	1.6	1.2	1.0 (2.0)	1.6	4.8		
77	Bayatarkol	1968	3.0	2.8	1.8	(1.3)	2.1	6.5	66	49°27'31.5"N 71°17'41.4"E
		2020	2.2	1.9	1.5	0.5 (1.0)	1.1	5.6		
78	Saryala	1968	2.9	2.5	1.9	1.0 (2.5)	2.8	7.0	33	50°03'22.1"N 71°46'08.0"E
		2020	3.7	2.7	1.8	0.9 (2.7)	3.3	9.3		
79	Kurenala	1968	2.2	2.3	1.1	1.0 (2.5)	2.2	6.2	29	50°00'39.7"N 71°42'38.1"E
		2020	3.7	3.09	1.7	1.0 (2.5)	3.7	8.2		
80	Kultansor	1968	16.0	5.7	3.0	(0.4)	P	33.8	134	49°45'10.9"N 71°27'55.8"E
		2020	11.3	3.9	2.6	0.05 (0.4)	0.6	27.8		

Table continuation

№	Titles	Year of study	Area of lakes, km ²	Length, km	Maximum width, km	Average depth (maximum depth), m	Water volume million m ³	Coastline length, km	Lake catchment area, km ²	Coordinates
81	Tatyrсор	1968	4.0	3.2	1.5	(1.3)	2.5	9.3	71	49°46'46.5"N 71°28'26.4"E
		2020	5.3	3.32	1.8	0.5 (1.3)	2.65	12.0		
82	Shoptykol	1968	6.4	3.4	2.7	-	P	9.3	175	50°22'29.4"N 71°34'05.1"E
		2020	6.1	3.4	2.7	-	P	9.7		
83	Kobykol	1968	1.15	2.3	0.8	(2.0)	P	5.6	31	49°50'46.7"N 71°53'40.0"E
		2020	1.0	2.06	0.8	0.2 (1.1)	0.2	5.6		
84	Tapalkol	1968	3.3	2.5	1.6	(1.2)	1.5	7.3	49	49°47'36.8"N 70°39'33.7"E
		2020	3.1	2.35	1.6	0.4 (1.2)	1.2	7.5		
85	Balykty	1968	3.2	3.2	1.6	1.0 (2.3)	3.5	10.3	214	49°26'01.5"N 71°39'12.7"E
		2020	2.65	2.11	1.5	1.0 (2.3)	2.6	7.24		
86	Alabotaly	1968	2.5	3.3	1.2	-	P	7.8	28	49°56'17.9"N 70°53'38.0"E
		2020	5.3	4.36	1.6	1.2 (2.8)	6.3	11.0		
87	Baysal	1968	2.4	3.1	1.2	-	P	8.8	62	49°51'22.1"N 71°08'51.5"E
		2020	3.8	3.4	2.1	1.4 (3.2)	5.3	9.6		
88	Tassuat	1968	16.5	7.6	2.6	(1.7)	8.0	37.3	67	49°50'26.7"N 71°18'19.1"E
		2020	18.6	7.9	3.3	0.4 (2.3)	7.5	29.6		
89	Balykshy	1968	1.66	1.7	1.6	(0.7)	0.7	5.0	48	50°05'46.8"N 71°40'34.3"E
		2020	2.1	1.71	1.53	0.4 (0.6)	0.84	6.1		
90	Zharlykol	1968	2.0	2.7	1.6	1.2 (3.2)	2.3	7.3	50	50°02'30.5"N 70°29'20.4"E
		2020	1.9	1.8	1.56	1.7 (3.5)	3.2	6.4		
91	Sarybulak	1968	2.0	2.2	1.4	(0.4)	P	6.0	28	49°43'02.4"N 71°36'26.3"E
		2020	2.1	2.2	1.4	0.05 (0.4)	0.1	6.2		
92	Saumalkol	1968	2.58	2.4	1.7	(1.7)	1.9	8.0	56	50°28'10.3"N 71°38'07.8"E
		2020	3.1	2.5	1.7	0.8 (1.7)	2.4	8.4		
93	Baytugan	1968	1.1	1.6	0.8	(0.35)	P	3.9	34	50°21'12.5"N 71°26'32.3"E
		2020	1.2	1.6	0.9	0.15 (0.35)	0.18	4.2		
94	Sulukamys	1968	2.7	2.9	1.2	(0.15)	P	6.9	17	49°51'53.9"N 71°21'38.7"E
		2020	2.8	2.8	1.27	0.1 (0.15)	P	6.93		
95	Dosantomar	1968	2.4	2.5	1.3	-	P	6.8	29	50°01'14.8"N 71°09'30.2"E
		2020	2.0	2.3	1.2	0.06 (0.3)	0.12	6.8		
96	Aysakol	1968	1.08	2.7	0.6	-	P	6.7	25	50°16'42.6"N 71°39'02.7"E
		2020	1.2	2.7	0.6	0.02 (0.4)	0.02	6.9		
97	Sor	1968	5.15	3.0	2.4	(0.6)	1.3	8.7	81	50°14'58.5"N 71°19'39.0"E
		2020	5.7	3.26	2.5	0.3 (1.05)	1.7	9.3		
98	Ostemir	1968	8.8	5.8	2.4	-	P	20.5	127	49°52'18.5"N 70°41'11.9"E
		2020	8.1	5.9	2.2	0.05 (0.5)	0.4	19.6		
99	Korpesh	1968	1.2	1.6	1.1	(2.5)	1.2	4.3	67	50°30'57.3"N 71°31'31.0"E
		2020	1.3	1.6	1.1	1.0 (2.5)	1.3	4.6		
100	Agashtykol	1968	2.75	2.8	1.4	1.7 (2.7)	4.3	7.3	96	50°09'14.6"N 72°01'21.9"E
		2020	1.88	2.3	1.2	1.5 (2.7)	2.82	6.0		

Table continuation

№	Titles	Year of study	Area of lakes, km ²	Length, km	Maximum width, km	Average depth (maximum depth), m	Water volume million m ³	Coastline length, km	Lake catchment area, km ²	Coordinates
101	Zhamankol	1968	3.0	2.6	1.6	1.8 (4.5)	5.3	6.5	65	49°56'51.7"N 72°01'39.3"E
		2020	4.09	3.08	1.85	1.7 (4.5)	6.9	8.55		
102	Marzhankol	1968	2.87	2.2	1.5	1.2 (2.2)	2.8	6.5	64	50°07'06.5"N 71°53'31.4"E
		2020	2.65	2.1	1.4	0.9 (2.2)	2.4	6.1		
103	Taldykol	1968	2.9	2.8	1.5	(1.5)	2.0	7.0	37	50°22'56.2"N 72°07'51.2"E
		2020	3.46	3.07	1.58	0.6 (1.0)	2.07	7.7		
104	Taldykol	1968	2.1	2.2	1.5	(1.0)	P	5.7	43	50°53'12.1"N 73°01'02.4"E
		2020	2.5	2.4	1.52	-	P	6.58		
105	Toksumak	1968	6.2	3.2	2.8	2.0 (2.8)	12	10.7	68	50°39'37.9"N 72°30'13.1"E
		2020	4.6	2.9	2.1	2.0 (2.8)	9.2	8.3		
106	Karakol	1968	7.15	4	2.3	2.0 (3.0)	15.0	12.5	160	50°48'42.9"N 73°17'23.4"E
		2020	8.49	4.8	2.47	2.0 (3.0)	16.9	13.2		
107	Shoptykol	1968	1.96	2.0	1.3	(0.1)	P	4.0	48	50°42'00.2"N 73°20'55.6"E
		2020	3.8	2.8	2.04	0.03 (0.3)	0.1	8.2		
108	Kochkarnoe	1968	1.0	1.6	1.2	(0.5)	P	4.3	22	50°26'18.3"N 72°37'12.3"E
		2020	1.0	1.66	1.2	0.03 (0.5)	0.03	4.9		
109	Shybyndy	1968	36.0	8.7	5.4	(0.15)	P	22.6	617	50°34'04.1"N 73°40'56.4"E
		2020	30.1	8.5	5.2	0.2 (0.5)	6.0	21.2		

Note: P (parched lake) - lakes dried up at the time of the study

Of the 109 lakes studied, 63 lakes (58%) are non-drying and 46 lakes (42%) are ephemeral. Non-drying lakes in the studied region retain their water mass throughout the year, while in drying lakes, by the end of summer, the water level sharply decreases until the formation of medium and small puddles. Of the drying lakes in 1968, 38 out of 46 lakes were dry, and in 2020 only 8 lakes out of 46 lakes were dry.

The catchment areas of lakes vary from a few square kilometers for very small water bodies to several thousand square kilometers for large lakes. In the north of the region, in the Nura river basin, there is an average of 80 km² of drainage area per 1 km² of the lake surface, and 320 km² in the Sarysu river basin, that is, 4 times more. The catchment area of the lake Karasor is approximately 8750 km².

Most lakes, including large ones, have an average depth of 1 to 1.5 m. The maximum depth of lakes varies on average from 4.3 to 8.5 m.

For the convenience of the analysis of water surface areas and water volumes, all studied lakes

were divided into 5 groups by area. The variation in the depth of lakes was not considered, since the vast majority of lakes have a similar origin, are located on a more or less uniform relief, and therefore the dependence of the depth and area of most lakes have similar values. But the total volume of water was calculated separately, which is determined by the average depth and area of the lake. As a result, area-volume water charts for 2020 were compiled (Figure 3). At the same time, a diagram for 1968 was compiled for the same lakes, where the areas of lakes had other indicators (Figure 4).

The first group includes 34 lakes up to 2 km² in area, which is 32% of the total number of water bodies. The total area of these lakes in 1968 was 53.03 km², and in 2020 their total area has remained almost the same - 50.1 km². However, some of the lakes were dry in 1968, so the total volume of water contained in this group in 1968 was 30.12 million m³, while in 2020 it was 36.06 million m³. That is, the volume of water increased by 19.7%.

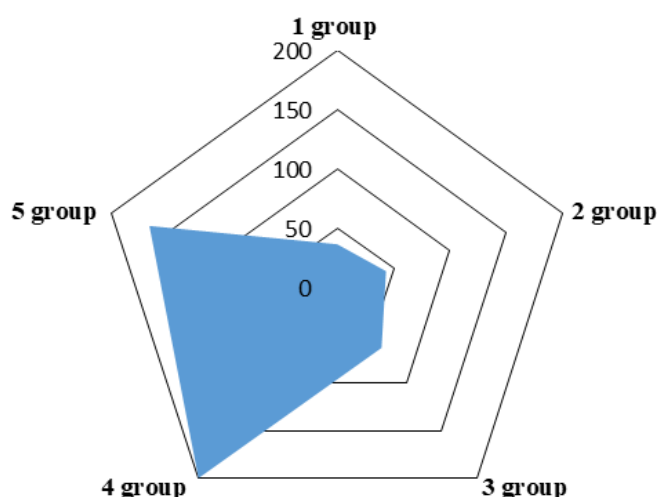


Figure 3 – Water volumes in different groups of lakes for 2020

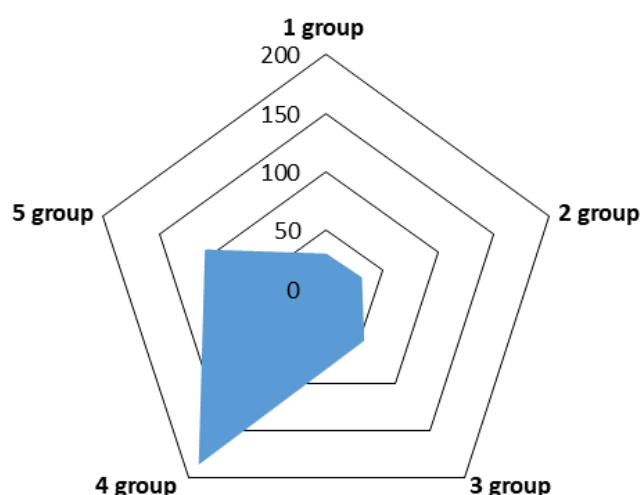


Figure 4 – Water volumes in various groups of lakes for 1968

The second group consisted of lakes with an area from 2 to 4 km² – 32 lakes (29.3% of all lakes). At present, this group is experiencing a relative increase in the share of water compared to 1968, with an absolute increase of 11.52 million m³ - from 31.7 million m³ to 43.22 million m³. The total area of these lakes increased accordingly from 83.44 km² in 1968 to 89.88 km² in 2020.

The 3rd group of lakes with an area from 4 to 6 km² included 15 reservoirs. In this group of lakes, similar changes in the total area and total volume of water occurred, namely: 74.5 km² and 54.77 million m³ - in 1968 and 75.11 km² 63.53 million m³ in 2020.

Lakes with an area from 6 km² to 20 km² were included in group 4 (19.2%). This group of lakes (with a total area of 193.91 km² in 1968 and 201.39 km² in 2020) contains the largest amount of the total volume of water: 185.5 million m³ in 1968 and 199.47 million m³ in 2020.

Particular attention is drawn to the lakes of the 5th group (over 20 km² in area), with the exception of the largest lake Karasor. This is a small group of lakes (5.5% of all water bodies), the total water surface area of which increased from 193.26 km² in 1968 to 206 km² in 2020. At the same time, there was also a significant increase in the volume

of water from 109 million m³ in 1968 and 166.81 million m³ in 2020. That is, with an increase in the area of lakes by 6.5%, the volume of total water increased by 53%.

Lake Karasor, as the largest body of water in the Karaganda region, should be considered separately. In 1968, the area of the lake was 155 km². For half a century, the area of the lake has slightly decreased to 147 km², the volume of water in the lake has accordingly decreased from 160 million m³ to 151 million m³. Lake Karasor is fed by the waters of 14 rivers, and the main reason for the decrease in water content in this lake against the background of an increase in water content in the region in general, most likely, is the drying up of these rivers in the summer.

Thus, in medium and larger lakes (from 4 to 20 km² in area), there is a significant increase in both the area and volume of water: 366.38 km² (area) and 306.22 million m³ (volume) - in 2020 compared to 351.85 km² (area) and 271.97 million m³ (volume) - in 1968. This in percentage terms is: an increase in area by 4.12% and an increase in volume by 12.6%.

As can be seen from the diagram (Figure 3), the increase in the volume of water in lakes with different areas occurs unevenly. The slowest increase in water volume occurred in lakes of the 4th group - by 7%, and at a faster pace there was an increase in water content in lakes of the 5th group - by 34%.

It should be noted that lakes of the 4th group are mainly northern lakes, where a denser hydrographic network and precipitation have always been more abundant than in the southern regions [21].

In the 5th group, the lakes have a larger area and greater depth, which contributes to less evaporation of water volumes, and more precipitation has begun to fall in these areas over the past period. At the same time, the increase in precipitation falls on the winter period, in one of the main seasons of water accumulation for lakes of this type in Central Kazakhstan [22,23].

The greatest variability from year to year has an inflow from the surface of the watersheds. In some high-water years, it can exceed the norm by several times, contributing to the rapid filling of lakes.

In general, the picture of the distribution of all water in the lakes of the Karaganda region showed that from 1968 to 2020, the total area of all lakes slightly increased from 753.1 km² to 769.4 km², that is, by 2.1%. The total volume of water in the lakes, respectively, in 1968 was 229 million m³, and in 2020 it amounted to 235.6 million m³, that is, it increased by 2.8%.

In dry years, the surface inflow can be 5-10 times lower than the norm. However, 1968, according to Philonets and Omarov [9], was not a dry year, and 2020, in terms of the amount of winter and summer precipitation, does not belong to a high-water period in the region [Pogoda and Klimat], that is, the indicators of these years are not extreme. Therefore, there are grounds to assert that the results obtained by us reflect the general trend of changes in the morphometric parameters of lakes.

An increase in the indicators of drying up of lakes, areas and volume of water in lakes can be both evidence of cycles in water content, and, most likely, evidence of a change in the precipitation regime in the region. According to the official website "Climate and Weather" in the Karaganda region over the past decade, due to the warming of winter, the climate of the region has warmed significantly and there has been an increase in annual precipitation. The positive trend of the average annual air temperature has reached its maximum level and has not changed over the past 20 years. In general, over 80 years, the average annual rainfall has increased by 145 mm. At the same time, the amount of precipitation in the cold months increased sharply by 105 mm compared to the warm months, with an increase of 45 mm [24, 25, 22].

Conclusion

We carried out a comparative analysis of several morphometric indicators of medium and small lakes in the Karaganda region from 1968 to 2020. Neither 1968 nor 2020 are periods of high water or low water. It was assumed that over the past decades, there have been changes in the hydrological indicators of surface waters in the Karaganda region. The study of the number of lakes, the total area of water, the total volume of the water mass confirmed this assumption.

Thus, based on the results of our work, we can draw the following conclusions:

Compared to 1968, in 2020, the total area of small lakes remained practically unchanged: 53.03 km² in 1968 and 50.1 km² in 2020, however, some of the lakes were dry in 1968, so the total volume of water group has grown by 19.7% since 1968.

In medium and larger lakes (from 4 to 20 km² in area), there is a significant change in both the total area and the volume of water: an increase in area by 4.12% and an increase in volume by 12.6%.

In the largest lakes of the region (more than 20 km²), with an increase in the area of lakes by 6.5%, the volume of total water increased by 53%.

Thus, with a general increase in the average annual temperature and changes in the precipitation regime in the region, the area of reservoirs and the volume of the total water mass increased, while the dynamics of indicators depends on the specific area of the reservoir.

References

1. Meine Pieter van Dijk. "The importance of economics and governance for the water sector in Kazakhstan, the issues and tools for better water management". *Central Asian Journal of Water Research*. № 5(1). (2019): 1-17. DOI: 10.29258/CAJWR/2019-R1.v5-1/1-17.eng
2. Akbayeva L., Tulegenov E., Omarbayeva A., Kobetaeva N., Nurgalieva Z., Nurkeyev Y., Martišová P., Vietoris V., Zhanabayev A. "Ecotoxicological studies of akmla region lakes". *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* vol. 13. no. 1. (2019): 25-31. doi: <https://doi.org/10.5219/824>
3. Abuduwaili J., Issanova G., Saparov G. "Lakes in the Central Kazakhstan". *Water Resources Development and Management. Hydrology and Limnology of Central Asia*. © Springer Nature Singapore Pte Ltd. (2019):177-197. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0929-8>
4. Ogilvie A., Belauda G., Massuela S., Mulligan B., Goulvena P., Malatterra P., Calveza R. "Combining Landsat observations with hydrological modelling for improved surface water monitoring of small lakes". *Journal of Hydrology*. Vol 566. (2018): 109–121 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.076>
5. Bhagowati B., Ahamad KU. "A review on lake eutrophication dynamics and recent developments in lake modeling". *Ecohydrol & Hydrobiol*. Vol.19, No 1. (2019): 155-166. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.03.002>
6. Reshetko M. "Osnovy gidravliki, gidrologii i gidrometrii [Fundamentals of Hydraulics, Hydrology and Hydrometry]". Schoolbook. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House. (2015): 159-161 (in Russian)
7. Luchsheva A. "Prakticheskaiya gidrometriya [Practical hydrometry]". Leningrad. Hydrometeoizdat. (1983):423 - (in Russian)
8. Hanqiu Xu. "Modification of normal-ised difference water index (NDWI) to en-hance open water features in remotely sensed imagery" // *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 27, No 14. (2006): 3025–3033 <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>
9. Philonets P.P., Omarov T.R. "Ozera Karagandinskoi oblasti [Lakes of the Karaganda region]". Nauka, KazUSSR, Alma-Ata. (1968): 123 - (in Russian)
10. Philonets P.P., Omarov T.R. "Ozera Tcentralnogo i Yuzhnogo Kazahstana [Lakes of Central and Southern Kazakhstan]". Nauka, KazUSSR, Alma-Ata. (1973): 40-45 - (in Russian)
11. Lezin V.A. "Lakes of central Kazakhstan". Nauka, KazUSSR. Alma-Ata. (1982): 25-26 (in Russian)
12. Ramazanov N., Toksanbaeva S., Berdenov Zh., OZgeldinova, Zh., Tursynova, T., Zhakupov, A. 2020. "Analysis of the current state of recreational resources of the nura river basin, the republic of Kazakhstan". *GeoJournal of Tourism and Geosites*. Vol 31, № 3. (2020): 1043–1048 <https://doi.org/10.30892/gtg.31316-539>
13. Abdreyeva Sh., Kalmenova U., Tursinbayeva K. "Karaganda region's water resources assessment for tourism and recreation development". *KazNU Bulletin. Geography series*. №2 (41). (2015):376-381
14. Kenetayeva A. A , Usupayev Sh. E , Akhmetova A. ZH, Kusenova A. S, Shaikhova G .S and Bogzhanova Zh.K. "Characteristics of the natural conditions of the Karaganda region". *Journal of Physics. Conference Series* 1889 (2021):1-6 doi:10.1088/1742-6596/1889/4/042065
15. Mikhailov A.E. "K voprosu o proishozhdenii nekotoryh ozer severnoj chasti Tcentralnogo Kazahstana [On the question of the origin of some lakes in the northern part of Central Kazakhstan]". *Geography*: Vol. 4. (1957):252-258 (in Russian)
16. Sladkopevtsev S.A. 1963. "O proishozhdenii i tipah kotlovín Tsentralnogo Kazahstana [On the origin and types of depressions in Central Kazakhstan]". *Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Geography Series: №1*. (1963): (in Russian)
17. Muravlev G.G. "Malye ozera Kazahstana [Small lakes of Kazakhstan]". *Almaty. Kainar*. (1973): 98-110. (in Russian)
18. Alekin O. "Osnovy gidrohimii [The basics of hydrochemistry]". *Hydrometeoizdat, Leningrad*. (1970):44-91 (in Russian)
19. Ryanzhin S.V., Myakisheva N.V., Zhumangalieva Z.M. "Morphometric and hydrochemical characteristics of Kazakhstan lakes". *Water Resources*. Vol. 42, № 5. (2015): 658–669 <https://doi.org/10.1134/S0097807815050139>
20. Philonets P.P. 1981. "Ocherki po geografii vnutrennih vod Tcentralnogo, Yuzhnogo i Vostochnogo. Kazahstana (ozera, vodohranilisha i ledniki) [Essays on the geography of inland waters of the Central, Southern and Eastern Kazakhstan (lakes, water reservoirs and glaciers)]". Nauka, KazUSSR, Alma-Ata. (1981): 45 - (in Russian)
21. Kenetayeva A.A, Usupayev Sh. E, Shaikhova G. S, Salkeyeva A. K, Akhmetova A. ZH and Mullagaliev L. F. "Natural conditions of the Karaganda region". *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 981. (2022): 1-6 doi:10.1088/1755-1315/981/3/032041
22. Pogoda and Klimat. Source: <http://www.pogodaiklimat.ru>
23. Bai J., Chen X., Yang L., Fang H. "Monitoring variations of inland lakes in the arid region of Central Asia". *Front. Earth Sci*. 6, (2012): 147–156. <https://doi.org/10.1007/s11707-012-0316-0>
24. Salnikov V, Turulina G, Polyakova S, Petrova Y, Skakova A. "Climate change in Kazakhstan during the past 70 years". *Quaternary International*. Vol 358. (2015):77-82 <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.008>
25. Yang YU, Yuanyue PI, Xiang YU, Zhijie TA, Sun L., Disse M., Fanjiang Z., Yaoming L., Xi C., Ruide Y. "Climate change, water resources and sustainable development in the arid and semi-arid lands of Central Asia in the past 30 years". *Journal of Arid Land*. Vol, №1. (2019): 1–14. <https://doi.org/10.1007/s40333-018-0073-3>.

M.K. Kazankapova* , **B.T. Yermagambet** ,
Zh.M. Kassenova , **S.R. Ordabayeva** , **U.M. Kozhamuratova** 

Institute of Coal Chemistry and Technology LLP, Kazakhstan, Astana

*e-mail: coaltech@bk.ru

EXPLORING THE POTENTIAL OF HUMIC SUBSTANCES AS EFFECTIVE SORBENTS FOR REDUCING GREENHOUSE GAS EMISSIONS

This article explores the potential of humic substances, which are naturally occurring organic compounds found in soil, water, and coal, as a solution for reducing greenhouse gas emissions. The study specifically examines the humic substances extracted from the Maikube brown coal basin. The properties and mechanisms of humic substances that make them effective in mitigating greenhouse gas emissions are discussed, with early research results on the absorption processes of potassium humate provided. The article also reviews current research on the use of humic substances for carbon capture and storage and highlights the potential for scaling up this technology as a low-cost and efficient approach to reducing greenhouse gas emissions. The concentration of CO₂ was measured at the inlet and outlet of the gas in a gas chromatograph. Within 4 days, the absorption capacity of potassium humate (50%) was 4.99 g CO₂/kg. The IR spectrum of potassium humate is presented as well. The article concludes that while humic substances have the potential to be a promising solution for reducing greenhouse gas emissions, further research and development are required to determine their full potential.

Key words: greenhouse gases, humic substances, absorption, CO₂ capture, potassium humate.

М.К. Казанкапова*, Б.Т. Ермагамбет, Ж.М. Касенова,
С.Р. Ордабаева, У.М. Кожамуратова⁵
«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС, Қазақстан, Астана қ.
*e-mail: coaltech@bk.ru

Парниктік газдар шығарындыларын азайту үшін тиімді сорбенттер ретінде гуминді заттардың әлеуетін зерттеу

Бұл мақалада парниктік газдар шығарындыларын азайту шешімі ретінде топырақта, суда және көмірде кездесетін табиғи органикалық қосылыстар болып табылатын гуминді заттардың әлеуеті қарастырылады. Зерттеу Майкубен қоңыр көмір бассейнінен алынған гуминдік заттарды арнайы қарастырады. Парниктік газдар шығарындыларын азайтуда тиімді ететін гуминді заттардың қасиеттері мен әсер ету механизмдері талқыланады, сонымен қатар калий гуматының сіңіру процестерін зерттеудің алғашқы нәтижелері келтірілген. Мақалада сонымен қатар көміртекті ұстау және сақтау үшін гуминді заттарды қолдану бойынша ағымдағы зерттеулер қарастырылады және парниктік газдар шығарындыларын азайтудың арзан және тиімді тәсілі ретінде осы технологияны кеңейту әлеуетіне баса назар аударылады. CO₂ концентрациясы газ хроматографындағы газдың кірісі мен шығысында өлшенді. 4 күн ішінде калий гуматының сіңіру қабілеті (50 %) 4,99 г CO₂ / кг құрады. Мақалада гуминдік заттар парниктік газдар шығарындыларын азайту үшін перспективалы шешім бола алатынымен, олардың толық әлеуетін анықтау үшін қосымша зерттеулер мен әзірлемелер қажет деген қорытындыға келеді.

Түйін сөздер: парниктік газдар, гуминді заттар, CO₂ сіңіру, калий гуматы.

М.К. Казанкапова*, Б.Т. Ермагамбет, Ж.М. Касенова,
С.Р. Ордабаева, У.М. Кожамуратова
ТОО «Институт химии угля и технологии», Казахстан, г. Астана
*e-mail: coaltech@bk.ru

Изучение потенциала гуминовых веществ как эффективных сорбентов для снижения выбросов парниковых газов

В этой статье исследуется потенциал гуминовых веществ, которые являются естественными органическими соединениями, содержащимися в почве, воде и угле, в качестве решения для сокращения выбросов парниковых газов. В исследовании специально рассматриваются гуминовые вещества, извлеченные из бурогоугольного бассейна Майкубе. Обсуждаются свойства и механизмы действия гуминовых веществ, которые делают их эффективными в снижении выбросов парниковых газов, а также приводятся ранние результаты исследований процессов абсорбции гумата калия. В статье также рассматриваются текущие исследования по использованию гуминовых веществ для улавливания и хранения углерода и подчеркивается потенциал для расширения масштабов этой технологии как недорогого и эффективного подхода к сокращению выбросов парниковых газов. Концентрацию CO_2 измеряли на входе и выходе газа в газовом хроматографе. В течение 4 сут поглощающая способность гумата калия (50 %) составила 4,99 г CO_2 /кг. Также представлен ИК-спектр гумата калия. В статье делается вывод о том, что, хотя гуминовые вещества могут стать многообещающим решением для сокращения выбросов парниковых газов, для определения их полного потенциала необходимы дальнейшие исследования и разработки.

Ключевые слова: парниковые газы, гуминовые вещества, абсорбция, улавливание CO_2 , гумат калия.

Introduction

Global warming caused by increased emissions of greenhouse gases such as carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4) and others has been recognized as a serious environmental problem for humanity. Today there is a massive production and consumption of fossil hydrocarbons, which leads to huge emissions of carbon dioxide into the atmosphere. Its concentration, which is a measure of human consumption of energy from fossil fuels, is growing rapidly. The natural utilization of CO_2 by plants and water bodies can no longer cope with such volumes. At present, the annual increase in CO_2 is 3200–3600 million tons. According to the calculations of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), if CO_2 emissions continue to grow at such rates, the average annual temperature on Earth will increase by 1.5–4.5 °C by the end of the 21st century. This means an increase in temperature of 0.3°C per decade, which is three times the level of adaptability of natural ecosystems. Therefore, the effective utilization of carbon dioxide is an urgent scientific and environmental task of the world scientific community. This article considered the methods by which humic substances absorb greenhouse gas (GHG) pollutants from flue gases.

Humic acids are complex organic polymers of uncertain structure, containing acidic carboxylic and phenolic groups, which may be extracted from

coal, peat, and soil [1]. Humic substances, including humate and humic acid are types of amorphous organic molecular compounds, most of these extensively exist in nature. Due to its “sponge-like” structure, humic substances produce a large surface area (330–340 m^2/g) and surface energy and have a strong adsorption capacity. The adsorption capacity of humic acid is not only related to its surface area and surface energy, but also the swelling property of humic acid to water [2].

Humic substances also are known to have a high capacity for absorbing and binding a wide range of organic and inorganic compounds. This is due to their complex molecular structure, which includes a variety of functional groups such as carboxylic, phenolic, and hydroxyl groups. The adsorption mechanism involves both physical and chemical processes, including adsorption, complexation, and chelation. The adsorption process involves the binding of molecules to the surface of the humic substance, while complexation and chelation involve the formation of stable complexes with metal ions and other organic compounds. Additionally, humic substances have been found to have a high cation exchange capacity, which allows them to exchange cations with pollutants, further enhancing their adsorption capacity [3]. Functional groups, such as carboxylic and phenolic groups, present in humic substances form strong complexes with metal ions, and the adsorption of metal ions is influenced by the pH of the solution [4].

Humic substances have been found to play a significant role in various biological and chemical processes, including the suppression of GHG emissions and the absorption of metal ions and other contaminants from water and soil. In terms of GHG emission suppression, humic substances have been shown to act as electron acceptors in the decomposition process in wetlands, affecting the activity of methanogenic cultures and promoting direct interspecies electron transfer with activated carbon. Humic substances have also been found to interact with microorganisms and affect the biological transformation of organic pollutants in water and soil, shifting anaerobic microbial transformation towards CO₂ production instead of CH₄ generation. The redox properties of humic substances have been studied using electrochemical analysis, revealing their ability to transfer protons and electrons [5]. In terms of metal ion and contaminant absorption, the mechanism of absorption by humic substances is complex and involves several factors, including the chemical properties of the humic substances, the properties of the metal ions or contaminants being adsorbed, and the properties of the soil or water matrix.

Humic substances have also been found to adsorb other contaminants, such as arsenic and herbicides, with the absorption influenced by the chemical properties of the humic substances and the soil or water matrix. Further research is needed to fully understand the multifaceted mechanism of absorption by humic substances [4].

Humic substances are a complex organic compound with high molecular weight ranging from 700 to 20,000 amu, obtained from brown coal in Kazakhstan. These substances contain various functional groups, including positively charged groups such as peptide (-CO -NH-), azo groups (-N=N-), amines (-NH₂, -NH -, >N-), amides (-CO-NH₂), imines (>C=NH), and negatively charged groups such as alcohol, phenolic and hydroxyquinone hydroxyls (-OH), aldehyde, ketone and quinone carbonyls (>C=O), carboxyls (-COOH), methoxyls (-O-CH₃), and others. Therefore, humic substances are polyfunctional polyelectrolytes, specifically polyampholytes, allowing them to participate in various reactions such as carboxylation, polycondensation, copolymerization, nitration, amination, sulfonation, and complex formation. The interaction between humic acids and carbon dioxide, as well as hydrogen sulfide, follows several pathways due to the presence of potassium humate, amine, carboxyl, and hydroxyl groups.

Materials and Methods

The study was conducted at the Institute of Coal Chemistry and Technology LLP, Astana, Kazakhstan.

We utilized various wet laboratory research methods in our investigation. The first method is thermogravimetric analysis, which allows us to determine the technical characteristics of coals such as moisture content, volatile substances, and ash, as per the ISO techniques ISO 589-81, ISO 562:1998, ISO 5071-1:1997, and ISO 1171:1997 [6-9]. This analysis was performed using an Eltra Thermostep thermogravimetric analyzer, as outlined in ASTM D7582-12. Another method we used is for determining humic acids, following the ISO 5073 [10] technique. We used a method for determining both the total yield of humic acids and free humic acids, involving processing an analytical fuel sample with an alkaline solution of sodium pyrophosphate, extraction with a solution of sodium hydroxide, and precipitation of humic acids with an excess of mineral acid. We will then determine the mass of the precipitate obtained.

We also employed methods for the determination of fulvic acids, involving determining the amount of carbon of fulvic acids by calculating the difference between the total carbon content in the extract and its content in humic acids. We will express this as a percentage of the mass of the soil and as a percentage of the total carbon content in the original soil.

In addition, we used gravimetric and titrimetric analysis methods for precipitation, isolation, stripping, and determining the mass of dried humic acids, mass of ash residue of humic acids, ash content in solution and ash content in dry humic preparation brought to air dry state (%), and alkali concentration in liquid humic acids (g/dm³).

IR analysis of potassium humate (HA-K) was performed at "Nazarbayev University Core Facilities" laboratories using Nicolet iS10 FT-IR spectrometer.

Coal samples were taken from the Maikube brown coal basin, the Shoptykol deposit. The Maikube section has a design capacity of 20 million tons/year [11]. The coals of the basin are humus, brown, with a high degree of carbonification (B3), and medium ash (25-28%). Refractory ash with a high content of Al₂O₃ (up to 30%), low-sulfur coals (0.5-1.0%) and multiphosphorous coals (0.1%). The heat of combustion per combustible mass is 29.3-31.4 kJ/kg. The total coal reserves of the basin are estimated at 5.3 billion tons, including 1.8 billion

tons suitable for open-pit mining at stripping up to 10 m³/t [12].

Oxidized brown coal of the Maikube deposit, pre-crushed to a size of less than 0.5 mm and having the following characteristics (wt.%) was used as a feedstock for humate production: Ad 66.09; W r 5.73; V d 17.78; Std 0.71; Ctd 21.01; Htd 1.68; Ntd 2.09; Na 0.61; Al 0.89; K 0.58; Ca 0.31; Ti 0.22; Fe 1.11; Zr 0.08.

The size of coal particles was: 2.95 microns (10%), 63.8 microns (50%), and 452 microns (90%). The X-ray phase composition of the sample contains halloysite (Al₂Si₂O₅(OH)₄), silicon oxide (SiO₂), and albite Na (AlSi₃O₈). The yield of HS from brown coal was 56%. Further, the

physicochemical properties of the obtained fraction were studied.

The dissolution of CO₂ in the HA-K⁺ solution is as follows: first, CO₂ diffuses from the gas phase at the gas-liquid interface, where solubility equilibrium is established. CO₂ hydrate forms H⁺, HCO₃⁻ and CO₃²⁻ by ionization that diffuses into the liquid phase. HA-K⁺ in the liquid phase mainly ionizes carboxylic (COO⁻) acid groups and is transferred to the gas-liquid interface. H⁺ diffused into the liquid phase interacts with COO⁻. As a result, HA-K⁺ is converted to humic acid precipitation. In addition, K⁺ and CO₃²⁻ react to form potassium carbonate (K₂CO₃). Corresponding reactions are given in equations 1, 2, 3 [13].



HA-K⁺ solution is a pH buffer because it is a salt of a strong base and a weak acid. Therefore, it is necessary to consider the ionization equilibrium and the hydrolytic equilibrium in the solution. With the increase in the number of cycles, the concentration of K⁺ ions increases. An increase in the concentration of K⁺ ions can interfere with the ionization of K⁺ and reduce the amount of HA-K⁺, which reduces the hydrolysis of K⁺. Therefore, the concentration of H⁺ ions increases and the initial pH decreases [14].

The plant for saturating liquids with carbon dioxide consists of several sections. Carbon dioxide was released from a special cylinder, and the gas flow was monitored using a rotameter. The amount of primary gas was constant 15 %. An aqueous solution of potassium salt of humic acids was poured into the absorption column. Then the solution was saturated with CO₂ gas.

The CO₂ absorption process was carried out at constant temperature (23°C). The concentration of CO₂ was measured at the inlet and outlet of the gas in a gas chromatograph "CrystalLux". The experiment was carried out until the concentration of carbon dioxide reached the initial concentration and became saturated.

Results and Discussion

The IR spectrum of potassium humate (HA-K) in nujol is depicted in Fig. 1. The adsorption bands of HA-K were observed at the wave numbers of 3500-3000 cm⁻¹ (-OH stretching phenols, carboxylic acids and water, as well as -NH stretch of amines and carboxamides), 2919 cm⁻¹ (refers to the asymmetric and symmetrical features of the methylene (-CH₂-) group, which is typical for aliphatic and undeformed cyclic hydrocarbons, but is also masked and may be the corresponding N-H/O-H signal), 2880 cm⁻¹ and 2823 cm⁻¹ (both correspond to aliphatic C-H stretching), 1560 cm⁻¹ (could be referred to asymmetrical vibration of carboxylate -COO⁻ ion; a shoulder of this band towards higher wavenumbers could be related to double bond stretching, e.g. -C=C-, and -C=N-), 1425 cm⁻¹ and 1370 cm⁻¹ (correspond to a combination of O-H bending, CH₂ and CH₃ deformation, alkene C-H bending, carboxamide C-N stretching and symmetric -CO₂- stretching vibrations of carboxylate ion), 1200 cm⁻¹ (C-O stretching), 1033 cm⁻¹, 1007 cm⁻¹ (C-O stretching vibrations in polysaccharides or polysaccharide-like substances), 914 cm⁻¹ and 882 cm⁻¹ (C-N/C-C

stretching vibrations), 756 cm^{-1} (out-of-plane bending vibrations of aromatic C-H), 541 cm^{-1} , 468 cm^{-1} and 440 cm^{-1} (out-of-plane bending vibrations of aromatic $-(\text{CH}_2)_n-$ groups), which were ascribed to humate and humic species.

Other investigations have been conducted to explore the potential absorption capabilities of humic substances.

The mechanism of carbon dioxide absorption with potassium humate (HK) solution is as follows:

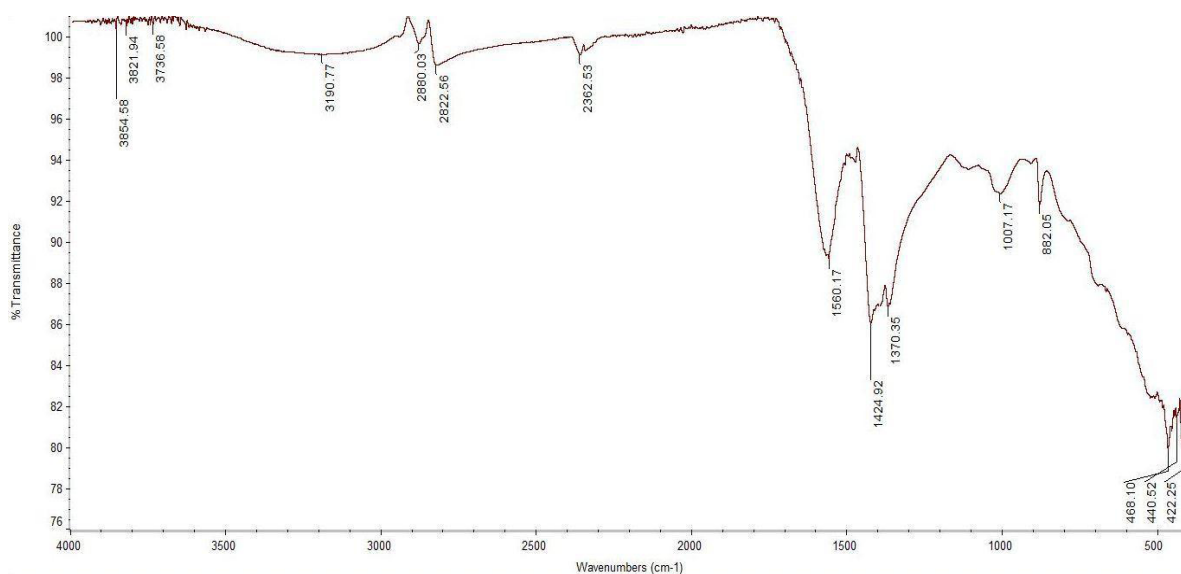
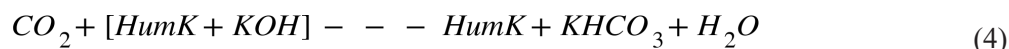


Figure 1 – IR spectrum of potassium humate (HA-K)

Carbon dioxide is converted into potassium bicarbonate or potassium carbonate.

As a result of the experiment, the sorption capacity of the humic absorbent was calculated according to the following formula (6):

$$A_{\text{CO}_2} = \frac{\rho V}{RT} \cdot 44,01 \cdot \frac{1}{m_s} \quad (6)$$

Here, A_{CO_2} is the amount of absorbed CO_2 (gCO_2/kg), P -atmospheric pressure, Pa, V - volume of CO_2 released, dm^3 , R – gas constant, 8314 J/mol , T -temperature, K, 44.01 - CO_2 molar mass, g/mol ; m_s -sample mass, kg. The calculation results are given in Table 1.

Table 1 – Absorption capacities of humic absorbent

Δt , min	Time of test (min)	V out gaz dm^3/min	CO_2 % vol. outlet	CO_2 in – CO_2 out, % vol	Amount of absorbed CO_2 , dm^3	Integral, calculation (total CO_2), dm^3	Absorbed g CO_2	g CO_2/kg of the solution
1 day								
10,000	10	0,41	1,51	28,49	0,117	1,166	2,06	0,092
10,000	20	0,41	1,93	28,07	0,116	2,323	4,11	0,182
10,000	30	0,41	2,16	27,84	0,115	3,479	6,15	0,273

Table continuation

Δt , min	Time of test (min)	V out gaz dm ³ /min	CO ₂ % vol. outlet	CO ₂ in – CO ₂ out, % vol	Amount of absorbed CO ₂ , dm ³	Integral, calculation (total CO ₂), dm ³	Absorbed g CO ₂	g CO ₂ /kg of the solution
10,000	40	0,41	1,97	28,03	0,116	4,646	8,21	0,365
10,000	50	0,41	1,43	28,57	0,117	5,820	10,29	0,457
10,000	60	0,41	1,5	28,5	0,117	6,993	12,36	0,549
10,000	70	0,41	1,47	28,53	0,117	8,166	14,43	0,642
10,000	80	0,41	1,49	28,51	0,117	9,310	16,46	0,731
10,000	90	0,42	3,46	26,54	0,111	9,310	16,46	0,731
2 day								
10,000	10	0,41	1,02	28,98	0,119	1,172	2,07	0,092
10,000	20	0,41	1,99	28,01	0,116	2,336	4,13	0,184
10,000	30	0,41	1,61	28,39	0,117	3,509	6,20	0,276
10,000	40	0,41	1,4	28,6	0,118	4,680	8,27	0,368
10,000	50	0,41	1,7	28,3	0,117	5,848	10,34	0,459
10,000	60	0,41	1,66	28,34	0,117	7,004	12,38	0,550
10,000	70	0,42	2,45	27,55	0,114	8,150	14,41	0,640
10,000	80	0,42	2,38	27,62	0,115	9,294	16,43	0,730
10,000	90	0,42	2,52	27,48	0,114	10,440	18,45	0,820
10,000	100	0,41	2,29	27,71	0,115	11,586	20,48	0,910
10,000	110	0,42	2,51	27,49	0,114	12,733	22,51	1,000
10,000	120	0,41	2,25	27,75	0,115	13,887	24,55	1,091
10,000	130	0,41	2,05	27,95	0,116	15,044	26,59	1,182
10,000	140	0,41	2	28	0,116	16,202	28,64	1,273
10,000	150	0,41	1,97	28,03	0,116	17,356	30,68	1,363
10,000	160	0,42	2,35	27,65	0,115	18,503	32,71	1,454
10,000	170	0,42	2,38	27,62	0,115	19,649	34,73	1,544
10,000	180	0,42	2,41	27,59	0,115	20,793	36,75	1,634
10,000	190	0,42	2,52	27,48	0,114	20,793	36,75	1,634
3 day								
10,000	10	0,41	1,18	28,82	0,118	1,176	2,08	0,092
10,000	20	0,41	1,61	28,39	0,117	2,336	4,13	0,184
10,000	30	0,41	2,22	27,78	0,115	3,482	6,16	0,274
10,000	40	0,42	2,58	27,42	0,114	4,618	8,16	0,363
10,000	50	0,42	2,92	27,08	0,113	5,751	10,16	0,452
10,000	60	0,42	2,79	27,21	0,113	6,887	12,17	0,541
10,000	70	0,42	2,65	27,35	0,114	7,956	14,06	0,625
10,000	80	0,44	7,08	22,92	0,100	8,933	15,79	0,702
10,000	90	0,44	8,48	21,52	0,095	9,910	17,52	0,779
10,000	100	0,44	7,04	22,96	0,100	10,900	19,27	0,856
10,000	110	0,44	7,68	22,32	0,098	11,891	21,02	0,934
10,000	120	0,44	7,04	22,96	0,100	12,838	22,69	1,009
10,000	130	0,45	10,2	19,8	0,089	13,718	24,25	1,078
10,000	140	0,46	10,96	19,04	0,087	14,612	25,83	1,148

Table continuation

Δt , min	Time of test (min)	V out gaz dm ³ /min	CO ₂ % vol. outlet	CO ₂ in – CO ₂ out, % vol	Amount of absorbed CO ₂ , dm ³	Integral, calculation (total CO ₂), dm ³	Absorbed g CO ₂	g CO ₂ /kg of the solution
10,000	150	0,45	9,44	20,56	0,092	15,492	27,38	1,217
10,000	160	0,46	11,69	18,31	0,084	16,337	28,88	1,283
10,000	170	0,46	11,41	18,59	0,085	17,140	30,30	1,347
10,000	180	0,47	13,95	16,05	0,076	17,158	30,33	1,348
10,000	190	0,46	12,38	17,62	0,082	17,177	30,36	1,349
10,000	200	0,46	11,29	18,71	0,085	17,196	30,40	1,351
10,000	210	0,46	12,49	17,51	0,081	17,215	30,43	1,352
10,000	220	0,46	12,62	17,38	0,081	17,234	30,46	1,354
10,000	230	0,47	13,91	16,09	0,076	17,234	30,46	1,354
4 day								
10,000	10	0,42	2,85	27,15	0,113	1,130	2,00	0,089
10,000	20	0,42	3,02	26,98	0,113	2,253	3,98	0,177
10,000	30	0,42	3,31	26,69	0,112	3,370	5,96	0,265
10,000	40	0,42	3,46	26,54	0,111	4,362	7,71	0,343
10,000	50	0,45	10,86	19,14	0,087	5,225	9,24	0,410
10,000	60	0,46	11,25	18,75	0,086	6,045	10,69	0,475
10,000	70	0,47	13,21	16,79	0,078	6,786	11,99	0,533
10,000	80	0,48	15,46	14,54	0,070	7,533	13,31	0,592
10,000	90	0,47	12,89	17,11	0,080	8,350	14,76	0,656
10,000	100	0,46	11,72	18,28	0,084	9,163	16,20	0,720
10,000	110	0,47	13,17	16,83	0,079	9,934	17,56	0,780
10,000	120	0,47	13,94	16,06	0,076	10,707	18,93	0,841
10,000	130	0,47	13,06	16,94	0,079	11,471	20,28	0,901
10,000	140	0,47	14,37	15,63	0,074	12,212	21,59	0,959
10,000	150	0,47	14,32	15,68	0,074	12,938	22,87	1,016
10,000	160	0,48	15,15	14,85	0,071	13,647	24,12	1,072
10,000	170	0,48	15,14	14,86	0,071	14,340	25,35	1,127
10,000	180	0,48	15,98	14,02	0,068	14,340	25,35	1,127

As can be seen from table 1, within 4 days, the absorption capacity of potassium humate (50%) was 4.99 g CO₂/kg.

Unfortunately, obtained absorption capacities are much lower than for benchmark 30% MEA. The MEA solution reached maximum saturation after 187 and 154 minutes at 25°C and 40°C respectively. Despite the significantly lower absorption capacity compared to MEA, the use of humic salts for CO₂ capture can be justified. Namely, the advantage is that the solution of humic salts after absorption can be used as a fertilizer.

In addition, it is harmless and non-toxic. Therefore, it can probably be considered a green solvent.

Further research is needed to determine the effect of temperature and to learn more about the chemistry between humic salts and CO₂.

After absorption of carbon dioxide with humate potassium salt, methods of back titration with acetate Ca are used for determination of carboxyl groups, and method of titration with Ba(OH)₂ for determination of total acidity. The result of the study is presented in Table 2.

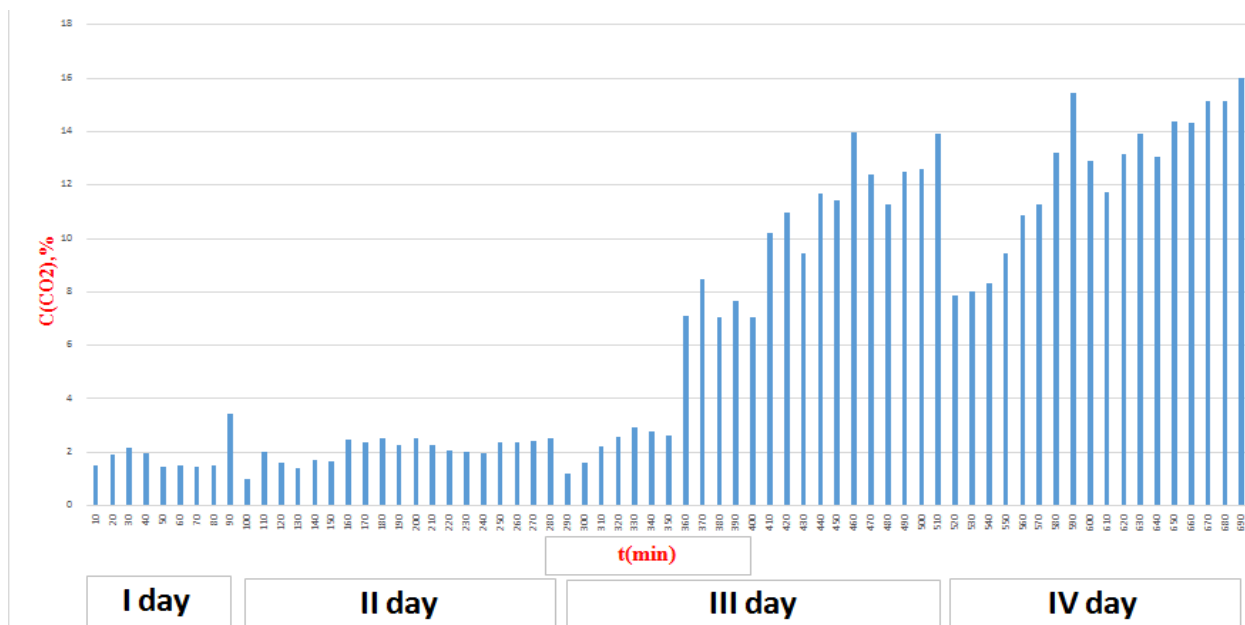


Figure 2 – Time dependence of non-absorbed carbon dioxide by humic absorbent

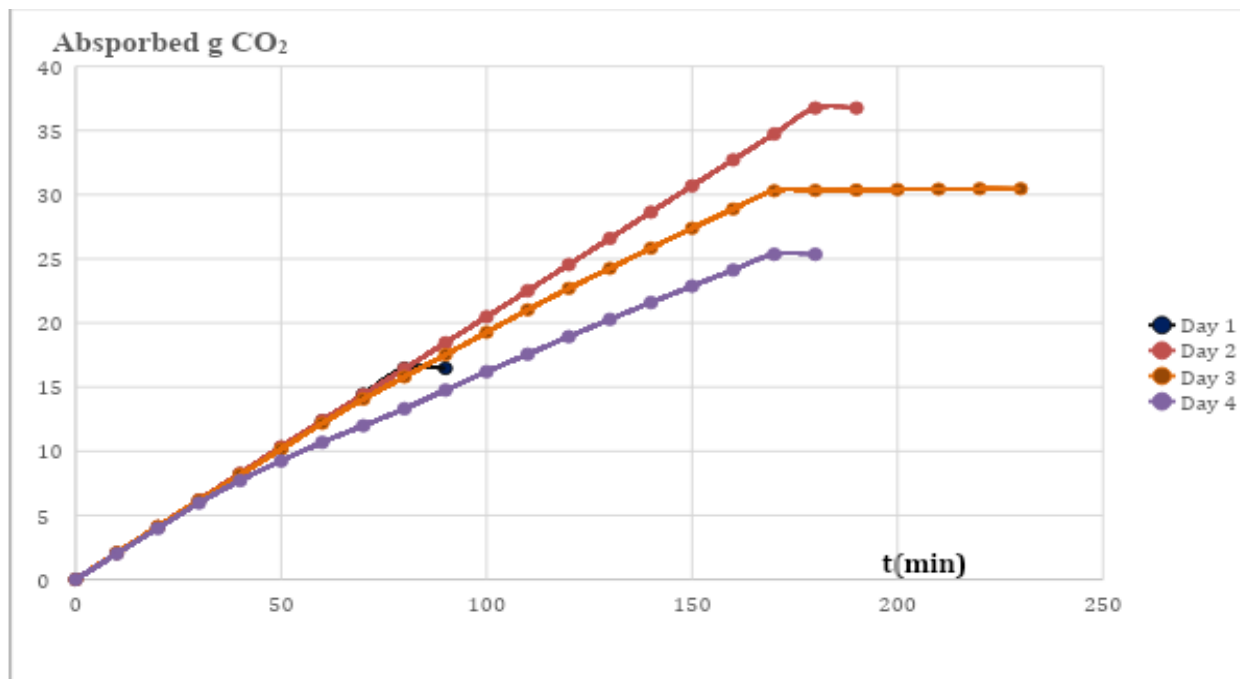


Figure 3 – Absorbed (g CO₂) CO₂ in potassium humate over time

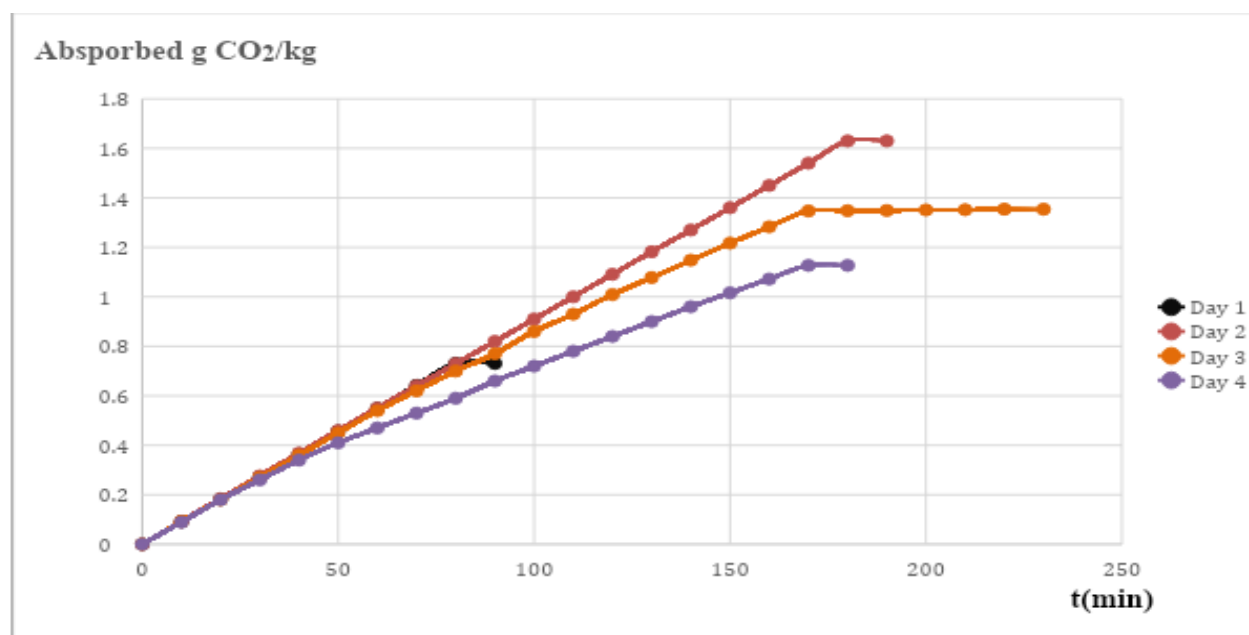


Figure 4 – Absorbed (g CO₂/kg) CO₂ in potassium humate over time

Table 2 – Results of functional groups research

Name	Total acidity, mmol/g	Phenol groups, mmol/g	Carboxyl groups, mmol/g
HA-K ⁺ before sorption	6,60	5,029	1,517
HA-K ⁺ after sorption	10,17	6,688	3,482
Sediment	12,85	8,654	4,196

Based on the results, it can be observed that the content of carboxyl groups increased by 2.3 times, phenolic groups by 1.3 times, and total acidity by 1.5 times, compared to the original solution.

Conclusion

In conclusion, the sorption capacity of CO₂ absorption with 50% potassium humate solution was equal to 4,99 g CO₂/kg at room temperature (230C). The considered method has the following advantages: it avoids the regeneration of the absorbent, reduces capital costs, the absorbent-organic substrate is saturated with carbon dioxide, when it is used, it accelerates the growth process of plants, the used absorbent is a polymeric substance capable of forming complex compounds with many metals, sulfur, and greenhouse gases, the obtained product is used as an organic

polymicrocomponent fertilizer saturated with CO₂. That is, the advantage of using humic salts is that the solution after absorption of CO₂ can be widely used in agriculture as an organo-mineral fertilizer saturated with K₂CO₃.

Overall, humic substances have unique physical and chemical characteristics that make them a promising candidate for developing effective CO₂ capture methods.

Acknowledgments

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14871353. Research of the scientific foundations and development of technology for obtaining organomineral-fertilizer by absorbing greenhouse gases with natural humic substances).

References

1. Green, J. B., S. E. Manahan. "Absorption of sulphur dioxide by sodium humates". *Fuel* 60, no. 6 (1981): 488–494. [https://doi.org/10.1016/0016-2361\(81\)90110-1](https://doi.org/10.1016/0016-2361(81)90110-1).
2. Sun, Zhiguo, Yue Zhou, Shichao Jia, Yaru Wang, Dazhan Jiang, and Li Zhang. 2021. "Enhanced SO₂ Absorption Capacity of Sodium Citrate Using Sodium Humate" *Catalysts* 11, no. 7: 865. <https://doi.org/10.3390/catal11070865>.
3. Xiao, Zhengguo, Dengxin Li, Feikun Wang, Zhihong Sun, and Zhengyou Lin. "Simultaneous removal of NO and SO₂ with a new recycling micro-nano bubble oxidation-absorption process based on HA-Na". *Separation and Purification Technology* 242 (2020): 116788. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116788>.
4. Lipczynska-Kochany, Ewa. "Effect of Climate Change on Humic Substances and Associated Impacts on the Quality of Surface Water and Groundwater: A Review." *Science of The Total Environment* 640-641 (2018): 1548-1565. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.376>.
5. Chen, Luhan, Zhiguo Sun, Jinqiu Xu, Menglu Wang, Jiaming Fan, and Li Zhang "Reactivity Improvement of Ca-Based CO₂ Absorbent Modified with Sodium Humate in Cyclic Calcination/Carbonation". *ACS Omega* 5, no. 15 (2020): 8867–8874. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c00487>.
6. International Organization for Standardization. (1981). Hard coal — Determination of total moisture. (ISO/DIS Standard No. 589). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/4686.html>.
7. International Organization for Standardization. (1998). Hard coal and coke — Determination of volatile matter. (ISO/DIS Standard No. 562). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/1464.html>.
8. International Organization for Standardization. (1997). Brown coals and lignites — Determination of the volatile matter in the analysis sample — Part 1: Two-furnace method. (ISO/DIS Standard No. 5071-1). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/11094.html>.
9. International Organization for Standardization. (1997). Solid mineral fuels — Determination of ash. (ISO/DIS Standard No. 1171). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/1626.html>.
10. International Organization for Standardization. (1985). Brown coals and lignites — Determination of humic acids. (ISO/DIS Standard No. 5073). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/11096.html>.
11. Ermagambet, B.T., B.K. Kasenov, M.K. Kazankapova, N.U. Nurgaliev, Zh.M. Kasenova, E.E. Kuanyshbekov, A.T. Nauryzbaeva. "Electrophysical Properties and Heat Capacity of a Porous Carbon Material from Coal of the Maikube Basin". *Solid Fuel Chemistry* 54, no. 3 (2020): 180-185. <https://doi.org/10.3103/S0361521920030039>.
12. Yermagambet, B.T., B.K. Kasenov, M.K. Kazankapova, Zh.M. Kassenova, E.E. Kuanyshbekov, A.T. Nauryzbaeva. "Physicochemical and Electrophysical Properties of Carbon Materials Based on Humic Acids". *Solid Fuel Chemistry* 55, no. 1 (2021): 41–46. <https://doi.org/10.3103/S036152192101002X>.
13. Sun, Zhi Guo, Hong Yong Xie, Zhong Ping Xu. "CO₂ Sequestration in Mixtures of Sodium Humate and Waste Gypsum". *Applied Mechanics and Materials* 448-453, 20147 (2013): 634-367. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.448-453.634>.
14. Hu, Guoxin, Zhiguo Sun, and Hanyang Gao. "Novel process of simultaneous removal of SO₂ and NO₂ by sodium humate solution". *Environ Sci Technol* 44, 17 (2010): 6712-6717. <https://doi.org/10.1021/es101892r>.
15. Chen, Luhan, Zhiguo Sun, Jinqiu Xu, Menglu Wang, Jiaming Fan, and Li Zhang. "Reactivity Improvement of Ca-Based CO₂ Absorbent Modified with Sodium Humate in Cyclic Calcination/Carbonation". *ACS Omega* 5, no. 15 (2020): 8867–8874. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c00487>.
16. Jia, S., Z. Sun, L. Chen, M. Wang and R. Feng. "Characteristics of CO₂ Circulating Absorption by Sodium Humate and Potassium Carbonate". 2019 2nd Asia Conference on Energy and Environment Engineering (ACEEE), Hiroshima, Japan, 8-10 June 2019. doi: 10.1109/ACEEE.2019.8817051.
17. Yang, Fan, Markus Antonietti. "Artificial Humic Acids: Sustainable Materials against Climate Change". *Advanced Science* 7, 5 (2020): 1902992. <https://doi.org/10.1002/advs.201902992>.
18. Bai, Ya-Nan, Xiu-Ning Wang, Jun Wu, Yong-Ze Lu, Liang Fu, Fang Zhang, Tai-Chu Lau, and Raymond J. Zeng. "Humic substances as electron acceptors for anaerobic oxidation of methane driven by ANME-2d". *Water Research* 164, (2019): 114935. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114935>.
19. Valenzuela, Edgardo I., Karen A. Avendaño, Nagamani Balagurusamy, Sonia Arriaga, Cesar Nieto-Delgado, Frederic Thalasso, and Francisco J. Cervantes. "Electron shuttling mediated by humic substances fuels anaerobic methane oxidation and carbon burial in wetland sediments". *Science of the Total Environment* 650, (2019): 2674–2684. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.388>.
20. Cheng, Gan, Chuanxiang Zhang, Xiaoming Zhang, and Kai Jia. "Desulfurization of flue gas by means of lignite-derived potassium humate". *Fuel* 252, (2019): 646–652. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.04.109>.
21. Joarder, Md., F. Rashid, T. Joarder. "Solution to Air Pollution for Removing CO₂ and SO₂ from Flue Gases: A Prospective Approach". *Proceedings of the International Conference on Mechanical Engineering and Renewable Energy*, Chittagong, Bangladesh, 11 – 13 December 2019.
22. Zhao, Yu, Guoxin Hu. "Removal of Sulfur Dioxide from Flue Gas Using the Sludge Sodium Humate". *The Scientific World Journal* 2013, (2013): 573051. <https://doi.org/10.1155/2013/573051>.
23. Zhao, Yi, Runlong Hao, Tianhao Wang, and Chunyan Yang. "Follow-up research for integrative process of pre-oxidation and post-absorption cleaning flue gas: Absorption of NO₂, NO and SO₂". *Chemical Engineering Journal* 273, (2015): 55-65. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.03.053>.

24. Zhao, Yu, Guoxin Hu, Zhiguo Sun, Jitao Yang. "Simultaneous Removal of SO₂ and NO₂ on r-Al₂O₃ Absorbents Loaded with Sodium Humate and Ammonia Water". *Energy Fuels* 25, no. 7 (2011): 2927–2931. <https://doi.org/10.1021/ef2002712>.
25. Sun, Zhiguo, Jitao Yang, Li Zhang, Hongyong Xie. "Preparation, Characterization and Photocatalytic Activity of Sodium Humate/Nano-TiO₂ Coating on Glass Spheres for Flue Gas Denitrification". *Nano* 11, no. 6 (2016): 1650070. <https://doi.org/10.1142/S1793292016500703>.
26. Guo, Yanqing, Zhentao Ma, Baizhao Ren, Bin Zhao, Peng Liu, Jiwang Zhang. "Effects of Humic Acid Added to Controlled-Release Fertilizer on Summer Maize Yield, Nitrogen Use Efficiency and Greenhouse Gas Emission". *Agriculture* 12, no. 4 (2022): 448. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040448>.
27. Choudhry, Ghulam Gh. "Humic substances. Part IV: Interactions with environmental chemicals (excluding sorptive interactions)". *Toxicological & Environmental Chemistry*, Volume 6., 231-257. Great Britain: Gordon and Breach Science Publisher Inc., 1983. <https://doi.org/10.1080/02772248309357007>.
28. Tang, Chunyu, Yuelei Li, Jingpeng Song, Markus Antonietti, Fan Yang. "Artificial humic substances improve microbial activity for binding CO₂". *iScience* 24, no. 6 (2021): 102647. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102647>.
29. Lotfi, R., H.M. Kalaji, G.R. Valizadeh, E. Khalilvand Behrozyar, A. Hemati, P. Gharavi-Kochebagh & A. Ghassemi. "Effects of humic acid on photosynthetic efficiency of rapeseed plants growing under different watering conditions". *Photosynthetica* 56, no. 3 (2018): 962-970. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0745-9>.

V.M. Mammadaliyeva¹ , G.S. Haydarzada^{2*} 

¹National Aerospace Agency, Azerbaijan, Baku

²Baku State University, Azerbaijan, Baku

*e-mail: heydarzadehg@gmail.com

INVESTIGATING THE EFFECT OF MEDIUM AEROSOL AREAS ON THE HYDROLOGICAL SYSTEM IN THE FOREST COVER OF EASTERN ZANGEZUR WITH MODERN METHODS (IN THE EXAMPLE OF LACIN, GUBADLI AND ZANGILAN REGIONS)

The effects of medium aerosol areas on the hydrological system in the forest cover of Eastern Zangezur were investigated using modern methods. The hydrological network schemes of the research area in 2000 and 2020 were drawn up, and the lengths of the river network were determined according to the grid code (degrees). The graph of the river network length change (in km) by classes (grid code) in the study area in 2000 and 2020, and the length of the river network by classes (grid code) in the growth of average aerosol areas is reflected. According to the compiled histogram, when comparing the years 2000 and 2020, the growth of the 1st, 6th, 8th, and 9th grade river networks decreased, but the total length increased by 213.18 km. The average aerosol total length increases when the area increases and decreases when it decreases, indicating that an increase in aerosol area is required for an increase in the river network.

Key words: ArcGIS, aerosol, landsat, hydrological network, Hakari river.

В.М. Маммадалиева¹, Г.С. Хайдарзада^{2*}

¹Ұлттық аэроғарыш агенттігі¹, Әзірбайжан, Баку қ.

²Баку мемлекеттік университеті², Әзірбайжан, Баку қ.

*e-mail: heydarzadehg@gmail.com

Шығыс Зәңгезүрдің орман жамылғысының гидрологиялық жүйесіне орташа аэрозольді аймақтардың әсерін заманауи әдістермен зерттеу (Лацин, Губадлы және Зәңгілан облыстары)

Шығыс Зәңгезүрдің орман жамылғысындағы гидрологиялық жүйеге орташа аэрозольді аймақтардың әсері заманауи әдістермен зерттелді. Зерттеу аймағының 2000 және 2020 жылдардағы гидрологиялық тораптарының схемалары жасалып, желілік код (градус) бойынша өзен желісінің ұзындықтары анықталды. Зерттелетін аумақта 2000 және 2020 жылдардағы өзен желісінің ұзындығының (км-мен) класстар (тор коды) бойынша өзгеру графигі және орташа аэрозольдік аудандардың өсуіндегі өзен желісінің кластар бойынша ұзындығы (тор коды) көрсетілген. Құрастырылған гистограмма бойынша 2000 және 2020 жылдарды салыстырған кезде 1, 6, 8, 9 разрядты өзен желілерінің өсімі төмендегенімен, жалпы ұзындығы 213,18 шақырымға артқан. Орташа аэрозольдің жалпы ұзындығы аудан ұлғайған кезде артады және азайған кезде азаяды, бұл өзен желісін ұлғайту үшін аэрозоль ауданының ұлғаюы қажет екенін көрсетеді.

Түйін сөздер: ArcGIS, аэрозоль, landsat, гидрологиялық желі, Хакари өзені.

В.М. Маммадалиева¹, Г.С. Хайдарзада^{2*}

¹Национальное аэрокосмическое агентство, Азербайджан, г. Баку

²Бакинский государственный университет, Азербайджан, г. Баку

*e-mail: heydarzadehg@gmail.com

Исследование влияния средних аэрозольных площадей на гидрологическую систему в лесном покрове Восточного Зангезура современными методами (на примере Лачинского, Губадлинского и Зангеланского районов)

С использованием современных методов исследовано влияние средних аэрозольных площадей на гидрологическую систему лесного покрова Восточного Зангезура. Составлены схемы гидрологической сети района исследований на 2000 и 2020 годы, определены длины речной сети по сетевому коду (градусам). Отражен график изменения длины речной сети (в км) по классам (код сетки) на исследуемой территории в 2000 и 2020 гг., а также длины речной

сети по классам (код сетки) при росте средних аэрозольных площадей. Согласно составленной гистограмме, при сравнении 2000 и 2020 годов прирост речных сетей 1, 6, 8 и 9 классов снизился, но общая длина увеличилась на 213,18 км. Средняя общая длина аэрозоля увеличивается при увеличении площади и уменьшается при ее уменьшении, что свидетельствует о том, что для увеличения речной сети необходимо увеличение площади аэрозоля.

Ключевые слова: ArcGIS, аэрозоль, landsat, гидрологическая сеть, река Хакари.

Introduction

Rivers are fed by both surface and underground water. Generally, there are four types of food sources: rain, snow, glaciers, and groundwater. The first refers to the surface water.

One of the main factors of river nutrition is climatic conditions, and the famous meteorologist A.I. Voeykov stated that rivers are a product of climate [7,8].

The dominance of this and other food sources in different river basins depends on the local conditions. It is sometimes impossible to determine the type of food that is superior to basins. In this case, the concept of mixed nutrition was used. [14,15,16]

In addition to climate, vegetation, soil, relief, and anthropogenic factors also have a significant influence on the formation of flow in rivers. The role of groundwater in nutrition can be determined based on the geological structure of river basins. Rainfall feeding is mainly caused by showers and prolonged rains [20,21]. Heavy rain lasts for a short time, during which the water content of the rivers increases sharply, and after the rain, it gradually decreases. Long-lasting rain covers a large area and feeds the river for a long time. The rivers of the equatorial and climatic zones in the Lankaran natural region are mainly fed by rainwater. [9,10,11]

The snow accumulated during winter begins to melt in spring, and the meltwater feeds the rivers. Nutrition from snow water depends on the water resources in the snow and weather conditions during the melting period. More than 50% of the lowland river flow in Eastern Europe is snow water. Glacier water feeding is typical for rivers in high mountain regions. The water content in rivers fed by glacier water increases in summer (Amu Darya, Syr Darya). When snow melts and after rain, part of the water seeps into the soil-rock layer and increases the underground water supply. He then fed the river regularly throughout the year. [17,18,19] From south to north, the role of groundwater in feeding rivers has increased. In areas where permanent frost is common, the groundwater recharge is very low. Groundwater accounts for 30% of the annual flow of the Volga River. In general, 2-3 sources of nutrients are

involved in feeding rivers with water. This mixed diet is typical for most rivers. [12,13].

Materials and method

The research area was the Hekari River and its tributaries. The river flows through the Lachin, Gubadli, and Zangilan regions. A group of hydrological tools was used to construct the river network of the study area. In the ArcGIS program, these tools are used in the modeling of surface water flow with a group of pu.[1]. Landsat-5 2000 and Landsat-8 2020 images were obtained for the regions indicated in the study to perform the processing. Landform information can be used in various industries such as rural and forestry regional planning, agriculture, and forestry. The main goal in these fields is to know the principles of water movement on the surface, as well as the effect of changes in flow in a certain area.[2]

To carry out the survey, it was first necessary to obtain digital elevation model (DEM) files. For this, the following images of the ASTER satellite of the year 2000 were obtained on one of the sites of the US Geological Survey – Earth Explorer:[3]

ASTGTMV003_N38E046; ASTGTMV003_N39E045; ASTGTMV003_N39E046.

In addition, the 2020 image of the ASTER satellite was obtained from an online resource using Global Mapper software.

The ASTER satellite images of the 2000s were assembled by combining three images into one image state as a mosaic using the ENVI software.

Thus, the lengths of the river network according to gridcode (degrees) are shown in figure 2.

Let us create a table based on the results shown in Figure 2, and the results are shown in Table 1.

Based on the results shown in Table 1, we can say that there was an increase in the 8th degree of the river network, and a decrease in other degrees, while the overall river network was shortened [4-5].

Based on the results in Table 1, we created a graph, as shown in Figure 3.

In Figure 4, the increase in average aerosol areas in 2000 and 2020 is represented by the length of the river network by class (grid code).

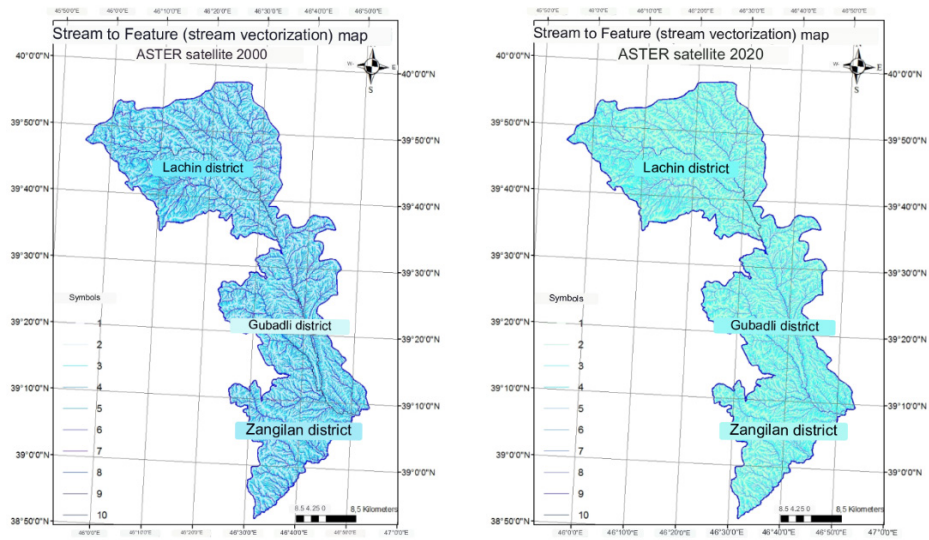


Figure 1 – Schemes of the hydrological network of the study area in 2000 and 2020

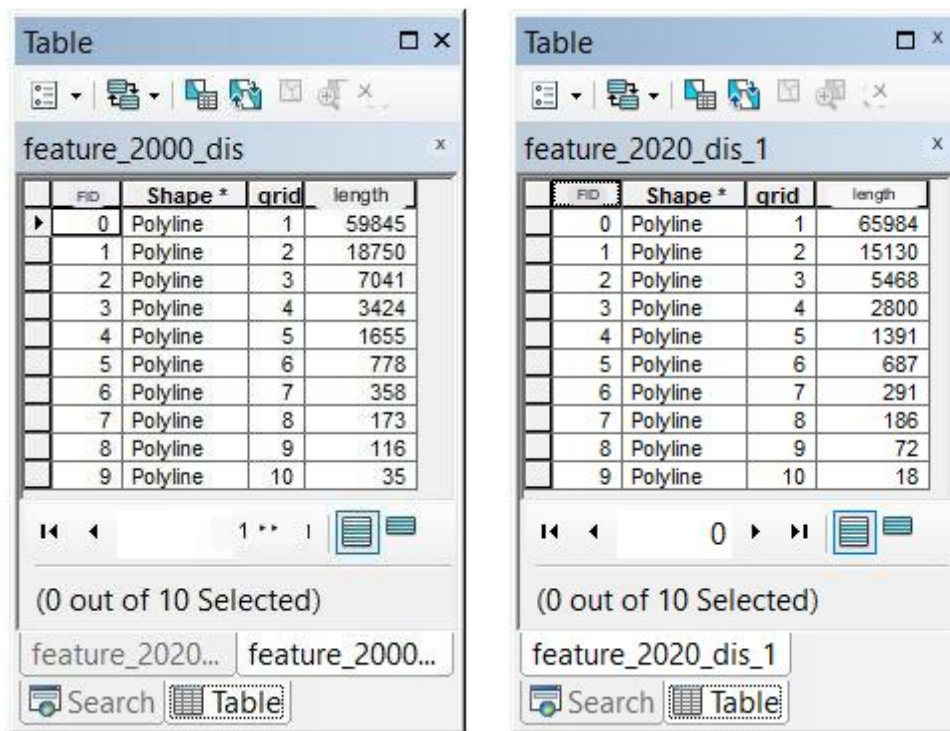


Figure 2 – Lengths of the study area over the years 2000 and 2020 (in km)

Table 1

Gridcode (degrees)	Longitudes by years		Dynamics (2000-2020)
	2000	2020	
1st degree	59845	65984	6139?
2nd degree	18750	15130	3620?
3rd degree	7041	5468	1573?
4th grade	3424	2800	624?
5th grade	1655	1391	264?
6th grade	778	687	91?
7th grade	358	291	67?
8th grade	173	186	13?
9th grade	116	72	44?
10th grade	35	18	17?
General	92175	92027	148?

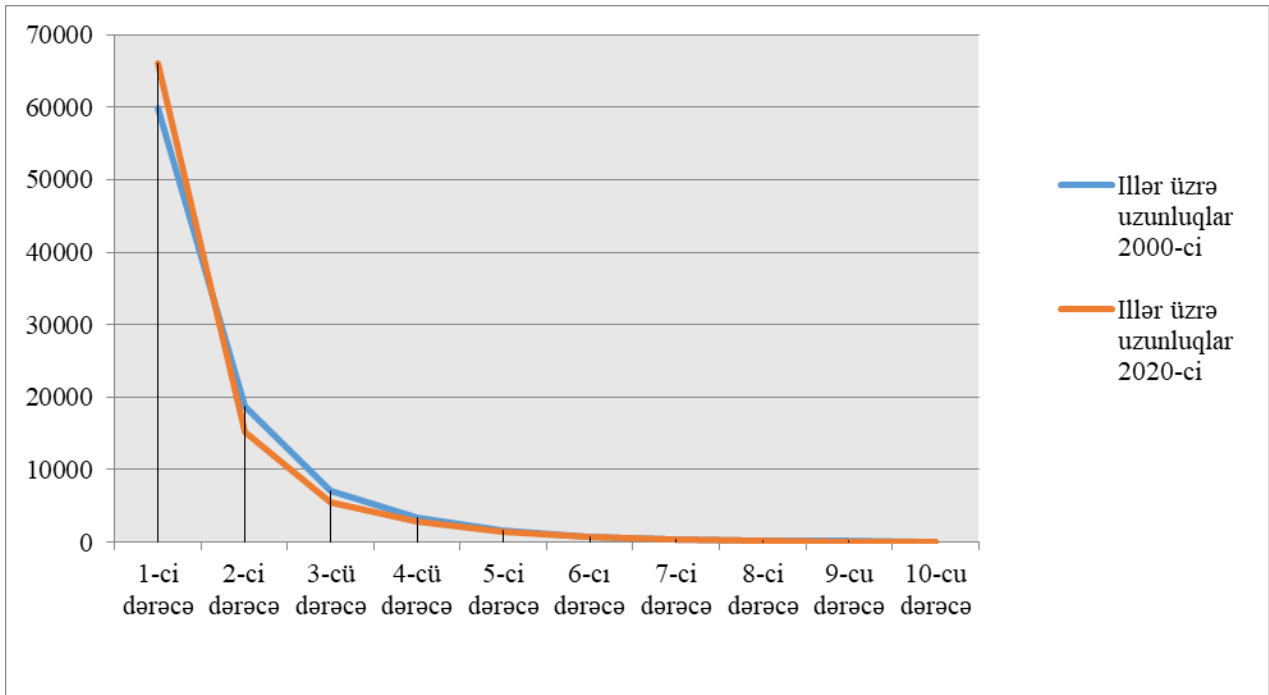


Figure 3 – The graph of the change of river network length (in km) by classes (gridcode) in the study area in 2000 and 2020

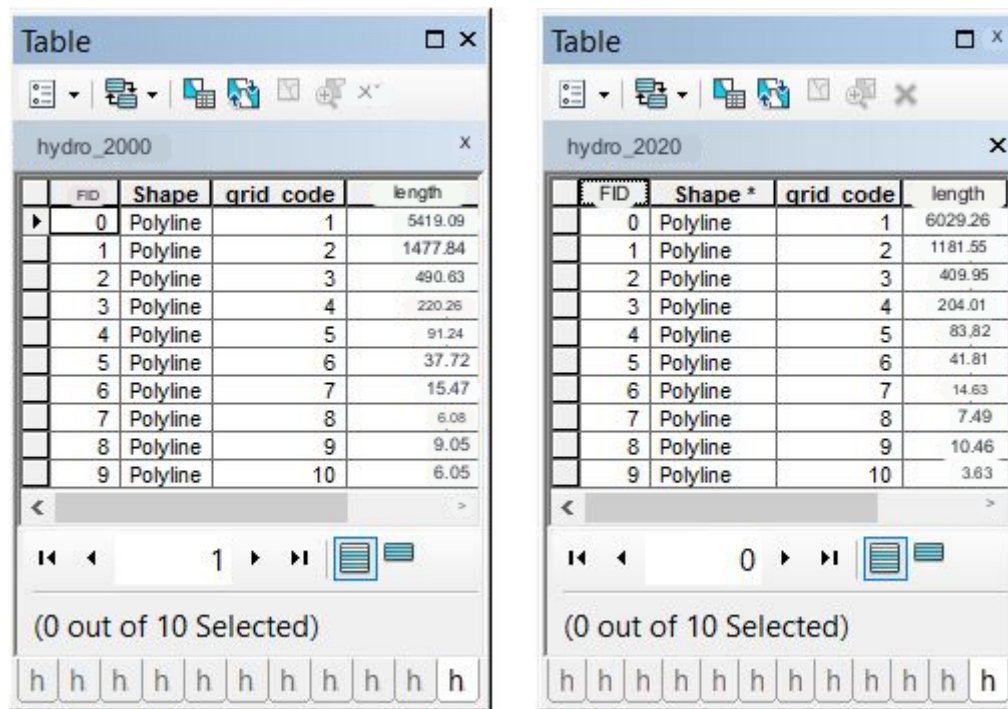


Figure 4 – Hydrological condition of the study area in 2000 and 2020 (at the time of increase of average aerosol areas)

Let us reflect on the indicators shown in Figure 4 in Table 2.

Based on the histogram shown in Figure 5, we can say that comparing the years 2000 and 2020, the growth of the 1st, 6th, 8th, and 9th grade river networks has occurred, while others have decreased, but the total length is 213.18 km has increased.

Now let's examine the impact of the reduction of average aerosol areas on the hydrological situati-

on.[6] In Figure 6, the lengths (in km) reflecting the hydrological situation of the years 2000 and 2020 are shown in the reduction in the average aerosol areas.

We reflect the indicators shown in Table 2 as a histogram in Figure 5.

Table 3 lists the indicators shown in Figure 6.

So Let create a histogram based on the indicators mentioned in Table 3 and show them in Figure 7.

Table 2

Class (grid code)	For different years		Dynamics
	2000	2020	
1	5419.09	6029.26	610.17?
2	1477.84	1181.55	296.29?
3	490.63	409.95	80.68?
4	220.26	204.01	16,25?
5	91.24	83,82	7.42?
6	37.72	41.81	4.09?
7	15.47	14.63	0.84?
8	6.08	7.49	1.41?
9	9.05	10.46	1.41?
10	6.05	3.63	2.42?
General	7773.43	7986.61	213.18?

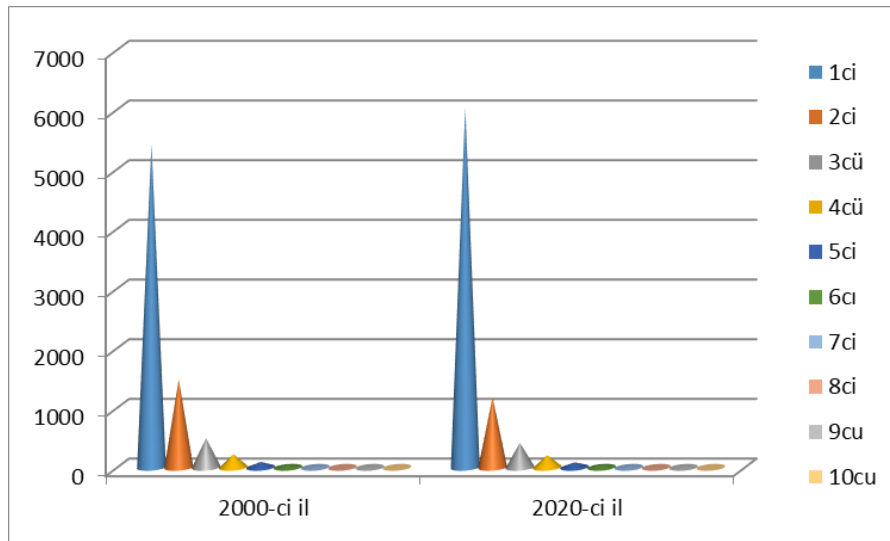


Figure 5 – Histogram showing the hydrological condition of the study area in 2000 and 2020 (in the increase of average aerosol areas) length in km

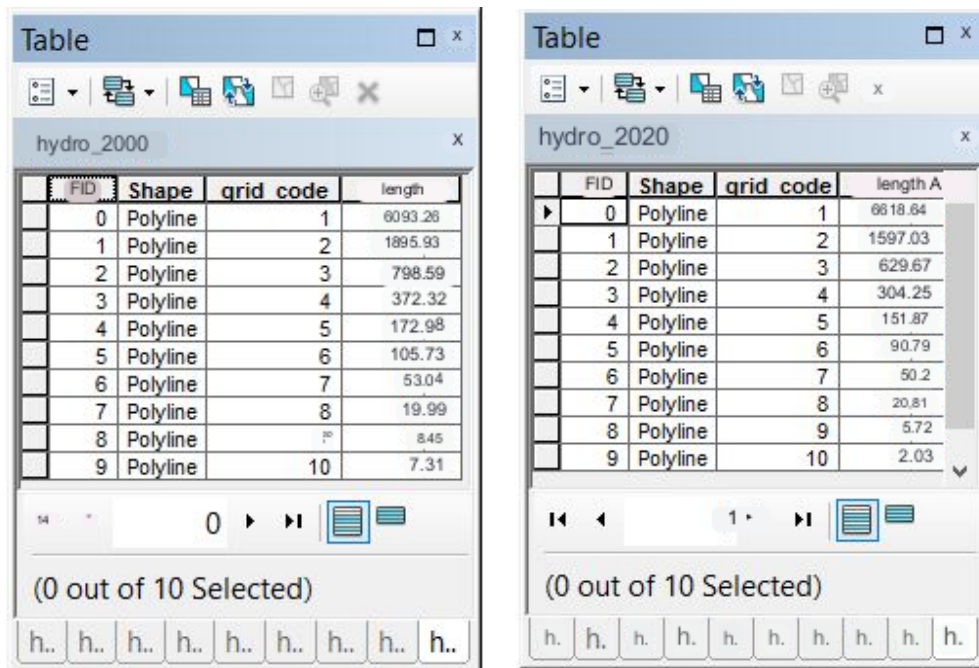


Figure 6 – Hydrological condition of the study area in 2000 and 2020 (when average aerosol areas decrease)

Table 3

Class (grid code)	For different years		Dynamics
	2000	2020	
1	6093.26	6618.84	525.58?
2	1895.93	1597.03	298.9?

Table continuation

Class (grid code)	For different years		Dynamics
	2000	2020	
3	798.59	629.67	168.92?
4	372.32	304.25	68.07?
5	172.98	151.87	21.11?
6	105.73	90.79	14.94?
7	53.04	50.2	2.84?
8	19.99	20,81	0.82?
9	8.45	5.72	2.73?
10	7.31	2.03	5.28?
General	9572.6	9471.21	101.39?

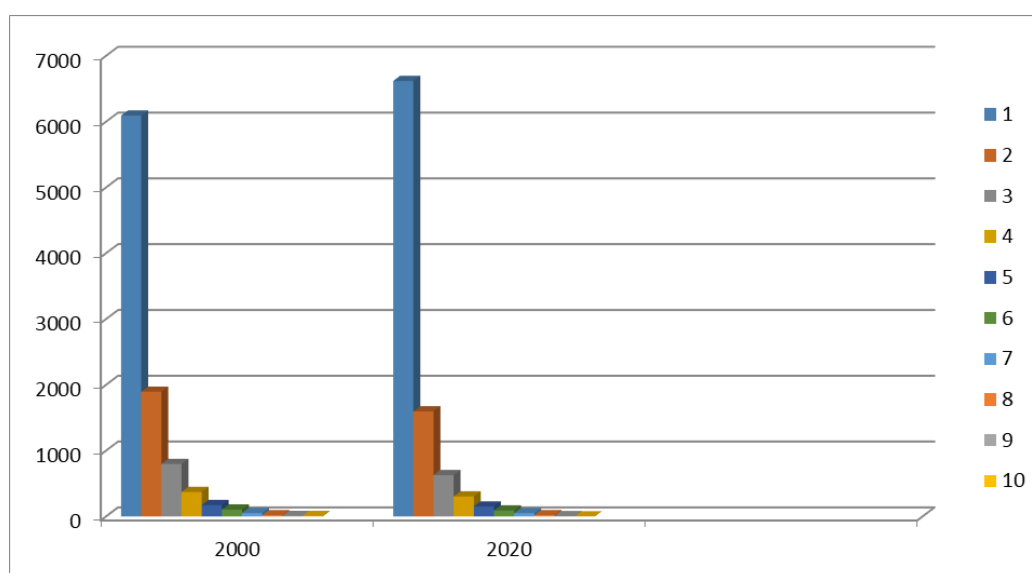


Figure 7 – Histogram showing the hydrological condition of the study area in 2000 and 2020 (in decreasing average aerosol areas) length in km

In the histogram shown in Figure 7, there was an increase in classes 1 and 8 in 2020, a decrease in other classes, but a decrease in the length of the total river network was observed[7].

Based on the results mentioned in Table 4, we can say that the total length increases when the average aerosol area increases, and decreases when it decreases, and these results show that the increase of aerosol areas is required for the increase of the river network. Based on the results mentioned in Table 4, we can say that the total length increases when the average aerosol area increases and decreases when it decreases, which indicates that an increase in aerosol areas is required for the increase in the river network.

Table 4

Class (grid code)	Growth	Decrease
1	610.17?	525.58?
2	296.29?	298.9?
3	80.68?	168.92?
4	16,25?	68.07?
5	7.42?	21.11?
6	4.09?	14.94?
7	0.84?	2.84?
8	1.41?	0.82?
9	1.41?	2.73?
10	2.42?	5.28?
General	213.18?	101.39?

Conclusion

Based on our results, we can say that there was an increase in the 8th degree of the river network and a decrease in other degrees, while the overall river network was shortened.







When we compare the hydrological condition in 2000 and 2020, length in km (during the increase of

average aerosol areas) and those years, the increase of the 1st, 6th, 8th and 9th degree river network has occurred, while others have decreased. the total length increased by 213.18 km.

The total length increases when the average aerosol area increases and decreases when it decreases, indicating that an increase in aerosol area is required for the increase in the river network.

References

1. Site GIS ArcGIS [Electronic resource]: – Access mode HYPERLINK “<http://www.arcgis.com/home/index.html>” <http://www.arcgis.com/home/index.html>
2. Mamma dov ___ G. , Mahmudov X. , Ecology , Traffic _ A hit _ etc _ Man , see “ Science “ _ 2006, 608 p .
3. Site Program products of ArcGIS family [Electronic resource]: – “<http://www.credospb.com/arcgis.html>”
4. Movsumov E., Guliyeva L., Environmental chemistry, Baku “MBM” 2010, 184 p.
5. Gorbacheva, E.N. Software complex ENVI professional solution for complex processing of multispectral, hyperspectral, and radar data/EN. Gorbacheva/Geomatics, no. 2, 2013 — P. 50-54.
6. AFRI-aerosol free vegetation index (2001-Karnieli_AFRI_RSE_01.pdf)
7. Bykov V.D., Vasiliev A.V. Гидрометрия.- Л.: Гидроме – geoizdat , 1977.-448 p.
8. Imanov F.A. Theoretical foundations of hydrology. Baku, Nafta-Pres. 2014.-212p.
9. Imanov F.O. River flow. Baku, BSU Publishing House, 2002.- p. 2008.
10. Mammadov M.A., Imanov F.A., Mahmudov R.N. Hydrometry. Baku, NPM “Nurlan”, 2000.-210 p.
11. Alekseevskii N.I. Formation and movement of river sediments.-М.: Изд-во МГУ, 1998.-202 p.
12. Anthropogenic impacts on water resources of Russia and neighboring states in the end of the XX century/ Edited by. N.I. Koronkevicha, I.S. Zaitseva. – М.: Наука, 2003.-367 с.
13. Babkin V.I., Vuglinsky B.C. Water balance of river basins.-L.: Hydrometeoizdat, 1982.-191 p.
14. Berkovich K.M., Chalov R.S., Chernov A.V. Ecological linguistics. – М.: ГЕОС, 2000.-332 p.
15. Важнов А.Н. Hydrology rec. – М.: Изд-во МГУ, 1976.-339 p.
16. Vendrov С.Л. Life is our river. – L.: Hydrometeoizdat, 1985-112 p.
17. Evstigneev V.M. River flow and hydrological calculations.- М.: Изд-во МГУ, 1990.-304 p.
18. Izdan P.F. Forests and water resources. – М.: Наука, 1980.-153 p.
19. Karashev A.V. Theory and methods of calculation of river sediments. – Л.: Hydrometeoizdat, 1977.-392 p.
20. Krestovsky O.I. Влияние вырубок и доставка лесов на водность рек.- L.: Gidrometeoizdat, 1986.-118 p.
21. Makkaveev N.I., Chalov R.S. Русловые процессии. – М.: Изд- во МГУ, 1986.-264 p.
22. Mikhailov V.N. River mouths of Russia and neighboring countries: past, present and future. – М.: ГЕОС, 1997.-413 p.
23. Mikhailov V.N. Hydrology of river mouths. – М.: Изд-во МГУ, 1998.-176 p.
24. Shiklomanov I.A. Anthropogenic changes in river water quality. – Л.: Hydrometeoizdat, 1979,-302 p.
25. Shiklomanov I.A. Influence of economic activity on river flow. – L.: Hydrometeoizdat, 1989.-334 p.

A. Serikbayeva¹ , N. Janaliyeva^{1*} , B. Suleimenova¹ ,
F. Nurbayeva¹ , M. Abdibattayeva² , Zh. Altybayeva¹ 

¹NJSC “Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yesenova”, Kazakhstan, Aktau

²NJSC “Al-Farabi Kazakh National University”, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: nurgul.janaliyeva@yu.edu.kz

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF SOIL CONTAMINATION OF THE COASTAL ZONE OF THE CASPIAN SEA IN THE AREA OF AKTAU SUBURB

The article presents an assessment of the degree of soil contamination of the coastal zone of the Caspian Sea in the suburbs of Aktau. It examines the content of heavy metals at research sites in 2021 compared to 2018. The studies were conducted in the period from April 18 to April 25, 2021. Samples were taken according to a well-known method in soil science, at a depth of 0-20 cm by the envelope method using a sampler. The determination of humus in soil samples was carried out using the Nikitin method with a colorimetric ending by Orlov-Grindel. Mobile forms of heavy metals were determined at research sites using an atomic absorption spectrometer (MGA-915). According to the results of the research, it was revealed that the soils of the surveyed territory differed in the alkaline reaction of solutions, the content of organic matter at a low level and low resistance to anthropogenic influences. The content of heavy metals such as cadmium, arsenic and nickel decreased in 2021. It was found that the values of cadmium in all samples have the same values, and the values of arsenic are reduced. During the comparison, it was found that these results have not changed much, and the decrease in the content of heavy metals in the soil indicates a decrease in the anthropogenic load on the environment, due to the suspension of activities in all areas during the pandemic.

Key words: monitoring, soil, pollution, heavy metals, Caspian Sea, coastal zone, soil analysis.

А. Серикбаева¹, Н. Джаналиева^{1*}, Б. Сулейменова¹,
Ф. Нурбаева¹, М. Абдибаттаева², Ж. Алтыбаева¹

¹«Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті» КЕАК, Қазақстан, Ақтау қ.

²«Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» КеАК, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: nurgul.janaliyeva@yu.edu.kz

Ақтау маңы ауданында Каспий теңізінің жағалау аймағы топырағының ластану дәрежесін бағалау

Мақалада Ақтау қаласының маңындағы Каспий теңізінің жағалау аймағы топырағының ластану дәрежесін бағалау ұсынылған. Ол 2021 жылғы зерттеу алаңдарындағы ауыр металдардың құрамын 2018 жылмен салыстырғанда қарастырады. зерттеулер 2021 жылдың 18-25 сәуірі аралығында жүргізілді. Сынамалар топырақтанудағы белгілі әдістеме бойынша, 0-20 см тереңдікте сынама алу арқылы конверт әдісімен алынды. Колориметриялық аяқталуы бар Никитин әдісі бойынша топырақ үлгілеріндегі гумустың анықтамасы Орлов-Гриндель бойынша жасалды. Атом-абсорбциялық спектрометрді (МГА-915) пайдалана отырып, зерттеу алаңдарында (ЖК) ауыр металдардың жылжымалы нысандары анықталды. Зерттеу нәтижелері бойынша зерттелген аумақтың топырақтары ерітінділердің сілтілі реакциясымен, Органикалық заттардың төмен деңгейімен және антропогендік әсерлерге төзімділігінің төмендігімен ерекшеленетіні анықталды. Кадмий, мышьяк және никель сияқты ауыр металдардың мөлшері 2021 жылы азайды. Барлық үлгілердегі кадмий мәндері бірдей мәндерге ие және мышьяк мәндері төмендегені анықталды. Салыстыру барысында бұл нәтижелер ерекше өзгермегені анықталды, ал топырақтағы ауыр металдардың азаюы пандемия кезінде барлық салалардағы қызметтің тоқтатылуына байланысты қоршаған ортаға антропогендік жүктеменің төмендегенін көрсетеді.

Түйін сөздер: мониторинг, топырақ, ластану, ауыр металдар, Каспий теңізі, жағалау аймағы, топырақты талдау.

А. Серикбаева¹, Н. Джаналиева^{1*}, Б. Сулейменова¹,
Ф. Нурбаева¹, М. Абдибаттаева², Ж. Алтыбаева¹

¹НАО «Каспийский университет технологии и инжиниринга имени Ш. Есенова», Казахстан, г. Актау

²НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», Казахстан, г. Алматы

*e-mail: nurgul.janaliyeva@yu.edu.kz

Оценка степени загрязненности почвы прибрежной зоны Каспийского моря в районе пригорода Актау

В статье представлена оценка степени загрязненности почвы прибрежной зоны Каспийского моря в пригороде города Актау. В ней рассматриваются содержание тяжелых металлов на исследовательских площадках 2021 года по сравнению с 2018г. Исследования были проведены в период с 18 по 25 апреля 2021 г. Пробы отбирались по известной методике в почвоведении, на глубине 0–20 см методом конверта при помощи пробоотборника. По методу Никитина с колориметрическим окончанием по Орлову-Гринделю было выполнено определение гумуса в почвенных образцах. На исследовательских площадках (ИП) с использованием атомно-абсорбционного спектрометра (МГА-915) были определены подвижные формы тяжелых металлов. По результатам исследований было выявлено, что почвы обследованной территории отличались щелочной реакцией растворов, содержанием органического вещества на низком уровне и низкой устойчивостью к антропогенным воздействиям. Содержание тяжелых металлов таких как кадмий, мышьяк и никель уменьшились в 2021 году. Было выявлено, что значения кадмия во всех пробах имеет те же значения, а значения мышьяка снижены. В ходе сравнения было обнаружено, что данные результаты особо не изменились, а снижение содержания в почве тяжелых металлов, свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки на окружающую среду, в связи с приостановлением деятельности во всех областях во время пандемии.

Ключевые слова: мониторинг, почва, загрязнение, тяжелые металлы, Каспийское море, прибрежная зона, анализ почвы.

Introduction

The Caspian Sea is a highly productive reservoir, which is combined with the relative poverty of its biological diversity. A significant number of works are devoted to physical, hydrochemical and biological processes and the ecological state of the Caspian Sea [1].

Exploration and exploitation of oil fields is the most important component of pollution. Large-scale geological exploration works are being carried out, new oil and gas fields have been discovered and the flow rate of old ones is increasing. It is no coincidence that the levels of oil pollution in different parts of the Caspian Sea are already many times higher than the maximum permissible norms [2, 3].

In view of this, it is necessary to carry out high-quality predicted work based on geo-ecological monitoring in order to preserve the resources of the Caspian Sea and the coastal zone, these methods will give not only a point assessment, but also a spatial picture of the ecological state of the Aktau territories [4, 5].

Notwithstanding the significant studies of the Caspian Sea, at present some of the sea areas are not widely researched. Several application questions relate to these areas and require fundamental approach to solve some issues on the soil state and the coastal areas of the sea. This issue is quite popular abroad, especially in the United States of

America and Germany. These countries were the first to take interest in soil covering and impact of different factors on it. During the last thirty years there has been a sharp reduction in scientific research on this issue. One of such areas is the eastern coast of the Middle Caspian Sea, especially a water area in the center of Mangistau oblast, Aktau city and surrounding territory. Thus, issues on studying the coastal and water areas of the Caspian Sea are actual and necessary.

Earlier there were no studies on a soil covering at Akshukyr village of Mangistau oblast for presence of heavy metals. These studies may serve as a basis for the measures contributing Environmental Quality Management.

Materials and research methods

Field research was conducted in the coastal zone near the village of Shapagatov. The research was conducted before the V Summit of the heads of the Caspian states of Kazakhstan, Russia, Azerbaijan, Turkmenistan and Iran, scheduled for August 12, 2018 in Aktau. Field research was conducted by the route method. 4 research sites (RS), RS-1, RS-2, RS-3 and RS-4 (background) were laid to monitor the state of soils in the area of the suburban territory of Aktau opposite the hydrological stations HS-14 – HS-17 (Fig. 1 and 2). Table 1 shows the coordinates of the soil sampling points.

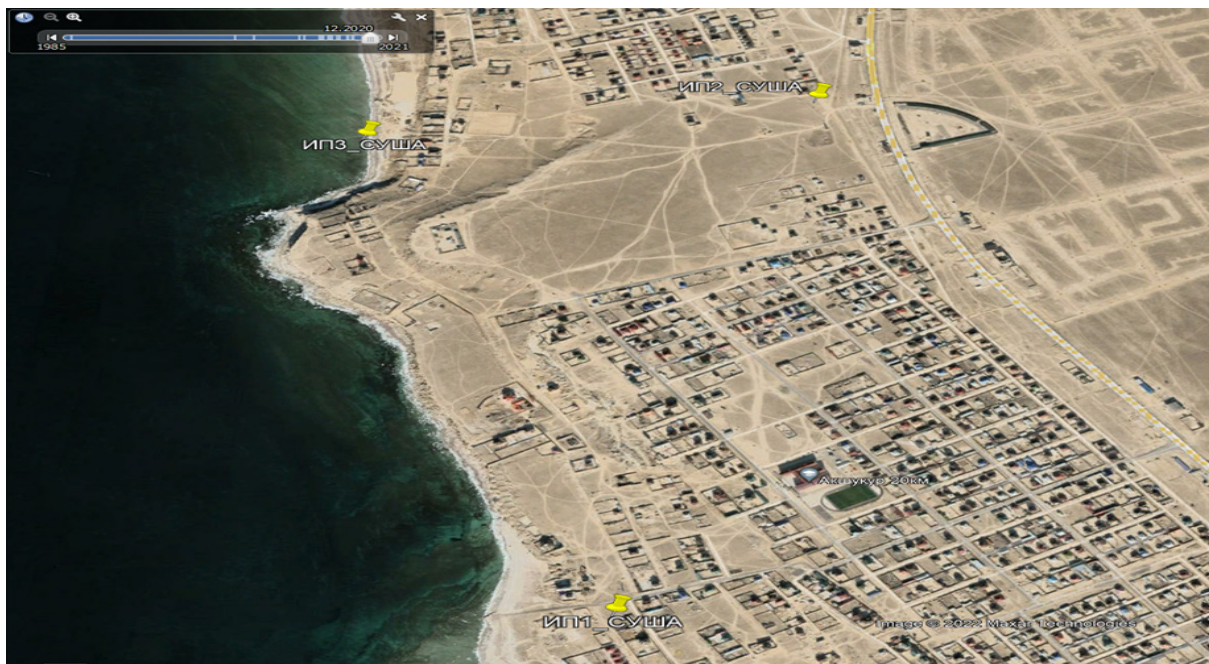


Figure 1 – Map-scheme of the research sites of RS 1,2,3 for monitoring the state of soils

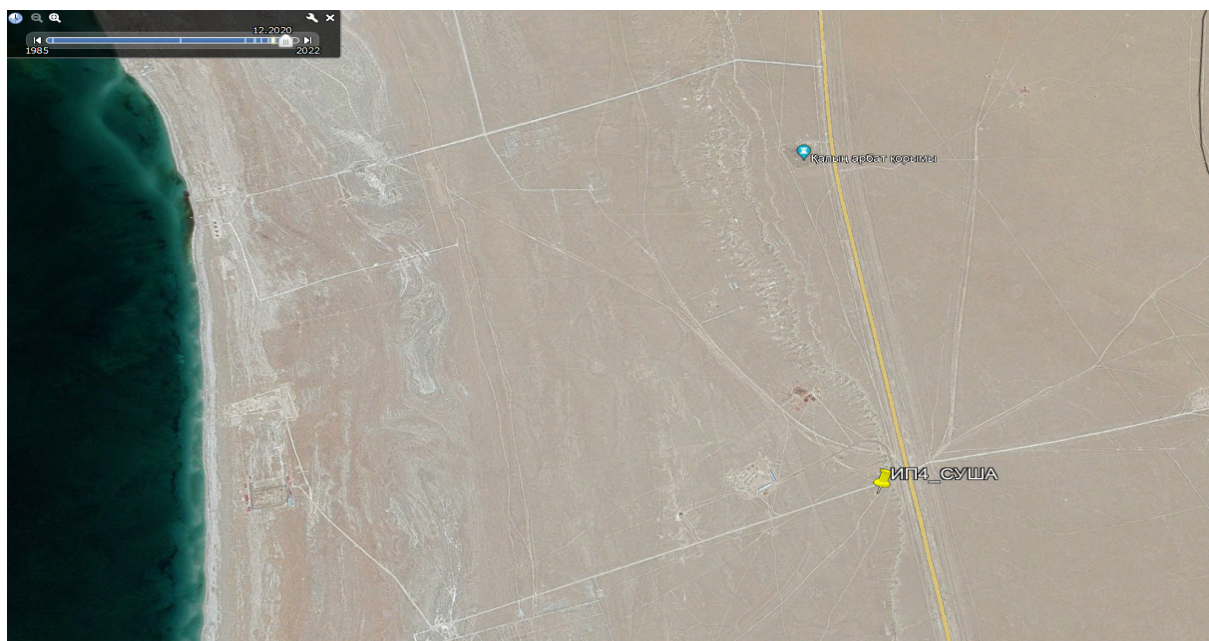


Figure 2 – Map-scheme of research sites RS-4 (background) for monitoring the state of soils

Soil sampling. When studying the soil, an important stage is sampling, recommended in accordance with GOST 17.4.4.02.84. This standard is necessary to control soil pollution, both general and local in areas affected by industrial enterprises, agricultural and transport sources of pollution. Sampling and soil analysis were carried

out according to the approved methodology “Soil sampling for chemical analysis” [6, 7], from a depth of 5-20 cm, once during daylight on sites from one horizon (the weight of the soil sample is 1 kg). Soil samples were dried to an air-dry state at room temperature, removing large lumps and inclusions. The soil was ground in a mortar, sifted through a

sieve ($d = 1$ mm). After spreading the soil in an even layer of 1 cm, point samples were taken with a spatula from at least four places and mixed to form a combined sample. The studies were carried out with a soil extract, which was prepared according to the standard method. Soil samples were taken at test sites RS-1,2,3 and 4 (background). The mixed

sample consisted of 5 soil samples taken by an envelope of 5 points. An average sample of 300-400 grams was taken. In general, the samples are mixed samples with 20 points, that is, 5 points for 4 RS. Preparation of samples for the determination of heavy metals was carried out based on the laboratory of the department.

Table 1 – Location, coordinates, distance from the sea coastline, spring 2021

Station №	Location	Width	Longitude	Distance from the coast, m
RS -1	District of the village Akshuqyr	43°48'1»	51°1'59»	303,65
RS-2	District of the village Akshuqyr	43°49'5»	51°2'14»	1635,1
RS-3	District of the village S. Shapagatova	43°49'0»	51°1'29»	2135
RS-4	District of the village S. Shapagatova	43°55'19»	51°2'0»	9578

1. RS-1 is laid 20 km from Aktau in the village Akshuqyr, at a distance of 303.65 meters from the coastline of the sea.
2. RS-2 – at the highway, Aktau-F-Shevchenko, at a distance of 1635.1 m, from RS-1, in the area of open fertilizers and a warehouse of road-building materials.
3. RS-3 – in the area of private buildings at a distance of 2135 m, from RS-2.
4. RS-4 (background), at a distance of 9578 meters from RS-3, where the impact of harmful emissions from construction and production is practically not traced.

Determination of humus in the soil. Soil samples were studied by the following methods: color was determined by the Mansell scale, humus was determined by Tyurin, granulometric composition by Kachinsky, gross nitrogen was determined by Kjedal, mobile compounds of potassium and phosphorus – by Chirikov, mobile compounds for carbonate soils were determined by Machigin. Also, the following were determined by conventional methods: volume mass, solid phase density, hydrolytic acidity, the amount of absorbed bases. Determination of the amount of humus was carried out by the Nikitin method with a colorimetric ending according to Orlov-Grindel, which is based on wet salinization of organic soil compounds.

Determination of heavy metals in the soil. The soil samples were studied for the heavy metal content applying MGA-915A atomic spectrometry (Russia) in the Ecology Department laboratory in the Mangistau oblast as per the methodology. [8].

Since the heavy metal (HM) content in the soil was significant, the mobile forms of the following elements were determined: Pb, Ni, Cr, Hg, V, Cu, Fe, Zn [9]. Certain concentrations of heavy metals (HM) were compared with the available maximum permissible concentrations (MPC).

Methods of geoinformation technologies (GIT). The cartographic material of the research area was made using satellite images and using GIS

programs (Google Maps, SAS Planet). Editing of schematic maps, diagrams and graphs are performed using CorelDRAW 11 and Paint programs.

Research Results and Discussion

Being as a complicated mechanism, the upper soil covering regulates the interaction between the spheres such as biosphere, lithosphere, and atmosphere, at the same time the Earth soil surface is not a target exposure only, but also has negative impact on a human body. The most intensive load is noticeable at studying the upper horizon of the soil since they have tendency to accumulate heavy metals [10]. The soil has an important role as a cleaner and a buffer, since it sustains emissions and wastes, being able to accumulate pollutants such as heavy metals, pesticides, hydrocarbons.

The heavy metals in sandy soils are easily escaped, seeping into the underground water. Some numbers of heavy metals are contained in the sandy and sabulous soil-forming rocks [11, 12]. Low analyzed samples show that sandy rocks own ultra-high filtration capacity.

Reductive-oxidative properties of the soil influences metals' mobility in the soil covering and the level of their oxidation at condition where there are reclamation processes.

Negative impact of the heavy metals on the soil covering due to anthropogenic activity depends on different sources of impact. The most dangerous pollution by the heavy metals coming from oil processing and chemical companies' activity [13-16]. It is known that around 95% of toxins come in as an anthropogenic dust, and around 20% with atmospheric residue, and the rest is in the form of dry fallout. Moreover, the anthropogenic sources of pollution of the soil by the heavy metal include organic and mineral fertilizers and sewage water [17-20].

According to the results of monitoring in Table 2, shows the physico-chemical properties of soils.

On the way to the airport of the city, brown desert soils predominate in the soil samples at the studied sites in the village of Akshuqyr, and the depth of the upper saline horizon is mainly saline or saline soils. Table 2 shows that the content of the humus in the upper horizon of the soil varies

between 1.19 and 2.63%. The content of biogenic elements is low. Total phosphorus in the upper surfaces of the soil varies between 473.4 and 2003.8 mg/kg. The content of carbonates ranges from 1.78 to 3.13%, and the total nitrogen content varies between 0.24-0.41. The exchange capacity in the soil samples depends on the granulometric content, the heavier the content, the higher the capacity. The exchange capacity value varies between 9.65 and 32.19 mg-eq/100g of the soil. Stable predominance of exchangeable magnesium (40-80% of the exchange capacity) is observed in the soil-absorbing complex.

Water suspensions in the soil reacts as slightly alkaline or close to neutral (pH 6.88-7.42). As per the results of the survey, it was found out that the soil of the territory under survey was different by the alkaline reactions of the solutions, by a low content of the organic matter and weak resistance to anthropogenic impact.

Table 2 – Physical and chemical properties of soils of research sites

Physico-chemical characteristics of soils	Research sites (soil condition monitoring)			
	RS-1 2021	RS-2 2021	RS-3 2021	RS-4 (background) 2021
Humus, (%)	1,19	1,41	1,48	2,63
Total nitrogen, (%)	0,24	0,36	0,41	0,28
Phosphorus (gross), mg/kg	1662	473,4	516,15	2003,8
Carbonates, (%)	3,13	1,78	1,84	2,77
Exchange capacity, mg-eq/100 g of soil	9,65	22,89	24,89	32,19
Exchange calcium, mg-eq/100 g of soil	1,7	4,2	5,2	1,4
Exchangeable magnesium, mg-eq/100 g of soil	7,12	17,2	18,5	11,8
Exchange sodium, mg-eq/100 g of soil	0,63	0,95	0,98	16,29
Sum of salts	0,59	1,07	1,33	0,24
pH	7,42	7,52	7,63	6,87

At present the study of the upper surface of the soil for presence of the heavy metals is of great practical value. Rated level of the maximum allowable concentration is important, since the presence of the heavy metals exceeding MAC has a negative impact. These results of monitoring surveys are the basis for full assessment of the soil covering and can be applied

for the development of work plan on reduction of the heavy metal concentration level. [21].

The main pollutants at the industrial zone territory are: Koshkar-ata tailings pit, transportation and industrial facilities.

Table 3 presents a comparative analysis of soils for heavy metals.

Table 3 – The content of heavy metals in the soils of the study sites, mg/kg

Substance	Research sites (2018,2021) in the soil monitoring area								MPC, mg/kg
	RS-1 (n = 4) 2018	RS-1 (n = 4) 2021	RS-2 (n = 4) 2018	RS-2 (n = 4) 2021	RS-3 (n = 4) 2018	RS-3 (n = 4) 2021	RS-4 (Background) 2018	RS-4 (Background) 2021	
Cu	3,2	2,1	4,7	2,0	3,6	3,2	2,1	2,8	3,0
Ni	3,6	1,45	5,3	1,5	3,8	1,85	2,5	1,46	4,0
As	2,9	0,54	4,9	0,57	4,2	0,53	7,3	0,59	2,0
Cd	3,6	0,012	9,4	0,018	4,1	0,022	3,7	0,02	5,0
Cr	4,3	2,0	5,3	1,98	3,5	3,1	2,8	2,65	6,0
Pb	5,9	0,23	6,17	0,29	4,1	0,31	6,3	0,071	32,0

**Figure 3** – Diagrams of HM concentrations in soils in the area of Akshuqyr village (suburb of Aktau) on RS-1, 2, 3 and 4 (background), depending on the distance

During the experiment, an estimate of the lower limit of detection of these heavy metals was obtained: copper – 0.2 mg/kg, lead – 0.07 mg/kg and chromium – 1.98 mg/kg with an initial weight of 5 g, the volume of the working solution is 50 ml. according to our own research in the village of Akshuqyr. No high concentration of heavy metals was found in all soil samples. The main array of values for the copper content in the soils of the city is in the range from 2 to 3.2 mg/kg according to the analyses of 2022. Chromium concentrations throughout the study area are much lower relative to the MPC (Cr – 6). A slight excess of the MPC of lead (up to 6.17) was detected only on one test area of RS-2 laid on the territory of highways located in the zone of constant exposure to automobile emissions – the roadside on the outskirts of the village.

And there is also a noticeable trend of a decline in the amount of heavy metals, over the years, apparently, due to the pandemic, the supply of heavy metals to the soil cover has decreased. Impurity index by the heavy metals of the soil, for instance by Zinc is less than 1.0 which means that the soil is pure. It should be here noted that the content of the existing heavy metals is much lower than maximum allowable concentration.

In Figure 3, you can clearly see how these content indicators have changed compared to 2018. It can be seen that the content of metals such as cadmium, nickel and lead is significantly overestimated by the test area of RS-2.

Thus, based on the comparison it was clear that the values have changed. Data on Cd, Ni, As content reduced in 2021. As per the values received, the presence of heavy metals in the soil covering ramps down every year, due to reduction of the anthropogenic load on the environment, because of the limits in the activities in most of companies during the pandemic.

The most direct and critical impact on the accumulation of the heavy metals, especially lead, in the soil covering is done by the exhaust gases [22]. Considering that the Koshkar-ata tailings pit is located near the populated area of Akshukyr village, it impacts directly on the accumulation of the chemical elements.

GOST 17.4.02.-83 introduced the classification division of heavy metals into 3 hazard classes:

Class 1 (especially toxic) – arsenic, cadmium, mercury, selenium, lead, zinc;

Class 2 (toxic) – boron, cobalt, nickel, molybdenum, antimony, chromium, copper;

Class 3 (low-toxic) – barium, vanadium, tungsten, manganese, strontium.

Accordingly, we found six heavy metals: cadmium, nickel, chromium, lead, copper and arsenic. Three of them belong to hazard class 1 and are particularly toxic. Such heavy metals are arsenic, cadmium, lead. The rest belong to hazard class 2 and are toxic. These are the remaining: nickel, chrome, and copper. Low-toxic heavy metals of hazard class 3 were not detected.

Conclusion

Based on the received results, we may conclude that the content of the heavy metals does not exceed maximum allowable concentration level. These surveys were performed in the designated laboratory, where the content of the heavy metals in the soil samples were defined for the following metals Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, As. It was found out that in 2018 the content of the heavy metals was increased in the soil. Akshukyr village soil showed the presence of the heavy metals, thus, it was confirmed that near-by facilities have a negative impact on them. The soil pollution level by the heavy metals is average.

Of the metals under consideration, according to the degree of accumulation in the soil cover, lead prevails and a slight excess of MPC. The total index of soil contamination with heavy metals (Z_c) is less than 1.0, which indicates that the soil is not polluted.

Based on the Table 2, the content of the humus at the upper surface of the soil varies between 1.19 and 2.63%. The content of gross phosphorus in the upper surface of the soil is within 473.4 to 2003.8 mc/kg. The content of carbonates ranges from 1.78 to 3.13%, and the total nitrogen content varies between 0.24-0.41%. The exchange capacity in the soil samples depends on the granulometric content, thus, when the granulometric content is heavy, the exchange capacity is high.

As per the survey results, it was found out that the soil of the area under survey is different by alkaline reaction of the solution, by the low content of the organic matter and by the weak resistance to the anthropogenic impacts. Compared to 2018, there is a decrease in copper in soils, its excess by 0.2 MPC was noted at RS-3, this is evidenced by a decrease in emissions from vehicles during the pandemic. The conducted studies showed that the contents of copper, nickel, zinc, arsenic, cadmium, chromium and lead at RS-3 were subject to the greatest pollution compared to other research sites in the area of private buildings, due to the influence of harmful emissions from construction and production. There is a decrease in chromium

and copper by almost 2.5 times at RS-2, which may indicate the suspension of the storage of new road construction materials during the pandemic. The decrease is also noticed in the content of the heavy metals in soil samples: cadmium, arsenic

and nickel, which is also a consequence after the pandemic.

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (grant No. AP19175679)

References

1. Zonn I.S., Kostjanov A.G., Kosarev A.N., Zhil'cov S.S. Kaspijskoe more Jenciklopedija. [Moskva: «Vostochnaja kniga»], (2013). –558s.– (In Russian)
2. Tuzhilkin V.S. Sezonnaja i mnogoletnjaja izmenchivost' termohalinnoj struktury vod Chernogo i Kaspijskogo morej i processy ee formirovanija. Avtoreferat diss. d.g.n. – M.: MGU im. M.V. Lomonosova. (2008). – (In Russian)
3. Kosarev A. N., Arhipkin V. S. Vodnye massy // [Gidrometeorologija i gidrohimiya morej.] – T. 6 iz serii Kaspijskoe more. – Gidrometeoizdat Sankt-Peterburg, (1992). – S. 117–124. – (In Russian)
4. Syrlybekkyzy, S., Kenzhetaev, G.Zh., Dzhumasheva, K.A, Koibakova, S.E. [Method of desalination of sea water in a hot climate]. International Scientific and Practical Conference “Financial, economic and legal aspects of international cooperation of the Caspian States”. November 29, (2018) R. 99-103. – (in English)
5. Kenzhetaev, G.Zh., Serikbayeva, A.K., Syrlybekkyzy, S., Koibakova, S.E., Zhidibaeva, A.E. Patent [“Method and device for desalination of seawater” of the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan,] National Institute of Intellectual Property. No. 2018/0409.1. 09/19/2019.Oil pollution in the Mediterranean Sea. Pt. 1. The international context: The Handbook of Environmental Chemistry (2017a) / eds. Carpenter A., Kostianov A.G. Springer, (2017)– (in English)
6. GOST 17.4.4.02-84. [Otbor prob pochvy dlja himicheskogo analiza]. – (In Russian)
7. Hanturina G.R., Sembaev Zh.H., Sejtkašymova G.Zh., Fedorova I.A. [Sovremennye metody opredelenija himicheskikh veshhestv v okružhajushhej srede] // Mezhdunarodnaja nauchno-praktičeskaja konferencija «Aktual'nye voprosy v nauchnoj rabote i obrazovatel'noj dejatel'nosti». – Tambov, (2014). – Ch.9. – S.147–149. – (In Russian)
8. Luis R. Vieira,a,b, Fernando Morgadoc, António J.A. Nogueirac, Amadeu M.V.M. Soaresc, Lúcia Guilherminoa, [Integrated multivariate approach of ecological and ecotoxicological parameters in coastal environmental monitoring studies]. Ecological Indicators. 95. (2018). R. 1128-1142)– (in English)
9. Xiaohu Wen, Jian Lu, Jun Wu, Yichen Lin, Yongming Luo, [Influence of coastal groundwater salinization on the distribution and risks of heavy metals]. Science of the Tot.Enviro.652, (2019) R. 267-277)– (in English)
10. Tjzhelye metally v okružhajushhej srede. – M.: Izd-vo MGU, (1980). – 250s. – (In Russian)
11. Il'in V.B. [Tjzhelye metally v sisteme pochva-rastenie]. – Novosibirsk: Nauka, (1991). – 140s. – (In Russian)
12. Kovda V.A. [Biogeohimija pochvennogo pokrova]. – M.: Nauka, (1985). – 230s. – (In Russian)
13. Kuramshina N.G., Kuramshin Je.M., Lapikov V.V. [Kompleksnyj jekologičeskij monitoring vodnyh jekosistem v uslovijah tehnoģeneza] // Jekologičeskie sistemy i pribory. – (2004). – № 8. – S. 9–11. – (In Russian)
14. Efimova I.V., Bezgodov I.V., Bichev S.S., Donskih I.V., Grebenshnikova V.I. Mediko-jekologičeskie problemy dlitel'nogo tehnoģennogo zagrjaznenija pochvy v Irkutskoj oblasti // Gigiena i sanitarija. – (2012). – № 5. – S. 42–44. – (In Russian)
15. Alibekov L. A., Alibekova S. L. Social'no-jekonomičeskie posledstvija processa opustynivanija v Central'noj Azii] // Vestnik Rossijskoj Akademii nauk. – (2007). – T. 77. – S. 420–425. – (In Russian)
16. Kaganov Ju.T. [Kojevoljucija biosfery i tehnosfery: problemy i reshenija] // Sinerģetičeskaja paradigma. Nelinejnoe myshlenie v nauke i iskusstve. – Moskva: Progress – Tradicija, (2002). – S. 447– (In Russian)
17. Kulmanov M.E., Amrin K.R., Kenesariv U.I., Sakbaev O.O. Gigieničeskie i jekonomičeskie problemy gidrosfery i zdorov'ja naselenija v zone Kazahstanskoj chasti Priaral'ja // Zdravoohranenie Kazahstana. – (1993). – № 3. – S. 17-22. – (In Russian)
18. Omarova T.A., Kazangapova N.B. Uroven' pesticidnogo zagrjaznenija reki Syrdar'i i malogo morja // Medicinskie, social'nye i jekologičeskie problemy Priaral'ja. – Almaty. – 1992. – S. 126–127. – (In Russian)
19. Pinskij D.L., Oreshkin V.N. Tjzhelye metally v okružhajushhej srede // Jeksperimental'naja jekologija. – M.: Nauka, (1991). – S.201-212. – (In Russian)
20. Davydova S.L., Tagasov V.I. Tjzhelye metally kak supertoksikanty 21 veka: Uch. posobie. – M., (2002). –204s. – (In Russian)
21. Džuvelikjan H.A., Shheģlov D.I., Gorbunova N.S. Zagrjaznenie pochv tjzhelymi metallami. Sposoby kontrolja i normirovanija zagrjazennyh pochv: uchebno-metodičeskoe posobie dlja vuzov / H.A. Džuvelikjan, D.I. Shheģlov, N.S. Gorbunova. – Voronezh: Izd-vo VGU, (2009). –22s. – (In Russian)
22. Alekseenko V.A. Metally v okružhajushhej srede: ocenka jekologo-ģeohimicheskikh izmenenij: sbornik zadach] [Jeľektronnyj resurs / V.A. Alekseenko, A.V. Suvorinov, E.V. Vlasova; pod nauch. red. V.A. Alekseenko. – M.: Logos, (2011). –216 s. – (In Russian)

2-бөлім
**ҚОРШАҒАН ОРТА ЛАСТАУШЫЛАРЫНЫҢ
БИОТАҒА ЖӘНЕ ТҰРҒЫНДАР
ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

Section 2
**ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL
POLLUTION ON BIOTA AND HEALTH**

Раздел 2
**ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ
ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
НА БИОТУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ**

K.Zh. Dakieva¹ , **G.Y. Saspugayeva²** ,
Zh.B. Tussupova^{2*} , **G.Yu Abdugaliyeva¹** .

¹Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana

*e-mail: zh_tusupova@mail.ru

THE STATE OF CATECHOLAMINE METABOLISM DURING INTOXICATION WITH A COMPLEX OF TOXIC GASES AND DUST

In professional conditions, adaptation to unfavorable production factors is most often implemented through a resistance strategy that provides changes in the function of molecular and supramolecular systems. Unfavorable factors of the working environment can cause two differently directed reactions in a person – an increase in resistance (increase in resistance) and an increase in tolerance (tolerance, endurance). We conducted experimental studies of laboratory animals directly in the main workshops of the titanium-magnesium plant, where their body is exposed to a complex of toxic gases and dust (aerosol of titanium dioxide, dust of metallic titanium, titanium tetrachloride and its hydrolysis products, as well as chlorine and phosgene). In the experiment, the activity of the sympathetic-adrenal system was determined by the excretion of catecholamines – adrenaline, norepinephrine, dopamine and DOPA. We have revealed significant changes in the level of catecholamines in the organs of experimental animals. Adrenaline and norepinephrine in the liver tissue increased significantly in laboratory animals at 2; 4 and 12 weeks, kept in 1, 2 and 3 shops compared with the control. The content of norepinephrine in the tissue of the adrenal glands, in the tissue of the heart in animals kept in the main workshops changed significantly compared to the control. These studies are of interest in the light of early detection of changes in the body when exposed to a complex of toxic gases and dust, the timely implementation of therapeutic, preventive measures prevents the development of occupational and somatic diseases.

Key words: *titanium-magnesium plant (TMP), main workshops, laboratory animals, catecholamines*

К.Ж. Дакиева¹, Г.Е. Саспугаева², Ж.Б. Тусупова², Г. Ю. Абдугалиева¹

¹С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Қазақстан, Өскемен

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.

*e-mail: zh_tusupova@mail.ru

Улы газдар мен шаңдар кешенімен улану кезіндегі катехоламин алмасуының жағдайы

Кәсіби жағдайларда қолайсыз өндірістік факторларға бейімделу көбінесе молекулалық және супрамолекулалық жүйелер қызметінің өзгеруін қамтамасыз ететін қарсылық стратегиясы арқылы жүзеге асырылады. Жұмыс ортасының қолайсыз факторлары адамда екі түрлі бағытталған реакцияларды тудыруы мүмкін – қарсылықтың және төзімділіктің жоғарылауы (толеранттылық, төзімділік). Біз зертханалық жануарларға тікелей титан-магний зауытының негізгі цехтарында тәжірибелік зерттеулер жүргіздік, олардың денесіне улы газдар мен шаңдар кешені әсер етілді (титан диоксидінің аэрозолі, металл титанның шаңы, титан тетрахлориді және оның гидролиз өнімдері, сондай-ақ хлор және фосген). Экспериментте симпатикалық-бүйрек үсті жүйесінің белсенділігі катехоламиндердің – адреналиннің, норадреналиннің, дофаминнің және ДОФА-ның бөлінуімен анықталды. Тәжірибе жануарларының ағзаларында катехоламиндер деңгейінде айтарлықтай өзгерістерді анықтадық. Бауыр тінінде адреналин мен норадреналин бақылаумен салыстырғанда 1,2 және 3 цехтарда сақталған зертханалық жануарларда 2;4 және 12 аптада айтарлықтай жоғарылаған. Негізгі цехтарда ұсталатын жануарларда бүйрек үсті бездерінің тіндеріндегі, жүрек тіндеріндегі норадреналиннің мөлшері бақылаумен салыстырғанда айтарлықтай өзгерді. Бұл зерттеулер улы газдар мен шаңдар кешені әсер еткенде ағзадағы өзгерістерді ерте анықтау, емдік, профилактикалық шараларды дер кезінде жүргізу кәсіптік және соматикалық аурулардың дамуын болдырмайды.

Түйін сөздер: *титан-магний өндірісі, негізгі цехтар, зертханалық жануарлар, катехоламиндер.*

К.Ж. Дакиева¹, Г.Е. Саспугаева², Ж.Б. Тусупова^{2*}, Г.Ю. Абдугалиева¹

¹Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Казахстан, г. Усть-Каменогорск

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Астана

*e-mail: zh_tusupova@mail.ru

Состояние метаболизма катехоламинов при интоксикации комплексом токсических газов и пыли

В профессиональных условиях адаптация к неблагоприятным факторам производства наиболее часто реализуется через стратегию резистентности, которая обеспечивает изменения функции молекулярных и надмолекулярных систем. Неблагоприятные факторы производственной среды могут вызывать у человека две разнонаправленные реакции – увеличение резистентности (увеличение сопротивляемости) и увеличение толерантности (переносимости, выносливости). Нами проведены экспериментальные исследования лабораторных животных непосредственно в основных цехах титано-магниевого комбината, где на их организм происходит воздействие комплекса токсических газов и пыли (аэрозоль двуокиси титана, пыль металлического титана, четыреххлористый титан и продукты его гидролиза, а также хлор и фосген). В эксперименте определяли активность симпато – адреналовой системы по экскреции катехоламинов – адреналина, норадреналина, дофамина и ДОФА. Нами выявлены значительные изменения уровня катехоламинов в органах экспериментальных животных. Адреналин и норадреналин в ткани печени значительно увеличился у лабораторных животных в 2;4 и 12-недельный срок, содержащихся в 1,2 и 3 цехах по сравнению с контролем. Содержание норадреналина в ткани надпочечников, в ткани сердца у животных, содержащихся в основных цехах, значительно изменились по сравнению с контролем. Эти исследования представляют интерес в свете раннего выявления изменений в организме при воздействии комплекса токсических газов и пыли, своевременное проведение лечебных, профилактических мероприятий предотвращает развитие профессиональных и соматических заболеваний.

Ключевые слова: титано-магниевое производство, основные цеха, лабораторные животные, катехоламины.

Introduction

Health assessment at the present stage urgently requires the development of scientific approaches to identifying early changes in the state of the body under the influence of the environment, including the negative consequences of production factors [1;2;3]

It is known that the functional state of the body during labor activity is influenced, first, by the factors of the labor process, which cause tension in regulatory mechanisms (nervous, humoral, metabolic) under the regulatory influence of the central nervous system [4;5]. Their severity correlates with the conditions, nature, and severity of labor [6;7;8]. The functional state of the organism that is formed at the same time at a new stage of regulation is evaluated as the “price” of adaptation. [9;10;11].

In healthy people and animals, the constancy of homeostasis is ensured by a balanced state between assimilation processes, i.e. processes of decay and synthesis of metabolites, maturation and degradation of cellular elements that form the basis of every minute adaptation of the body’s function to constantly changing conditions of the external and internal environment [12;13;14]. At the same

time, the constancy of homeostasis is ensured by the mechanisms of antagonistic regulation and duplication of functions, the polyfunctionality of cells by recombination transformations of tissue structures [15;16].

These mechanisms form the basis of the adaptation syndrome, which, according to G. Selye, is a clinical manifestation of a stress reaction that occurs when deviations in the living conditions are unfavorable for the body [17;18].

Occupational stress, like any other, causes a restructuring of the body’s physiological functions and metabolism, aimed at increasing the body’s stability and mobilizing energy resources necessary to maintain homeostasis and normal functioning of organs and systems [19;20].

In the formation of prenosological states, an important role is assigned to indicators of neurohumoral regulation and tissue metabolism. These studies are of interest in the light of the general concept created in recent years, according to which chronic stressful effects of production factors cause changes in the nervous system (both in the central and peripheral ones), which negatively affect the neurographic processes and the regulation of blood circulation [21, p. 38].

It is well known that several groups of physiologically active substances act on metabolic processes in cells, tissues and organs, as well as on the regulation of the circulatory system, some of which are neurotransmitters (adrenaline, norepinephrine, dopamine, acetylcholine), others are local regulators – kinins, etc.

Information about the effect of titanium and its compounds on individual organs and systems is limited in the literature. It is known (that the action of insoluble titanium compounds develops changes in the respiratory tract) [22;23]. The development of pneumoconiosis was found in workers whose production activities are associated with the action of titanium and titanium carbide [24, p.5].

The influence of harmful factors of TMP and their role in the occurrence of health disorders is necessary in several studies that can become the basis for the development of a complex of recreational activities aimed at improving health and increasing efficiency.

Even though several modern improvements have been introduced in the technological process of obtaining titanium sponge, working conditions remain unfavorable.

Material and research methods

Our research includes a section – experimental, performed on laboratory animals. In order to clarify the nature of pathological changes in the body of animals developing under the influence of a complex of toxic gases and dust (aerosol of titanium dioxide, dust of metallic titanium, titanium tetrachloride and its hydrolysis products, as well as chlorine and phosgene), experimental studies were carried out directly under conditions of titanium-magnesium production. Such an approach, from our point of view, can create the most advantageous experimental model, which makes it possible to carry out the corresponding clinical and experimental parallels with maximum completeness. Therefore, a series of experimental animals was placed on the territory of three main workshops (shops 1, 2 and 3) of JSC TMP Management Company. The animals were placed in specially made cages of 25-26 animals each, which were installed at the level of the human respiratory organs. The experimental animals of the control series of the experiment (28 animals) were kept on the territory of the plant, but

at a considerable distance from the main production shops in a separate, clean, well-ventilated room. Animals of the control group were killed at the same time as the experimental animals (2, 4 and 12 weeks).

The activity of the sympathetic-adrenal system was assessed by the excretion of catecholamines – adrenaline, norepinephrine, dopamine and by the DOPA method Matlina E.Sh. et al. (1965), which is based on their isolation from urine by alumina column chromatography. Adrenaline, norepinephrine and almost half of the adsorbed DOPA were eluted with 0.25 mol/l acetic acid solution. The DOPA remaining on the adsorbent was removed with a mol/L solution of hydrochloric acid. Catecholamines were differentiated by their oxidation with potassium ferrocyanide in a medium with different pH values and fluorimetrically on a spectrofluorimeter using different sets of light filters. Dopamine was determined using iodine as an oxidizing agent.

Results and its discussion

In animals that were on the territory of shop №1, after 2 weeks, an increase in the stress hormone – adrenaline in the liver to $0.08 \pm 0.006 \mu\text{g} / 1 \text{ g}$ of raw tissue was found, which is 200% more than in the control group (0.04 ± 0.004), $p < 0.001$.

After 4 weeks of the experiment, the level of adrenaline decreased slightly, but was higher than the control values (0.06 ± 0.005) by 50% and amounted to 0.09 ± 0.002 , $p < 0.001$.

After 12 weeks, liver epinephrine again increased by 240% to 0.12 ± 0.09 against the control – $0.05 \pm 0.004 \mu\text{g}/1\text{g}$ of raw tissue.

Apparently, changes in adrenaline in the liver tissue reflect the stages of the adaptation process of animals to the factors of the production environment of shop No. 1.

In parallel with the change in adrenaline in the liver tissue, there was an increase in adrenaline in the adrenal tissue after 2 weeks by 24% to $1012 \pm 56.2 \mu\text{g} / 1 \text{ l}$ of wet weight (in control – 814 ± 76.2) $p < 0.01$, which indicates an increase in synthesis of adrenaline in this tissue. However, after 4 and 12 weeks, the level of adrenaline slightly decreased by 19 and 18%, but was higher than the control values (826 ± 81.2 and 870 ± 79.4) up to 968 ± 69.4 , $p < 0.05$ and 1026 ± 42.4 , $p < 0.01$.

Table 1 – Levels of epinephrine and norepinephrine in the internal organs of animals located on the territory of JSC “MC TMP” shops, (M±m)

№	Indicators Animal series	Adrenalin		Noradrenalin		
		Liver mcg/1 gram wet weight	Adrenal gland mcg/1 gram wet weight	Liver mcg/1g wet weight	Heart mcg/1g wet weight	Adrenal gland mcg/1g wet weight
1	Control: 2 weeks	0,04±0,004	814±76,2	0,42±0,03	0,660±0,04	379±9,0
	4 weeks	0,06±0,005	826±81,2	0,56±0,04	0,669±0,05	392±12,0
	12 weeks	0,05±0,004	870±79,4	0,61±0,06	0,720±0,06	410±9,0
2	Workshop 1: 2 weeks	0,08±0,006 ^{xxx}	1012±56,2 ^{xx}	0,68±0,09 ^{xxx}	0,596±0,02	450±19 ^x
	4 weeks	0,09±0,002 ^{xxx}	968±69,4 ^x	0,86±0,07 ^{xxx}	0,729±0,09	469±29,0 ^x
	12 weeks	0,12±0,09 ^{xxx}	1026±42,4 ^{xx}	1,09±0,06 ^{xxx}	0,840±0,05 ^x	620±15,0 ^{xxx}
3	Workshop 2: 2 weeks	0,08±0,001 ^{xxx}	910±81,1	0,37±0,02	0,78±0,08 ^{xxx}	442±8,0 ^{xxx}
	4 weeks	0,100±0,002 ^{xxx}	948±56,2 ^x	0,41±0,03 ^x	0,968±0,04 ^{xxx}	466±10,0 ^{xxx}
	12 weeks	0,09±0,001 ^{xxx}	1221,4±30,1 ^{xxx}	0,50±0,04	0,966±0,08 ^{xxx}	682±12,0 ^{xxx}
4	Workshop 3: 2 weeks	0,06±0,003 ^{xxx}	612±51,1 ^{xx}	0,56±0,04 ^{xx}	0,76±0,06	286±5,0 ^{xxx}
	4 weeks	0,07±0,004 ^x	784±73,9	0,62±0,04 ^x	0,680±0,03	251±8,0 ^{xxx}
	12 weeks	0,04±0,002	526±28,9 ^{xxx}	0,76±0,07 ^x	0,810±0,09 ^{xxx}	278±6,0 ^{xxx}

The content of norepinephrine in the liver of animals that were on the territory of shop No. 1 gradually increased after 2, 4 and 12 weeks by 67, 54 and 78% to 0.68±0.09; 0.86±0.07 and 1.09±0.06, $p<0.001$. The control figures for norepinephrine in the liver tissue were 0.42±0.03; 0.56±0.04 and 0.61±0.06 corresponding to the terms of the experiment. The content of norepinephrine in the tissue of the adrenal glands increased after 2 weeks by 15% to 450±19, $p<0.05$ (in control – 379±9.0 µg/1g) of raw tissue, after 4 weeks by 20% to 469±29 (control – 392±12.0), $p<0.05$ and after 12 months by 50% to 620±15.0, $p<0.001$, against control – 410±9.0.

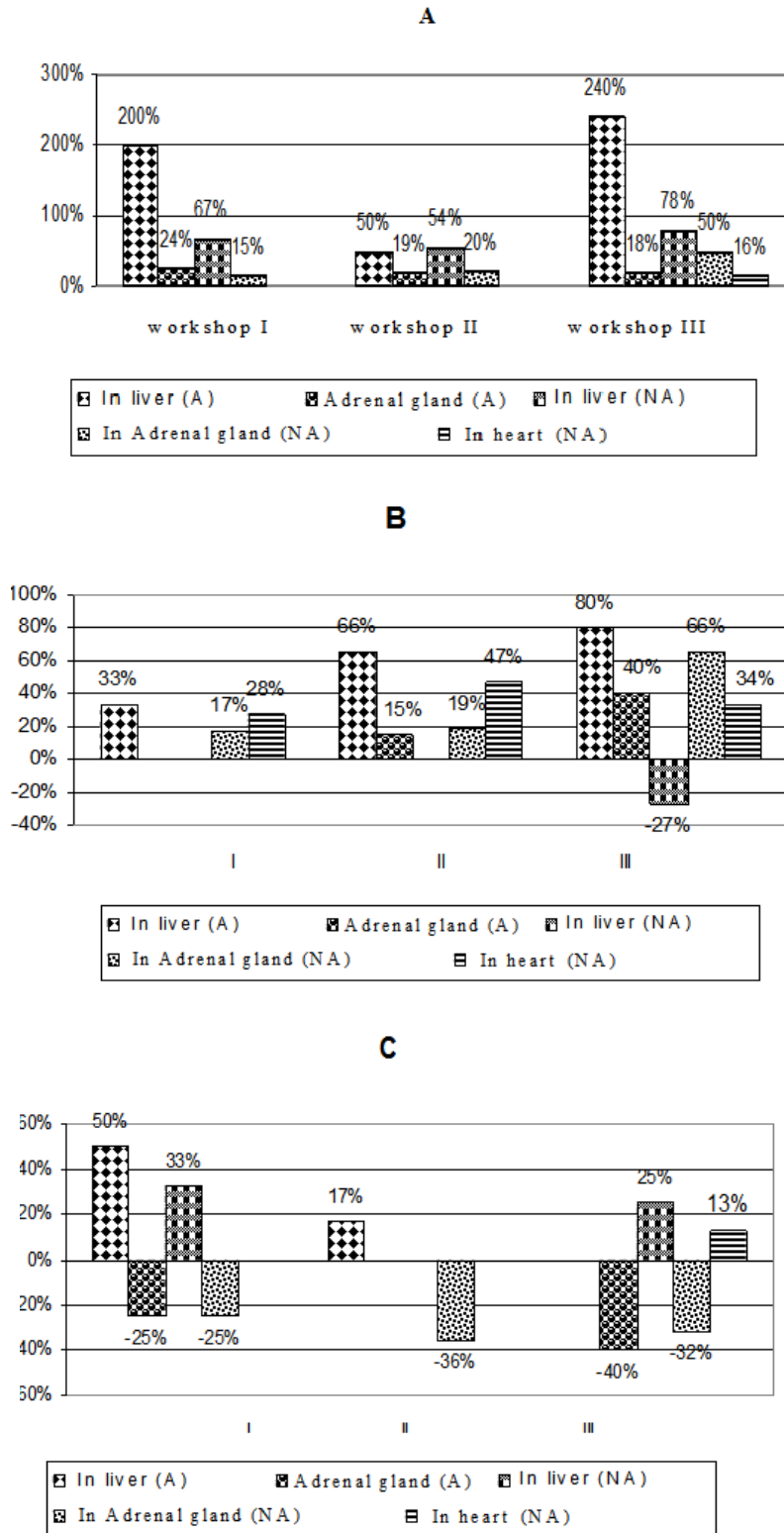
The content of norepinephrine in the heart tissue in animals of shop No. 1 increased by 16% to 0.840±0.05 only after 12 months of the experiment.

In animals that were on the territory of shop No. 2, adrenaline increased in the liver tissue after 2, 4 and 12 weeks by 33, 66 and 80% to 0.08±0.001; 0.100±0.002 and 0.09±0.001, $p<0.001$. The content of adrenaline in the adrenal glands began to increase only after 4 weeks by 15% to 948±56.2, $p<0.05$, and by 12 weeks it reached 1221±30.1 µg/1g of raw tissue, which was 40% higher than the control,

$p<0.05$ <0.001 . The level of norepinephrine in the liver tissue decreased by 27% to 0.41±0.03, $p<0.05$, apparently due to its increased conversion into adrenaline in the metabolic chain. In the adrenal tissue, the content of norepinephrine moderately increased after 2 and 4 weeks by 17 and 19% to 442±8.0 and 466±10 µg/1g of raw tissue, $p<0.001$, and significantly increased by 66% after 12 weeks to 682±12.0, $p<0.001$.

Shop No. 2 is characterized by an increase in norepinephrine in the heart, starting from 2 and 4 weeks to 12 weeks – by 28, 47 and 34% to 0.78±0.08; 0.968±0.04 and 0.996±0.08 µg/1g of raw tissue, $p<0.001$, against control values in the same terms of the experiment – 0.660±0.04; 0.669±0.05 and 0.720±0.06.

In animals that were on the territory of shop No. 3, an increase in adrenaline in the liver tissue was found after 2 weeks – by 50% to 0.06±0.003, $p<0.001$ and after 4 weeks – by 17% to 0.07±0.004, $p<0.05$. The content of adrenaline in the adrenal glands decreased during the period of the experiment of 2 and 12 weeks – by 25%, $p<0.01$ and 40%, $p<0.001$. The content of norepinephrine in the liver increased after 2 and 12 weeks to 33 and 25%, $p<0.01$ and $p<0.05$.



Terms of the experiment: I – 2 weeks, II – 4 weeks, III – 12 weeks.
 A – workshop 1, B – workshop 2, C – workshop 3.

Figure 1 – The content of catecholamines in the internal organs of animals located on the territory of the workshops of Ust-Kamenegorsk “JSC TMP”

In the adrenal glands, a decrease in norepinephrine was found by 25, 36 and 32% to 286 ± 5.0 ; 251 ± 8.0 and 278 ± 6.0 , $p < 0.001$ due to increased release of the mediator into the blood. An increase in norepinephrine by 13% after 12 weeks to 0.810 ± 0.09 , $p < 0.001$, was found in the hearts of the animals of shop No. 3.

Thus, the action of production factors on the territory of JSC "MC TMK" shops causes a restructuring of neurohumoral regulation, which is expressed in changes in catecholamines in organs.

Conclusion

The titanium-magnesium plant in Ust-Kamenogorsk functions as one of the most advanced enterprises in Kazakhstan and as one of the leading enterprises in the CIS countries in terms of the integrated use of raw materials, the degree of extraction of metals, and product quality.

Ust-Kamenogorsk "JSC TMP" includes 3 main workshops:

- workshop 1 – magnesium production;
- workshop 2 – for the production of titanium tetrachloride;
- workshop 3 – for the production of titanium sponge.

Currently, a magnesium-thermal method for producing titanium sponge is used, based on the implementation of the interaction of titanium chloride and magnesium.

Magnesium-thermal, as well as less common sodium-thermal methods of reduction of titanium tetrachloride are used in world practice.

The choice of magnesium or sodium titanium tetrachloride as a reducing agent is determined by technological and economic considerations, the availability of appropriate raw materials and experience in the production of these metals. In particular, in England, where magnesium raw materials are practically absent, but sodium production is developed, the titanium industry is based on the sodium-thermal method of titanium reduction, while in the USA and Japan, the magnesium-thermal method is mainly used. The magnesium-thermal method is also used in the domestic titanium industry.

As a result of experimental studies carried out on the territory of TMP workshops, we found a change in adrenaline in the liver in the 1st workshop after 2 weeks by 200% more than in the control group $p < 0.001$, after 4 weeks the level of adrenaline is 50% higher than the control $p < 0.001$ and the 12-week period of the experiment adrenaline in the liver increased by 240%.

In parallel with the change in adrenaline in the liver tissue, there was an increase in adrenaline in the tissue of the adrenal glands after 2 weeks by 24% compared with the control $p < 0.01$, and after 4 and 12 weeks the level of adrenaline slightly decreased by 19 and 18%, but was higher than the control values $p < 0.01$, < 0.05 and $p < 0.01$.

The content of norepinephrine in the liver of animals that were on the territory of shop No. 1 gradually increased after 2, 4 and 12 weeks by 67, 54 and 78% $p < 0.001$. The content of norepinephrine in the tissue of the adrenal glands increased after 2 weeks by 15%, after 4 weeks by 20% $p < 0.05$ and after 12 months by 50% $p < 0.001$, against the control.

The content of norepinephrine in the heart tissue in animals of shop No. 1 increased by 16% only after 12 months of the experiment.

In animals that were on the territory of workshop No. 2, adrenaline increased in the liver tissue after 2, 4 and 12 weeks by 33, 66 and 80%, $p < 0.001$. The content of adrenaline in the adrenal glands began to increase only after 4 weeks by 15% $p < 0.05$ and by 12 weeks by 40% higher than the control, $p < 0.001$. The level of norepinephrine in the liver tissue decreased by 27%, $p < 0.05$. In the adrenal tissue, the content of norepinephrine moderately increased after 2 and 4 weeks by 17 and 19%, $p < 0.001$, and significantly increased by 66% after 12 weeks, $p < 0.001$.

Workshop No. 2 is characterized by an increase in norepinephrine in the heart, starting from 2 and 4 weeks to 12 weeks – by 28, 47 and 34%, $p < 0.001$, against control values at the same time of the experiment.

In animals that were on the territory of shop No. 3, an increase in adrenaline in the liver tissue was found after 2 weeks – by 50%, $p < 0.001$ and after 4 weeks – by 17%, $p < 0.05$. The content of adrenaline in the adrenal glands decreased during the period of the experiment of 2 and 12 weeks – by 25%, $p < 0.01$ and 40%, $p < 0.001$. The content of norepinephrine in the liver increased after 2 and 12 weeks to 33 and 25%, $p < 0.01$ and $p < 0.05$.

In the adrenal glands, a decrease in norepinephrine by 25, 36 and 32% was found, $p < 0.001$. An increase in norepinephrine by 13% after 12 weeks was found in the hearts of animals from shop No. 3, $p < 0.001$.

Thus, we have identified significant changes in the level of catecholamines in the organs of experimental animals when exposed to a complex of chemicals such as titanium dioxide aerosol, metallic titanium dust, titanium tetrachloride and its hydrolysis products, as well as chlorine and phosgene. The revealed changes can cause changes in the function of molecular and supramolecular systems, causing maladjustment and presonic manifestations.

References

1. Abdikulov A.A., Grebeneva O.V. Sovershennoe sostoyanie problemy profilaktiki zabolevanij i nekotorye puti ih resheniya //Gigiena truda i profzabolevaniya v sovremennyh usloviyah. – 1998. – № 4. – S.73-87. [in Russian].
2. Artamonova V.G. Aktual'nye problemy promyshlennoj ekologii i profilaktiki professional'nyh zabolevanij //Vestnik RAMN. – 1998. – № 1. – S.38-42. [in Russian].
3. Baevskij R.M., Berseneva A.P. Donozologicheskaya diagnostika v ocenke sostoyaniya zdorov'ya //Valeologiya: Diagnostika, sredstva i praktika obespecheniya zdorov'ya. – SPb, 1993. – S.33-48. [in Russian].
4. Amanbekova A.U. Izmenenie kallikrein-kininovej sistemy pri razvitii legochnogo serdca u bol'nyh hronicheskimi pylevym bronhitom //Astana medicinalyk zhurnaly. – 2003. – № 2. – S.43-46. [in Russian].
5. Zaguskij S.L. Gomeostaz na razlichnyh urovnayah organizacii biosistem. – Novosibirsk, 1991. – S.51-57. [in Russian].
6. Suhareva L.I., Shubochkina E.I., Molchanova S.S., Kulikova A.V. Gigienicheskie problemy formirovaniya zdorovogo trudovogo potenciala v sovremennyh usloviyah //Vestnik RAMN. – 2003. – № 8. – S.23-27. [in Russian].
7. Pavlovskaya N.A., Danilova N.I., Rushkevich O.P. Znachimost' biohimicheskikh i immunologicheskikh pokazatelej pri differencial'noj diagnostike pylevyh zabolevanij organov dyhaniya //Gigiena i sanitariya. – 1990. – № 5. – 28 s. [in Russian].
8. Shakin B.B. Biosistemy v eksperimental'nyh usloviyah //Obschaya biologiya. – 1991. – № 6. – S.784-792. [in Russian].
9. Belyaev E.N., Domnin S.G., Stepanova S.A. Ohrana zdorov'ya rabotayushchego naseleniya v sovremennyh usloviyah //Medicina truda i promyshlennaya ekologiya. – 2002. – № 6. – S.1-5. [in Russian].
10. Kulkybaev G.A. K ocenke adaptacionnogo potenciala organizma rabotayushchih na sovremennom etape: materialy V s'ezda fiziologov Kazahstana «Fiziologiya, adaptaciya, stress». – Karaganda, 2003. – S.9-13. [in Russian].
11. Medvedev V.I., Mirolyubov A.V. Problema upravleniya funkcional'nym sostoyaniem cheloveka //Fiziologiya cheloveka. – 1990. – T. 10. – № 5. – 761 s. [in Russian].
12. Il'yasova B.I. Pokazateli neyro-gumoral'noj regulyacii i metabolizma legkih u lic, prozhivayushchih v promyshlennom regione //Tez. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Fizologicheskie osnovy zdorovogo obraza zhizni». – Almaty, 2005. – S.41-42. [in Russian].
13. Konkabaeva A.E., Dzhangozina D.M. Formirovanie adaptacii pri vozdejstvii neblagopriyatnyh ekologicheskikh faktorov v sochetanii s fizicheskoj nagruzkoy na organizm eksperimental'nyh zhivotnyh //Allergologiya i immunologiya. – 2006. – T.7. – № 1. – 164 s. [in Russian].
14. Luchaninova V.N. Mediko-biologicheskie problemy adaptacii i profilaktiki //Problemy pervichnoj profilaktiki i vosstanovitel'nogo lecheniya. – Novosibirsk, 1994. – Ch.1. – S.47-55. [in Russian].
15. Kurmangaliev D.S., Kurlyanskij B.A., Tatkeev T.A. Osobennosti nekotoryh fiziologo-biohimicheskikh izmenenij pri adaptacii k napryazhennosti myshechnoj deyatel'nosti //Aktual'nye voprosy professional'noj patologii: Sb. st. – Karaganda, 2005. – Vyp. II. – S.135-139. [in Russian].
16. Majmulov V.G., Manujlov V.A., Baskovich G.A., Dadali V.A. Metodicheskie aspekty biohimicheskikh issledovanij adaptacionnogo statusa organizma //Gigiena i sanitariya. – 1993. – № 10. – S.61-63. [in Russian].
17. Mamalyga L.M., Mamalyga M.M. Rol' biogenykh v proyavlenii strukturno-metabolicheskikh sdvigov v CNS pri stresse, adaptacii i funkcional'nyh narusheniyah. – M: Prometej, 2004. – 362 s. [in Russian].
18. Matyuhin V.V., Tarasova L.A., Shardanova E.F., Elizarova V.V. i dr. Veroyatnost' narusheniya zdorov'ya rabotayushchih ot vozdejstviya neblagopriyatnyh faktorov trudovogo processa //Medicina truda i promyshlennaya ekologiya. – 2001. – № 6. – S.1-7. [in Russian].
19. Penknovich A.A., Litovskaya A.V., Penknovich Ark. A., Vladyko N.V. Bronholegochnaya patologiya u rabotnikov, podvergayushchihsva vozdejstviyu razdrzhayushchih gazov //Medicina truda i promyshlennaya ekologiya. – 2001. – № 9. – S.33-36. [in Russian].
20. Rahmanin Yu.A., Litvinov N.N. Nauchnye osnovy diagnostiki donozologicheskikh narushenij gomeostaza pri hronicheskikh himicheskikh nagruzkah //Gigiena i sanitariya. – 2004. – № 6. – S.48-50. [in Russian].
21. Bol'shakova T.D. Aktivnost' simpato-adrenalovoj sistemy kak faktor riska razvitiya adaptacii //Klin. labor. diagnostika. – 1977. – № 5. – S.31-41. [in Russian].
22. Monaenkova A.M. i soavtory Osnovnye dostizheniya v diagnostike, voprosah patogeneza i kliniki zabolevanij organov dyhaniya pylevoj etiologii //Gigiena truda i prof. zabolevanij. – 1991. – №4. – S.1-3. [in Russian].
23. Sultanbekov Z.K. Vliyanie faktorov uslovij truda na sostoyanie fiziologicheskikh funkcii organizma rabochih osnovnyh professij TMP //Aktual'nye voprosy professional'noj patologii v Kazahstane: Sb. st. – Karaganda, 2003. – S.365-368. [in Russian].
24. Kazimov M.A., Roshchin A.V. Osnovnye zakonomernosti kombinirovannogo dejstviya metallov i ih znachenie v gigiene //Gigiena truda i prof. zabolevaniya. – 1992. – № 1. – S.3-7. [in Russian].









3-бөлім
**БИОЛОГИЯЛЫҚ
АЛУАНТҮРЛІЛІКТІ САҚТАУДЫҢ
ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Section 3
**ACTUAL PROBLEMS
OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

Раздел 3
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОХРАНЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

IRSTI 57.084; 34.33.33; 34.35.15; 34.35.33

<https://doi.org/10.26577/EJE.2023.v77.i4.08>

S.M. Shalgimbayeva¹ , E.S. Seitkozhanova¹ , Dh. Makhmetova¹ ,
D.S. Akipova¹ , G.B. Jumakhanova^{1*} , Z.S. Omarova¹ ,
A.N. Alibay¹ , M.J. Pazyzbekov² 

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty² «Halyk Balyk» pond farm., Kazakhstan, Almaty region

*e-mail: gkaznu@gmail.com

ICHTHYOTROPHOLOGICAL AND ICHTHYOPATHOLOGICAL ANALYSIS OF BESTER (ACIPENCER NIKOLJUKINII)

The paper presents the results of ichthyotrophological and ichthyopathological studies of the bester-hybrid, which is of a significant importance among sturgeon fish. The purpose of the research work is to study the food spectrum of bester, bred in the pond and to study the external environment influence on the fish.

Sturgeon is a promising form of modern aquaculture. In addition, sturgeon fish currently undergo mass extinction and their population decline sharply every year, so the interest in their commercial breeding has increased. In 2001, four countries of the Caspian Sea – Kazakhstan, Turkmenistan, Azerbaijan, and Russia (except Iran) imposed a temporary ban on catching sturgeon. This ban was imposed by the UN requirement within the framework of CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). The problem was solved by the breeding of besters which are hybrid species produced from mating male sterlet and female huso. To carry out research bester hybrid fish was delivered from the Halyk Balyk pond farm in 2021. The absolute length of the studied 15 fish ranged from 12.7 to 30.1 cm, and their maximum weight ranged from 11.38 to 110.4 g. Ichthyological, ichthyotrophological and ichthyopathological analysis was carried out during the study. Standard numerical-weight and special histological methods were used for the study. Ichthyotrophological studies revealed that the fullness index was higher than 30.75%00. The studies showed a high level of nutrients in the reservoir and the absence of negative external environment influence on fish.

Key words: bester, ichthyotrophology, ichthyopathology, sturgeons, the Caspian Sea.

С.М. Шалгимбаева¹, Е.С. Сейтқожанова¹, Ж. Махметова¹,
Д.С. Акипова¹, Г.Б. Джумаханова¹, Ж.С. Омарова¹,
А.Н. Алибай¹, М.Ж. Пазылбеков²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.² «Halyk Balyk» ЖШС, Қазақстан, Алматы обл.

*e-mail: gkaznu@gmail.com

Бестер балығына (Acipenser Nikoljukinii) ихтиотрофологиялық және ихтиопатологиялық анализ

Мақалада бекіре тұқымдас балықтар арасында өте маңызды орын алатын гибрид- бестер балығының ихтиотрофологиялық және ихтиопатологиялық зерттеулерінің нәтижелері көрсетілген. Зерттеу жұмысының мақсаты – тоғанда өсірілген бестер балығының қоректену спектрін зерттеу және сыртқы ортаның балыққа тигізген әсерін зерттеу.

Бекіре тұқымдас балықтар қазіргі заманда аквамәдениеттің маңызы зор, бағалы өкілі болып есептеледі. Оған қоса, қазіргі уақытта бекіре тұқымдас балықтардың жаппай қырылуы және олардың санының жыл өткен сайын азаюы нәтижесінде, оларды тауарлық өсіруге деген қызығушылық өсуде. 2001 жылы Каспий теңізінің шекаралас төрт мемлекеті – Қазақстан, Түрікменстан, Әзербайжан және Ресей (Ираннан басқа) бекіре тұқымдас балықтарды аулауға уақытша тыйым салған болатын. Ол БҰҰ тарапынан CITES (қауіп төніп тұрған түрлермен халықаралық сауда жөніндегі конвенция) бойынша енгізілді. Бұл мәселенің шешімі бестерді өсіру болды, бестер аталық сүйрік пен аналық қортпаның шағылысуынан алынған гибрид түр болып саналады. Зерттеу жұмыстарына бестер балықтары 2021 жылы Halyk Balyk тоған шаруашылығынан жеткізілді. Зерттелген 15 дана балықтың абсолютты ұзындығы 12.7 см-ден

30.1 см арасында болса, үлкен салмағы 11.38 г-нан 110.4 г аралығындағы нәтиже көрсетті. Зерттеу барысында ихтиологиялық, ихтиотрофологиялық және ихтиопатологиялық анализ жүргізілді. Зерттеу жүргізуге стандартты сандық-салмақтық және арнайы гистологиялық әдістер қолданылды. Ихтиотрофологиялық зерттеулер бойынша толысу индексі 30,75%00 жоғары шамасын көрсетті. Зерттеу нәтижесінде суқойманың қоректік қорының жоғары деңгейлігі және сыртқы ортадан балыққа теріс әсер болмағаны анықталды.

Түйін сөздер: бестер балығы, ихтиотрофология, бекіре тұқымдастар, ихтиопатология, Каспий теңізі.

С.М. Шалгимбаева¹, Е.С. Сейтқожанова¹, Дж. Махметова¹,
Д.С. Акипова¹, Г.Б. Джумаханова^{1*}, Ж.С. Омарова¹,
А.Н. Алибай¹, М.Ж. Пазылбеков²

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

²ТОО Halyk Balyk, Казахстан, Алматинская обл.

*e-mail: gkaznu@gmail.com

Ихтиотрофологический и ихтиопатологический анализ бестера (*Acipenser Nikoljukinii*)

В статье приведены результаты ихтиотрофологических и ихтиопатологических исследований бестера-гибрида, что имеет большое значение среди осетровых рыб. Целью научно-исследовательской работы является изучение спектра питания разводимой в пруду бестера и изучения влияния внешней среды на рыбу.

Осетровые – перспективная форма современной аквакультуры. Кроме того, в настоящее время осетровые рыбы подвержены массовому вымиранию и их численность с каждым годом резко сокращается, поэтому резко возрос интерес к их коммерческому разведению. В 2001 году четыре страны Каспийского моря – Казахстан, Туркменистан, Азербайджан, и Россия (кроме Ирана) ввели временный запрет на вылов осетровых. Он был введен под давлением ООН в рамках CITES (Конвенция о международной торговле видами, находящимися под угрозой исчезновения). Решением этой проблемы стало разведение бестеров, которые считаются гибридными видами, полученными от спаривания самцов стерляди и самок белуги. Абсолютная длина исследованных 15 рыб составляла от 12.7 до 30.1 см, а максимальная масса – от 11.38 до 110.4 г. В ходе исследования проведен ихтиологический, ихтиотрофологический и ихтиопатологический анализ. Для исследования использовали стандартные числово-весовые и специальные гистологические методы. В результате исследований установлено, что водоем отличается высоким уровнем питательных веществ и отсутствие негативного воздействия на рыб внешней среды.

Ключевые слова: бестер, ихтиопатология, ихтиотрофология, Каспийское море, осетровые.

Introduction

Recently, biological diversity conservation in the Caspian Sea has become a big problem. Due to the endless fishing bioresources in the Caspian Sea, the number of valuable fish- sturgeon is sharply decreasing. According to the scientific data, over the past 10 years, the number of catching the sturgeon in the Ural-Caspian basin has decreased by 10 times. If in 1995-1996 the catching of the fish was 15-16 thousand tons, then in recent years this number has risen to 150-214 tons [1].

Sturgeons (*Acipenseriformes*) are relict fauna representatives, they appeared in the Lower Jurassic Period, 200 million years ago and survived various natural disasters of our planet. They are currently on the verge of extinction, some species have become extinct in several countries, where the measures to preserve these species were not taken [2,3]. The high marketable value of sturgeon is the main reason for

their illegal catch that leads to a sharp decrease in their population [4,5].

The breeding of sturgeon started in the XIX century, when Russian scientists first began artificial breeding. Currently, the aquaculture of sturgeon is under industrial development which contributes to the preservation of endangered species. In the commercial breeding of sturgeon's interspecific hybrids are of a great significance. However, among interspecific hybrids bester plays the much more important role in the commercial breeding than any other species of this category of fish. There were many hybridizations between the Russian sturgeon, the sterlet, the beluga and the stellate sturgeon. The *Huso Huso* (beluga) was interbreed with the *Acipenser ruthenus* (sterlet), and the good result was not obtained due to the taxonomic distance and the huge differences between these species. However, as subsequent studies revealed, this hybrid gained an incredible successful and was widely used and,

by the suggestion of the authors, it received the name “Bester” – consisting of the initial syllables of the parent species name: beluga and sterlet [6,7,8].

Bester has 5 rows of bony plates (scutes): 1 dorsal, 2 lateral and 2 ventrals. Lateral spines are 51-52. They have a flattened rostrum. There are two pairs of slightly flattened barbels. Bester has the characteristics of two fish. They are the beluga’s rapid growth and the early maturation of the sterlet. It can reach up to 1.8 m long and weigh up to 30 kg. In aquaculture, due to the breeding in cages and pools the first-generation hybrids reached the mass of 1 kg or more in the second year [9,10].

Bester are trophologically carnivorous, they eat molluscs, small crustaceans, worms, and insects [11]. For ichthyotrophological research, the standard quantitative-weight method was employed. According to this method: the fish is cut from the abdominal section to the pharynx using scissors and a scalpel, the digestive system is removed, the digestive system is divided into 3 parts, the intestine is cut crosswise, and a nutrient node is made. After obtaining the nutrient node, the content is dried, weighed and systematically identified using a microscope.

Ichthyopathological studies were carried out using histological methods. The parts taken from the gills, muscles, liver gland and intestines of the fish are treated according to a histological method and paraffin incisions are made through a Microtome. The ichthyopathological changes in fish are observed using a microscope.

The relevance of the study is supported by the fact that sturgeon family representatives have been on the verge the extinction in recent years and many species were included in the Red Book. To preserve sturgeon, various hybrids were produced, including highly adaptable, high-quality bester. Bester matures and grows rapidly. So, this fish was chosen as the main object of our research because of its high commercial value.

The aim of the study is to determine the nutritional spectrum of the bester bred in the pond and to identify the pond conditions by bester histological studies in the presence of ichthyopathological changes.

Materials and methods

In the fall of 2021, for the fish nutrition and histological studies the samples were taken from Halyk Balyk pond farm during the fall estimation period. 15 selected samples of the fish were placed in 10% formalin and were delivered to the laboratory of Biodiversity and Bioresources of the Department

of the Biology and Biotechnology faculty in Al-Farabi KazNU (Figure 1).



Figure 1 – 15 bester samples taken for research

Ichthyological, ichthyotrophological and ichthyopathological studies of 15 bester fish taken for study were carried out. Ichthyological studies were carried out according to the Pravdin method. Ichthyological studies included the determination of large and small length, large and small weight of 15 bester samples, and their fatness according to Fulton and Clark formula. A caliper was employed to measure the research object length, and a MW-Micro Digital Computing Scale (Korea) was used to measure the weight. The following formulas were applied to calculate the fatness of samples [12,13]:

$$Fu = Q * 100 / l^3$$

$$Cl = q * 100 / l^3$$

Ichthyotrophological studies were carried out according to the standard quantitative – weight method and processing was carried out by the quantitative method. The ichthyotrophological study consists of steps. They are the isolation of the intestine, the extraction of the nutrient node, the drying, measurement, and the identification of nutrient organisms. During the study the fish was cut from the abdominal part to the pharynx with scissors and a scalpel, the digestive system was removed. The intestine was divided into 3 parts: the front, middle and back, respectively. A nutrient

node was taken from the intestinal sections and was dried. The EP613C (Switzerland) torzion scale was employed to measure the nutritional node. Binocular magnifying glass (MBS-9 stereomicroscope (SCOPICA, Russian)) and microscope (MicroOptix light microscope (MicroOptx, Inc., Austria)) were used to identify organisms from the nutrient node. The relative values of nutrient organisms in the nutrition spectrum were estimated by the repetition frequency and the proportion of the individual components in the total composition of nutrient particles (in % of mass). During the studies fullness index of intestine (%) was calculated [14,15, 16,17].

According to ichthyopathological studies, a histological investigation was carried out to determine the physiological state of the fish. To carry out this investigation organs and special histological methods were employed. The taken organs parts were prepared for dehydration by placing the cut in cassettes. The dehydration process was carried out in the battery of butyl and ethyl alcohol of different concentration. It started at 70° of alcohol and was brought to 98°. The materials obtained from each solution were dried on filter paper, the exposure time to alcohol of different concentration was 35

minutes. After the immersion of the material into butanol-II solution, it was placed in melted paraffin. Then the material was put in the thermostat, at 56 °C, for a day and the tissue absorbed paraffin. When the tissue absorbed paraffin paraffin block was made. The material was solidified in paraffin, the microtome device (“MEP – 01 TECHNOM”) was employed and paraffin sections 5 micrometers thick were prepared. The preparation was passed through xylene solutions and alcohol concentrations. It was dried and placed in hemotoxylin and eosin paints [18,19, 20]. The coloured samples were examined using an optical microscope (Motic BA-400 microscope (Motic Asia, Hong Kong, China)). Statistical data processing was carried out using standard methods, and statistical indicators were processed in Microsoft Excel.

Results and discussion

Standard length and large and small weight were measured using ichthyological analysis. The total length value of fish samples was calculated to be from 12 cm to 30.1 cm, the average length was 19.1 cm, and the weight value ranged from 13.87 g to 119.4 g, the average weight was 43.6 g (Table 1).

Table 1 – Length and weight values of the studied better samples

№	Q, g	q, g	L, cm	l, cm
1	13.87	7.85	12.7	9.1
2	20.09	11.22	14.7	11
3	11.38	5.44	12	9.3
4	12.13	9.81	13.1	10.1
5	18.12	12.85	17.5	14.3
6	15.03	13.97	13.8	10.5
7	21.35	17.58	18.5	14.3
8	16.93	13.11	15.6	11.5
9	40.82	20.41	18.6	14
10	26.79	21.67	20.8	16.4
11	68.53	55.77	24	19.1
12	71.42	41.6	24.2	22.5
13	85.53	70.86	26.3	21
14	113.07	106.13	25	25.5
15	119.4	114.32	30.1	9.5

The table above demonstrates the values of the total (L), standard (l) length and large (Q), small (q) weight of the studied 15 bester samples. The table shows that the correspondence of the length and the weight of the fish samples is a good indicator.

According to the Fulton and Clark formula the fish fatness was calculated, the interval of Fulton values was from 0.3 to 0.68, and the Clark interval was from 0.24 to 0.68 (Table 2).

According to Fulton and Clark results, the bester fish fatness was at a relatively good level, the samples with a low indicator have a small amount of nutritional node or empty intestine.

During ichthyotrophological studies, the fullness index of 15 bester samples was calculated. The overall fullness index was 461.3%00 and the average one was 30.75%00 (Figure 2).

Table 2 – Fatness results of the studied fish samples by Fulton and Clark

№	Fulton	Clark
1	0.68	0.38
2	0.63	0.35
3	0.66	0.31
4	0.54	0.44
5	0.34	0.24
6	0.57	0.53
7	0.34	0.28
8	0.45	0.35
9	0.63	0.32
10	0.3	0.24
11	0.5	0.4
12	0.5	0.29
13	0.47	0.39
14	0.72	0.68
15	0.44	0.42
Medium	0.52	0.37

According to the fullness index, a very low indicator of samples № 3, 9, 10, 11 can be observed in the chart. These were the fish that had a small amount of nutrient node the came out of their intestines and a large number of fully digested food.

The study of the nutrition features of the obtained bester samples allowed determination of the pond nutritional base in the farm. The division of the intestine into 3 parts (front, middle and back) (Figure 3) was made using the methods employed in these studies.

The figures above illustrate the bester sample organs and the intestinal sections obtained by

ichthyotrophological study and the nutrient node from each intestinal section.

According to the results of ichthyotrophological studies, mainly shrimp and undetectable digested food were found in the digestive tract of the studied samples (Figure 4-5).

Figures 4 and 5 present the main components which were found in the nutrient nodes of the bester fish samples, i.e., the main food of the bester was shrimps.

The repetition frequency of the fragments and the number of the fragments were determined using Microsoft Excel (Table 4) (figure 6-7).

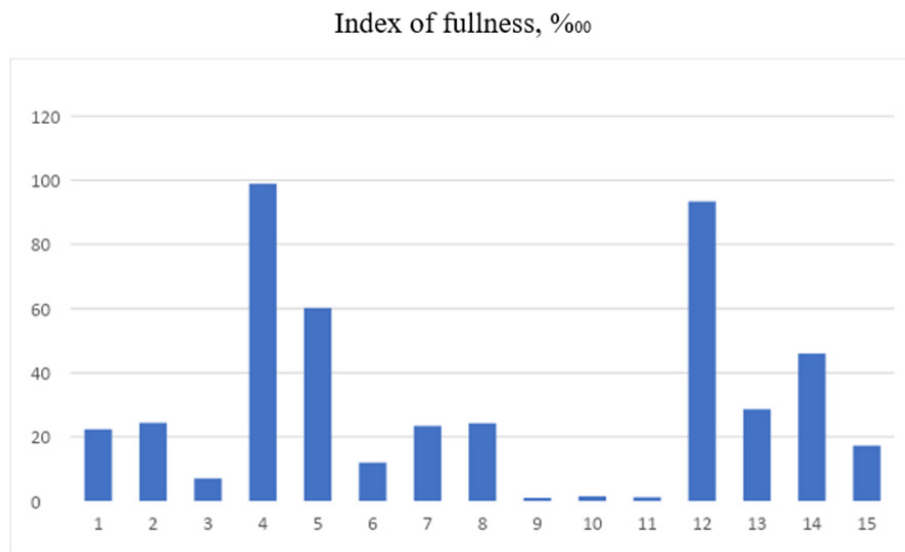
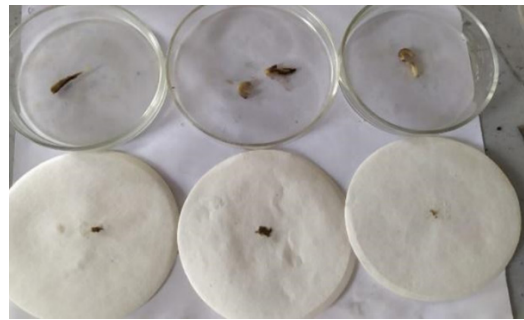


Figure 2 – Fullness index of the studied bester



A



B

Figure 3 – Internal organs of sample, B-the digestive tract composition



A



B

Figure 4 – A, B- shrimp pieces from the intestines of bester

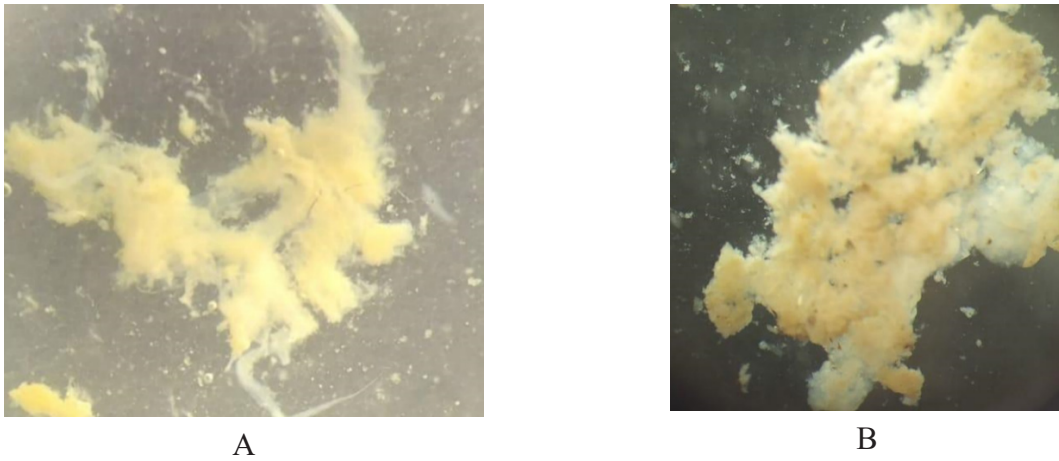


Figure 5 – A, B – digested, undetectable food from the intestine of samples

Table 3 – The repetition frequency and the number of components in the digestive tract of the bester

Components	The number of components,%	The repetition frequency, %
shrimp	87.8	70
gammarus	7.31	10
mollusca	2.43	10
plants' seeds	2.43	10

The repetition frequency , %

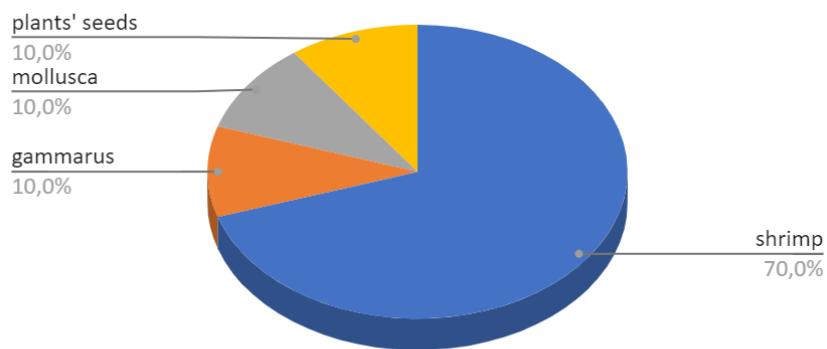


Figure 6 – The repetition frequency of components in the digestive tract of the bester

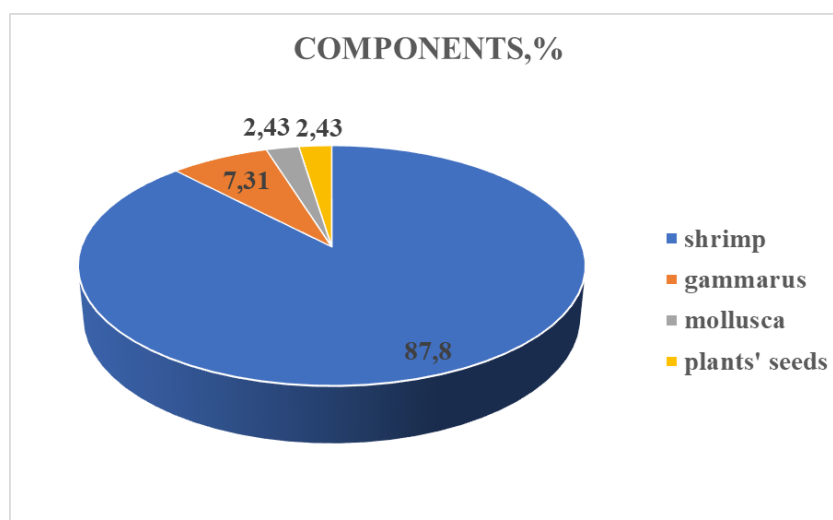


Figure 7 – The number of the components in bester digestive tract

The diagrams above show the results of ichthyotrophological studies of 15 studied bester fish samples. The diagrams indicate that the main food of bester fish bred in the pond of the fish farm is shrimp. Gammarus and mollusc were identified as additional components, while plant grains were random components.

The structure of the fish gills studied by histological methods wasn't damaged, in general, the primary and secondary lamellas retain their normal structure. Bester gill's structure obtained in the study showed that, as in all fish, cartilaginous filaments are in the lamellas center of the 1st order and the 2nd order lamellas are horizontally attached to it (Figure 8).

Some fish were observed to have hyperplasia of the primary and secondary lamellas (Figure 9).

According to a histological study, the skeletal muscle structure was shown to be normal. No pathological changes were found in histological samples of fish muscles. The muscles horizontal

lines are well visible, as well as the sarcolemma is intact, the nuclei are located on the periphery (Figure 10).

When histological liver tests of fish samples were conducted, no pathologies were observed. Blood capillaries and stem cells looked good. Hepatocyte cells are intact. The liver capillaries are sufficiently filled with red blood cells. Hepatocyte cells and sinusoids looked good. The sinusoids can be observed to be filled with red blood cells (Figure 11).

Including the gills, liver, and muscles, we the digestive tract histological preparation of the studied bester were seen. Figure 11 shows clearly that intestines were full. The fragments of arthropods were found (Figure 12).

The front section of histological preparation of the digestive system of bester sample was examined. No dangerous pathologies were found here either. The walls are straight and intact. The figure demonstrates the normal state (Figure 12).

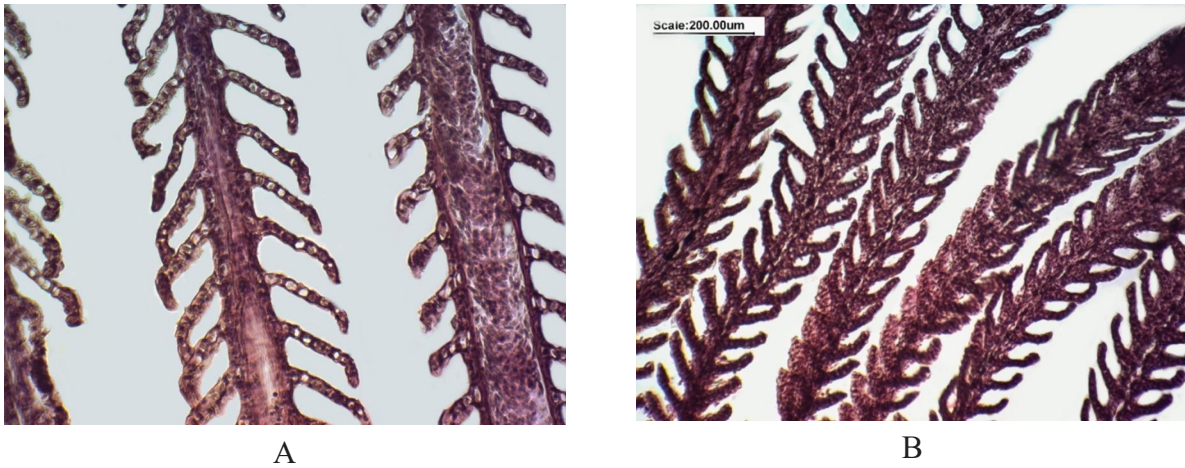


Figure 8 – The images of histological section of bester gills coloured by hematoxylin- eosin
A – 20x magnified, B – 10x magnified

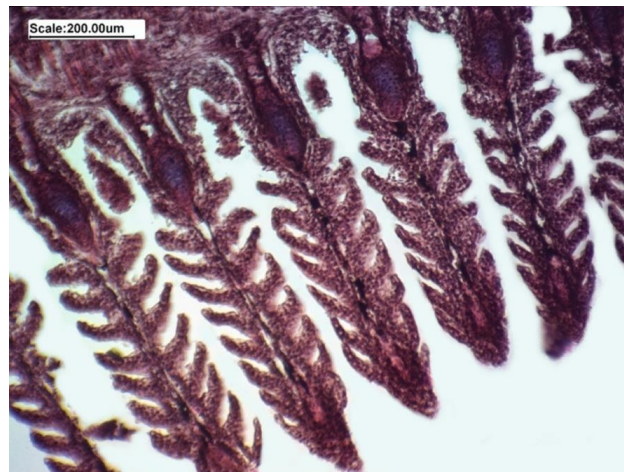


Figure 9 – The images of histological section of bester gills coloured by hematoxylin – eosin, 10x magnified

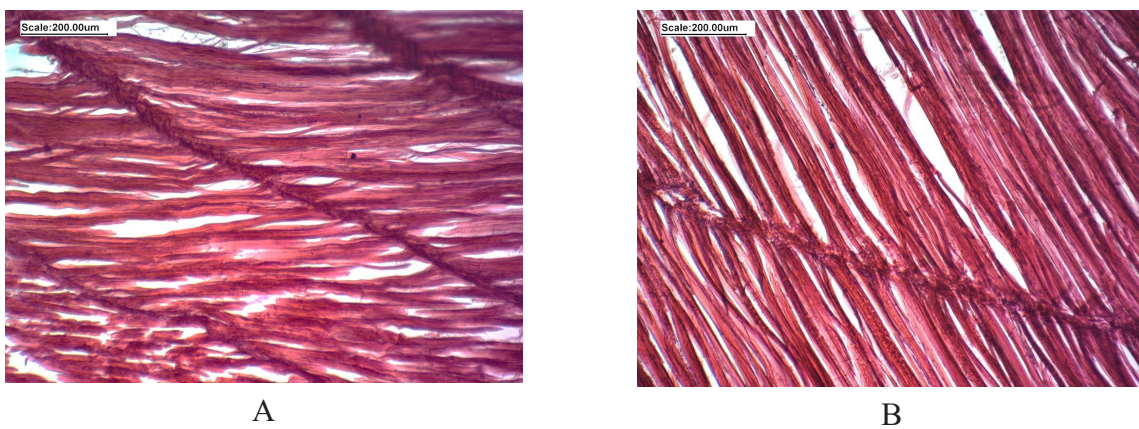


Figure 10 – The images of histological section of bester muscles coloured by Hematoxylin- eosin A- 20x magnified, B- 10x magnified

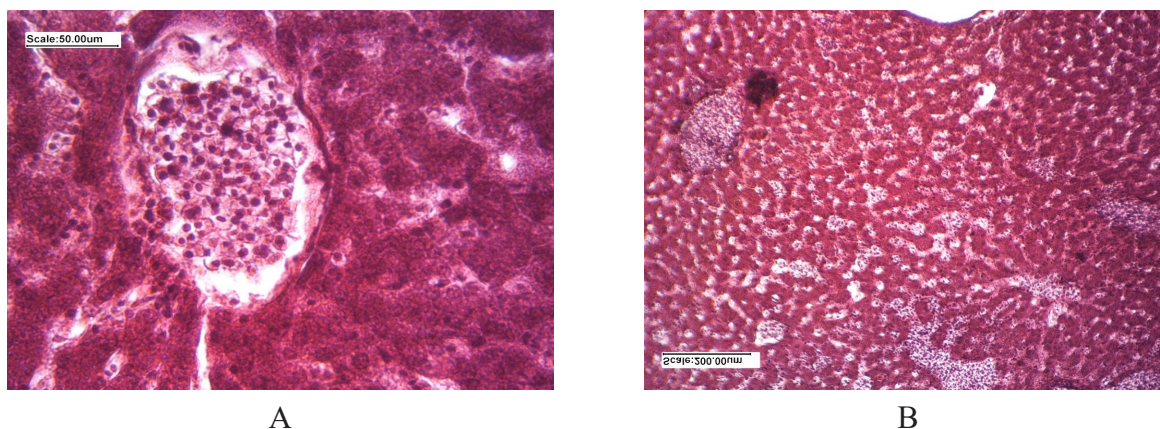


Figure 11 – The Images of histological section of bester liver coloured by hematoxylin- eosin
A- 40x magnified, B- 10x magnified

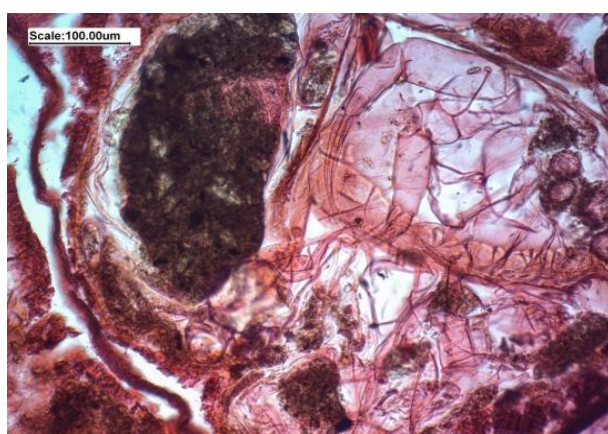


Figure 12 – The images of histological section of bester intestine coloured by hematoxylin- eosin, 20x magnified

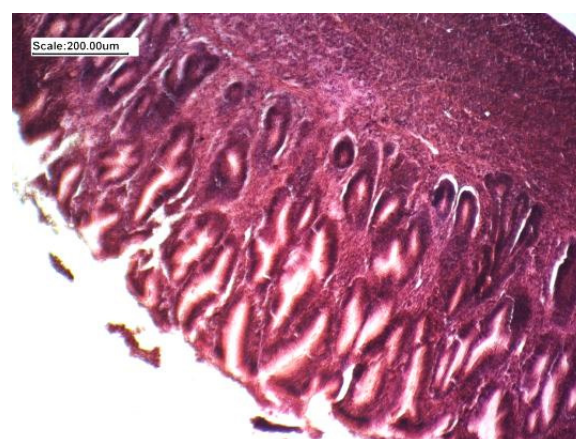


Figure 13 – The images of histological section of bester intestine coloured by hematoxylin- eosin, 10x magnified

Ichthyopathological studies did not reveal any pathology in bester samples bred in pond conditions. Protozoa infestation and swellings have been observed in the fish gills. The structure of the liver, intestines, muscles wasn't damaged and was in a normal condition.

Conclusion

The results of an ichthyotrophological study of bester (*Acipenser nikhilii*) bred in the fish farm "Halyk balyk" were obtained. The results showed that:

The quantitative analysis of nutrition showed that the repetition frequency was: 100% shrimp, 10% gammarus, 20% plant grains, 10% molluscs.

According to the qualitative analysis of nutrition: shrimp was 87.80%, Gammarus was 7.31%, plant grains were 2.43%, mollusks were 2.43%.

The results of bester histological studies showed the following:

The changes found in the gills were normal in most of them, hyperplasia was observed to occur because of the protozoa invasion in the gill lamellae and swelling of the secondary gill lamellae.

The structure of the liver gland was intact, and it was in a normal state, hepatocyte cells were in a columnar form.

The structure of the muscles was in a normal state and did not undergo changes.

The ichthyotrophological studies showed the sufficiency of the food supplies for bester samples

bred in pond conditions and the good conditions of the pond nutritional base. According to ichthyopathological studies, no abnormalities were identified in the fish, and the conditions for fish breeding in the pond were discovered to be good.

Currently, the bester, which is of a major importance, is a valuable object for ichthyological research. The study of bester, the study of fish bred in the pond conditions promotes the preservation and breeding of sturgeon fish.

References

1. Fedorov E.V., Badryzlova N.S. (2008) Adaptation and improvement of biotechnics of sturgeon breeding in different fish breeding zones of Kazakhstan [Adaptatsia i sovershenstvovanie biotekhniki osetrovodstva v raznyh rybovodnyh zonah Kazahstana]. Almaty, 97 p. ISBN 978-601-7344-09-2
2. Makarov E. V., Zhiteneva L.D., Abrosimova N.A. (2000) Living fossils are close to extinction. A scientific essay about sturgeon [Jivye iskopaemye blizki k vymiraniy. Naychnyy ocherk ob osetrovyyh]. Rostov, 144 p.
3. Hernando, J. A., Domezain, A., Zabala, C., Cabrera, R., Domezain, J. & Soriguer, M. C. (2009) "The Regression of Sturgeons in Southern Europe". In: *Biology, Conservation and Sustainable Development of Sturgeons*. Springer Netherlands, 3-23.
4. Zonn I.S. (2005) Black pearl of the Caspian Sea (almost everything about black caviar) [Chernyy jemchyg Kaspia (pochti vse o chernoj ikre)]. Informpoligraph, 215 p.
5. Safron I. (2006) Caviar. The bright past and the dark future of the great delicacy [Ikra. Svetloe proshloe i temnoe bydyshee velikogo delikatesa]. Kolibri, 356 p. ISBN · 5-98720-030-X
6. Burtsev I.A., Krylova V.D., Nikolaev A.I., Safronov S.A., Filippova O.P. (2008) Breeds and domesticated forms of sturgeon fish (Acipenseridae) [Porody i odomashnennye formy osetrovyyh ryb (Acipenseridae)] Moscow; Stolichnaya tipografia, 152 p. ISBN: 978-5-9974-0028-6
7. Gadzhimusaev N.M. (2017) Biological features of the formation of the repair-brood herd of bester in the conditions of Dagestan: Abstract. dis. cand. biol. sciences [Biologicheskie osobennosti formirovaniya remontno-matochnogo stada bestera v yslaviakh Dagestana: Avtoref. dis. kand. biol. nayk] Astrakhan, 24 p.
8. Kirichenko O.I. (2014) Cage cultivation of bester in the conditions of the third fish breeding zone [Sadkovoe vyrashivanie bestera v yslaviakh tretej rybovodnoy zony]. Rybovodstvo i rybnoe hozaystvo №6. 17-24 p.
9. Ruban G.I. (2020) Exogenous nutrition of sturgeon fish (Acipenseridae) in the early stages of development [Ekzogennoe pitaniye osetrovyyh ryb (Acipenseridae) na rannih stadiyah razvitiya] *Biologia vnýtrennih vod* № 5, 487–494 p.
10. Khodorevskaya R. P., Ruban G. I., Pavlov D. S. (2007) Behavior, migrations, distribution, and stocks of sturgeon of the Volga-Caspian basin [Povedenie, migratsiya, raspredeleniye i zapasy osetrovyyh ryb Volgo-Kaspyskogo basaina] Comrade Scientific publishing House of the CMC, 242 p. ISBN: 978-5-87317-396-9
11. Vasilyeva L.M., Sudakova N.V., Astafyeva S.S., Anokhina A.Z., Gutsulyak S.A. (2018) Features of cultivation Bester in ponds in polyculture with herbivorous fish [Osobennosti vyrashivaniya bestera v prydakh v poliklytýre s rastitelnoiadnymi rybami]. *Belarus Fish Industry Problems* №34. 156-166 p.
12. Mitrofanov V.P., Dukravets G.M., Melnikov V.A., Baimbetov A.A. (1988) Fish of Kazakhstan 3-vol. Almaty: «Nauka», pp. 93-105. ISBN: 978-5-458-47520-4
13. Pravdin I.F. (1966) Guide to the study of fish [Rukovodstvo po izucheniyu ryb]. – Moscow: Pischevaya promyshlennost, 376 p.
14. Pavlovsky E.N. (1961) Guide to the study of fish nutrition in natural conditions [Rukovodstvo po izucheniyu pitaniya ryb v estestvennykh usloviyakh]. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 244 p.
15. Borutsky E.V., Zheltenkova M.V., Verigina I.A et al. (1974) Methodical manual for the study of nutrition and food relations of fish in natural conditions [Metodicheskoe posobie po izucheniyu pitaniya i pishhevyyh otnosheniy ryb v estestvennykh usloviyakh]. Moscow, Nauka, 254 p.
16. Desai V.R. (1970) Studies on the fishery and biology of Tor tor (Hamil-ton) from river Narmada. *J. Inland Fish. Soc. India*. vol. 2, no. 5, pp. 101–112.
17. Biswas S.P. (1993) Manual of methods in fish biology. New Delhi: South Asian Publishers, 157 p.
18. Mikodina E.V. et al. (2009) Histology for ichthyologists: Experience and advice [Gistologiya dlja ihtologov: Opyt i sovery]. Moscow: Publishing House VNIRO, 112 p. ISBN 978-5-85382-365-5.
19. Shalgimbayeva S.M., Omarova Zh.S., Dzhumakhanova G.B. (2021) The Basics of Microtechnics methodological manual [Mikrotehnika negizderi Adistemelik nusqaylyq]. Almaty: Qazaq University, 85 p. ISBN 978-601-04-5012-7
20. Shalgimbaeva S.M., Ibragimova N.A., Jumakhanova G.B., Popov N., Omarova Zh.S., Kairat B.K., Rakybayeva A.A. (2019) Biomarkers of effect: gross and histopathological indicators atherina boyeri of the caspian sea, kazakhstan sector. *Experimental Biology*, vol. 78, no. 1, pp. 130–137.

M.H. Kozhakhmetova^{1*}, **A.A. Alibekova¹**,
D.A. Nussipov², **B.K. Kamenov²**

¹NJSC «Al-Farabi Kazakh National University», Kazakhstan, Almaty

²Kazakh National Research Technical University named after K.I Satpayev, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: marzhanur.7@mail.ru

ISOLATION AND IDENTIFICATION OF COAL ACCLIMATED MICROORGANISMS FROM THE ACTIVATED SLUDGE

Today, Kazakhstan is among the top ten countries in the world in terms of coal production, which is estimated at 38 billion tons. The processing of low-quality coal is a hot topic that requires careful scientific research, since it is one of the main energy carriers of organic origin and is now considered a promising source of raw materials for value-added products, like biofuels or biofertilizers. To increase the bioavailability of coal, various approaches are used, including pre-treatment of coal with exogenous microorganisms. This article demonstrates a method for acclimatizing bacteria from activated sludge, which can then be used for a community of microorganisms as a pre-treatment of coal to improve its bioavailability. Microorganisms adapted to coal were isolated and identified based on the analysis of the 16S rRNA gene, which showed belonging to *Enterobacter bugandensis* 247, *Lysinibacillus macroides* LMG 18474, *Acinetobacter pittii* DSM 21653, *Achromobacter insolitus* LMG 6003, *Achromobacter denitrificans* NBRC 15125 strains. Microorganisms actively grew in synthetic cultural media E8, where the only source of carbon was coal. This indicated that acclimatization was successful and in the future this method can be used for acclimatization of exogenous microbial communities.

Key words: coal, bioavailability, bacteria, activated sludge, acclimatization, biodegradation, bio-conversion.

М.Х. Кожакметова^{1*}, А.А. Алибекова¹, Д.А. Нусипов², Б.К. Каменов²

¹Аль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті КеАҚ, Қазақстан, Алматы қ.

²Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: marzhanur.7@mail.ru

Белсенді тұнбадан көмірге бейімделген микроорганизмдерді оқшаулау және идентификациялау

Бүгінгі таңда Қазақстан көмір өндіру бойынша көлемі 38 миллиард тоннаға бағаланатын, әлемнің алғашқы ондығына кіреді. Төмен сапалы көмірді қайта өңдеу-мұқият ғылыми зерттеуді қажет ететін өзекті тақырып, өйткені ол органикалық тектес негізгі энергия тасымалдаушылардың бірі және қазіргі уақытта биоотын немесе био тыңайтқыш сияқты қосымша құнды өнімдер үшін перспективалы шикізат көзі болып саналады. Көмірдің биожетімділігін арттыру үшін әртүрлі тәсілдер қолданылады, соның ішінде көмірді экзогендік микроорганизмдермен алдын-ала өңдеу. Бұл мақалада белсенді тұнба бактерияларын көмірге бейімдеу әдісі көрсетілген, содан кейін оны микроорганизмдер қауымдастығы үшін көмірдің биожетімділігін арттыру үшін алдын ала өңдеу ретінде пайдалануға болады. 16s рРНҚ генінің талдауы негізінде көмірге бейімделген *Enterobacter bugandensis* 247, *Lysinibacillus macroides* LMG 18474, *Acinetobacter pittii* DSM 21653, *Achromobacter insolitus* LMG 6003, *Achromobacter denitrificans* nbrc 15125 түрлеріне жататын микроорганизмдер анықталған. Микроорганизмдер Е8 синтетикалық қоректік ортасында, белсенді түрде өсті, онда көміртектің жалғыз көзі көмір болды, бұл сәтті акклиматизацияның нәтижесі болды.

Түйін сөздер: көмір, биожетімділік, бактериялар, белсенді тұнба, акклиматизация, биодеградация, биоконверсия.

М.Х. Кожаметова^{1*}, А.А. Алибекова¹, Д.А. Нусипов², Б.К. Каменов²

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

²Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: marzhanur.7@mail.ru

Выделение и идентификация акклиматизированных к углю микроорганизмов из активного ила

На сегодняшний день Казахстан входит в первую десятку стран мира по добыче угля, которая оценивается в 38 миллиардов тонн. Переработка низкокачественного угля — актуальная тема, требующая тщательного научного исследования, поскольку он является одним из основных энергоносителей органического происхождения и в настоящее время считается перспективным источником сырья для продуктов с добавленной стоимостью, таких как биотопливо или биоудобрения. Для повышения биодоступности угля применяют различные подходы, в том числе предварительную обработку угля экзогенными микроорганизмами. В данной статье демонстрируется метод акклиматизации бактерий из активного ила к углю, который затем можно использовать для сообщества микроорганизмов в качестве предварительной обработки угля для повышения его биодоступности. Выделены и идентифицированы адаптированные к углю микроорганизмы на основе анализа гена 16S рРНК, который показал принадлежность к штаммам *Enterobacter bugandensis* 247, *Lysinibacillus macroides* LMG 18474, *Acinetobacter pittii* DSM 21653, *Achromobacter insolitus* LMG 6003, *Achromobacter denitrificans* NBRC 15125. Микроорганизмы активно росли в синтетической культурной среде Е8, где единственным источником углерода был уголь, что являлось показателем успешной акклиматизации.

Ключевые слова: уголь, биодоступность, бактерии, активный ил, акклиматизация, биодеградация, биоконверсия.

Introduction

Due to their low energetic power, low rank coals (LRC) such as peat, leonardite, and lignites are not commercially utilized. Coal bioconversion technology has the ability to convert low-grade and discarded coal into either clean, cost-effective energy raw materials or into value-added goods [1]. Coal treatment methods include physical, chemical, and bio-treatments [2]. It has been demonstrated that the application of alkali and another chemical treatments can disrupt and reestablish distinct coal macromolecule connections and forces [3,4].

Microbial technology will outperform physical and chemical coal processing technologies. Apart from being easier and requiring fewer technical instruments, microorganisms have no environmental impact when compared to typical chemical catalyst particles. Compared with physical methods, the microbiological method has several advantages, namely: the process can be carried out under conditions of atmospheric temperature and pressure, and does not require external energy, and microbial degradation does not produce nitrogen oxides and sulfur oxides making it more environmentally friendly [5].

There are quite a few works devoted to the study of the effectiveness of the use of indigenous an exogenous microorganism for the biodegradation of coal [6-8]. For example, fungal systems have been identified that can modify the structure

of coal by various mechanisms [9]. Moreover, because of the alkaline chemicals emitted, bacteria and actinomycetes can represent an effective and inexpensive potential for coal degradation [10,11]. Also, some plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) have been experimentally shown to have coal solubilizing characteristics [12]. Bioaugmentation with coal-acclimated microorganisms from activated sludge could be a strong tool for improving coal degradation processes, such as coal solubilization. For instance, in the majority of investigations on the bioconversion of coal to methane, local microorganisms have been utilized [13-15]. However, it has also been discovered that some exogenous microbial communities were just as more effective than the native populations at converting coal to methane [16,17]. Activated sludge is a mixture of biomass of various microorganisms that is used for wastewater treatment. The bacterial diversity of activated sludge consists of many different functional bacterial groups like aerobic heterotrophic bacteria, nitrate reducers, sulfate-reducers, ammonia-oxidizers, nitrite-oxidizers and etc. [18]. Acid-producing bacteria and methanogenic bacteria are also parts of activated sludge community and the important bacterial groups which are participated in the bioconversion process [19].

Due to the metabolism of so many diverse microorganisms, in particular bacterial taxa, organic compounds, and contaminants such as household waste, pharmaceuticals, pesticides can be degraded

[20]. This feature of activated sludge can be used as a technique to stimulate coal bioconversion.

In this paper, the method of the acclimatization of microorganisms from activated sludge was studied, and microorganisms adapted to the coal were isolated and identified to demonstrate the potential of using microorganisms for successful bioaugmentation for coal degradation.

Materials and Methods

In this study, coal samples from the Oi-Qaragai deposit were used. Coal sampling was carried out manually according to certain rules from the standard document “Hard coal and coke. Manual sampling and ISO 13909-4:2016 Preview Hard coal and coke. Mechanical sampling, Part 4. Coal. Sample preparation for testing” (GOST 10742-71). The coal was crushed to a powder state with a particle size of less than 150 µm, in laboratory conditions, using a grinder. The pulverized coal samples were then dried and stored in a sealed bag for further experiments.

The activated sludge (AS) sample was obtained from a wastewater treatment system in KazNU campus, Almaty, Kazakhstan.

For the acclimatization of AS microorganisms, a modified Ashby’s medium [21] was used which contain 60 g of activated sludge, 9 g of glucose, 15 g calcium carbonate, 3 g of yeast extract, 0,6 g of sodium chloride, 0,6 g sodium dihydrogen phosphate, 0,6 g magnesium sulfate and 0,3 g potassium sulfate were added to 3 L of distilled water.

For the isolation of bacteria from AS, which can grow up in coal and convert coal was used synthetic media E8. The composition of E8 media: 2,1 g potassium dehydrogen phosphate, 4,5 g diammonium hydrogen phosphate, 2,4 g magnesium sulfate, 1,5 g sodium chloride, 60 g coal and 3 L of distilled water.

Adapting the AS microorganisms to the coal

For the adaptation of microorganisms was used the method of Wang et al. where to the 10 g AS were added 2,5 g of coal powder with a particle size of less than 150 µm. For continuous acclimatization over a period of 28 days, 0,5 g of coal powder with a particle size of less than 150 m was added every 3 days, and 0,5 g, 0,25 g, and 0,1 g of glucose were added sequentially every 7 days. This was followed by continuous aeration at 35°C [22].

Isolation and identification and of acclimatized bacteria from sludge

Due to the isolation of microorganisms acclimatized to the coal, microorganisms were checked after 28 days on E8 media. 16S rDNA provides sufficient information and contains 10 conservative areas and 9 hypervariable regions (V1-V9), according to a PCR identification test. Five different strains isolated from activated sludge adapted to coal were used in the work.

The universal primer for bacteria 16s (27f/1492r) was used for genomic DNA sequencing, the product was amplified, after that all the results were compared and analyzed. The bacterial genome was extracted using the traditional phenol-chloroform method. The primer set consists of two primers. Primer 27f has a sequence of 5-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3, while primer 1492r has a sequence of 5-CTACGGCTACCTTGTACGA-3. The target fragment was seen under blue light after the electrophoresis of the amplification results on 1.5% agarose gel, and the gel was then removed and purified.

The ABI3730-XL sequencing tool was employed to identify the microorganisms. To determine the accurate information regarding the classification of species, all sequencing sequences were checked with the NCBI 16S database and a search was carried out in the NCBI taxonomy database. Aoke Biogel Recovery Kit was used for PCR product recovery. Using the BLAST algorithm, the derived nucleotide chains of bacteria were discovered.

Results and discussion

After 28 days of cultivation, the microflora was observed under a microscope (Microoptix MX-50, Austria) at 100× magnification. On fig.1 it can be seen that the larger black particles (~10 µm) are coal, and the smaller bacilli or coccoid particles (<10 µm) are microbes that randomly and actively rotate/move around the coal particles. It is noticeable that after inoculation and subsequent acclimatization, the culture medium is rich in microorganisms, mainly bacilli and cocci (Figure 1).

This indicates that the process of acclimatization of microbial cultures to the environment in the presence of coal was successful in obtaining adapted microbial communities.

The microbiological analysis of the obtained samples was carried out by inoculation on a synthetic medium E8 (Figure 2). The growth of colonies adapted to coal was determined on petri dishes with a synthetic medium. The results showed that the samples contain bacteria that use coal as their only source of energy.

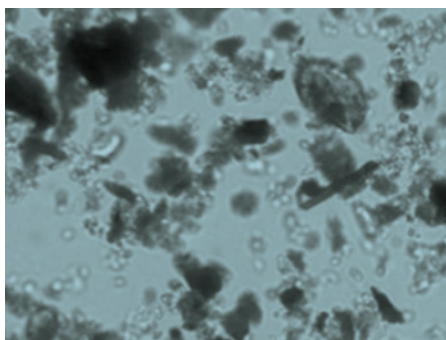


Figure 1 – Microscopy of microbial samples after 28 days ($\times 100$)



Figure 2 – Colonies of microorganisms isolated from activated sludge after its acclimatization to the coal

There are colonies of round shaped, white and yellowish, creamy and shiny colonies with smooth edges of small size. The number of live bacteria in 1 dose (0,01 ml) growing on E8 is $5,8 \times 10^5$ CFU/mg.

For further research and identification, five different strains of microorganisms were selected (Figure 3), the fastest growing strains, and well-grown bacterial monocultures for 24-48 hours.

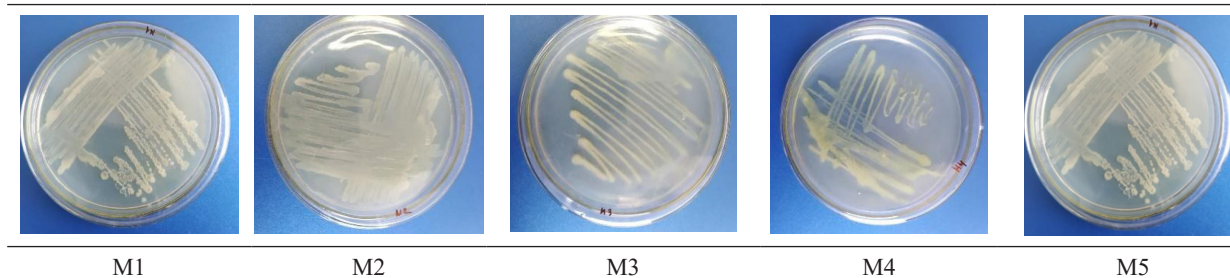


Figure 3 – Isolation of pure culture microorganisms by streak plate method

In the process of identifying microorganisms to a species, morphological and cultural properties were first studied. The morphological properties of bacterial cultures grown on solid nutrient media were studied under a microscope (Microoptix MX-50, Austria) at $100\times$ magnification.

Microscopy and staining methods were used on the basis of purpose of the study. As a result of staining to determine the morphological structure of cells of isolated bacteria, it was found that microorganisms are gram-negative cocci and gram-positive cocci bacillus (Fig.4).

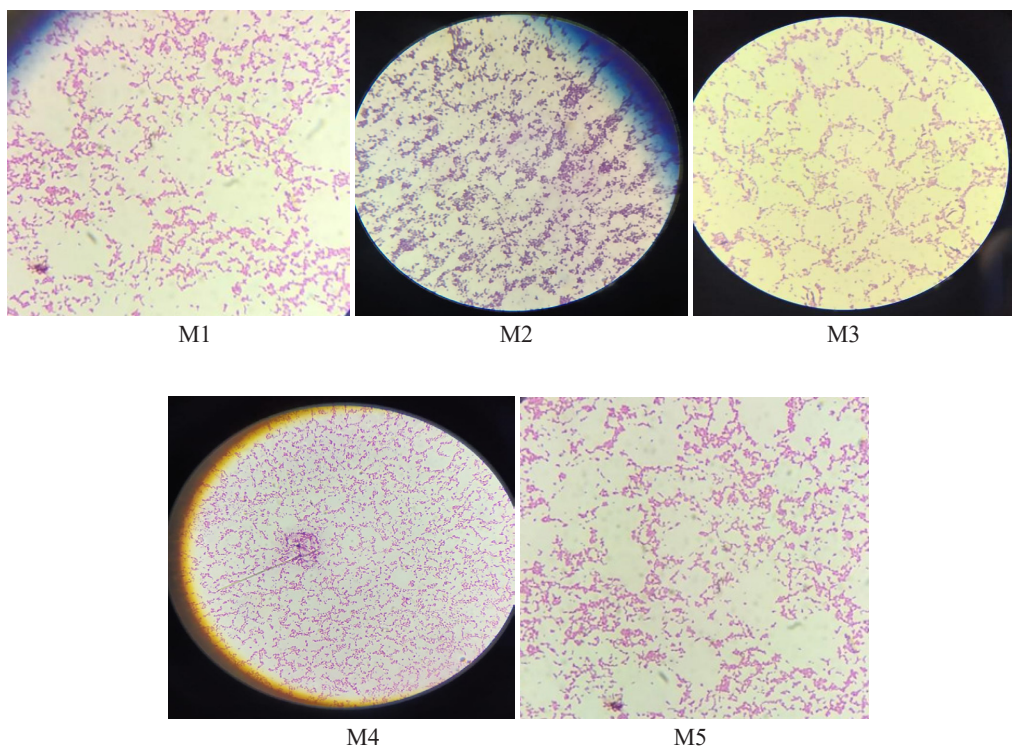


Figure 4 – Morphological characteristics of microorganisms

M1- diplococci, gram positive, 0,7 μm; M2-cocci bacilli, gram negative, 0,7 μm; M3- cocci, gram positive, 0,5μm; M4- cocci, gram positive, 0,5μm; M5 – cocci -0,5μm, gram positive (× 100)

The table below displays the outcomes of strain identification of microorganisms using the ABI3730-XL sequencer (Table 1). The most pertinent informa-

tion regarding species categorization was then obtained by searching the NCBI taxonomy database and comparing the outcomes with the NCBI 16S database.

Table 1 – Results of identification by the method of nucleotide sequence analysis

The strain name	The sequence nucleotide chains	Name of strain	% identity
M1	ACGCCTCAAGGGCACAACCTCCAAGTCGACATCGTTTACGGCGTGGAC-TACCAGGGTATCTAATCCTGTTTGCTCCCCACGCTTTCGCACCTGAGCGT-CAGTCTTTGTCCAGGGGGCCGCTTCGCCACCGGTATTCCTCCAGATCTCTA-CGCATTTACCGCTACACCTGGAATTCTACCCCCCTCTACAAGACTCTAGCCT-GCCAGTTTGAATGCAGTTCCAGGTTGAGCCCCGGGGATTTACATCCGACTT-GACAGACCGCCTGCGTGCCTTTACGCCCAGTAATTCGATTAACGCTTG-CACCCTCCGTATTACCGCGCTGCTGGCACGGAGTTAGCCGGTGCTTCTTCT-GCGGGTAACGTCAATCGACAAGGTTATTAACCTCATCGCCTTCTCCCC-GCTGAAAGTACTTTACAACCCGAAGGCCTTCTCATACACGCGGCATGGCT-GCATCAGGCTTGCGCCATTGTGCAATATTCCTCCACTGCTGCCTCCCGTAG-GAGTCTGGACCGTGTCTCAGTTCAGTGTGGCTGGTCATCCTCTCAGAC-CAGTAGGGATCGCTCGCCTAGGTGAGCCGTTACCCACCTACTAGCTA-ATCCCATCTGGGCACATCTGATGGCAAGAGGCCCGAAGGTCCCCCTTTTG-GTCTTGGACGTTATGCGGTATTAGCTACCGTTTCCAGTAGTTATCCCCCTC-CATCAGGCAGTTTCCAGACATACTACCCGTCGCCACTCGTCACCCGAGA-GCAAGCTCTCTGTGCTAC	<i>Enterobacter bugandensis</i> 247	99.42

Table continuation

The strain name	The sequence nucleotide chains	Name of strain	% identity
M2	AGCCCAGGTCATAAGGGGCATGATGATTTGACGTCATCCCCACCTTCCTCCG- GTTTGTACCCGGCAGTCACCTTAGAGTGCCCAACTAAATGATGGCAACTAA- GATCAAGGGTTGCGCTCGTTGCGGGACTTAACCCAACATCTCACGACAC- GAGCTGACGACAACCATGCACCACCTGTCACCGTTGCCCCGAAGGGGAAAC- TATATCTCTACAGTGGTCAACGGGATGTCAAGACCTGGTAAGGTTCTTC- GCGTTGCTTCGAATTAACACATGCTCCACCCTGTTGTGCGGGCCCCCGT- CAATTCCTTTGAGTTTCACTCTTGCACCGTACTCCCCAGGCGGAGTGCT- TAATGCGTTAGCTGCAGCACTAAGGGGCGGAAACCCCTAACACTTAGCACT- CATCGTTTACGGCGTGGACTACCAGGGTATCTAATCCTGTTTGTCCCCAC- GCTTTCGCGCTCAGCGTCAGTTACAGACCAGAAAGTCGCTTCGC- CACTGGTGTTCCTCCAAATCTCTACGCATTTACCCTACACTTGGAAATTC- CACTTCTCTTCTGCACCTAAGTCCCCAGTTTCCAATGACCCCTCCACG- GTTGAGCCGTGGGCTTTCACATCAGACTTAAAGGACCGCTGCGCGC- GCTTACGCCCAATAATTCCGGACAACGCTTGCCACCTACGTATTACCGCG- GCTGCTGGCACGTAGTTAGCCGTGGCTTCTAATAAGGTACCCTCAAGGTA- CAGCCAGTTACTACTGTACTTGTCTTCCCTTACAACAGAGTTTTACGATCC- GAAAACCTTCTCACTCACGCGGCTTGCTCCATCAGGCTTCGCCCATTGTG- GAAGATTCCTACTGCTGCCTCCCG	<i>Lysinibacil- lus macroides</i> LMG 18474	99.07
M3	TAGATGAGCCTAAGTCGGATTAGCTAGTTGGTGGGGTAAAGGCCTACCAAGGC- GACGATCTGTAGCGGTCTGAGAGGATGATCCGCCACACTGGGACTGAGA- CACGGCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTGGGGAATATTGGACAATGGGC- GCAAGCCTGATCCAGCCATGCCCGCTGTGTGAAGAAGGCCTTATGGTTGTA- AAGCACTTAAAGCGAGGAGGACTACTTAAAGTAAATACCTAGAGATAGTG- GACGTTACTCGCAGAATAAGCACCGGCTAACTCTGTGCCAGCAGCCGCG- GTAATACAGAGGGTGAAGCGTTAATCGGATTTACTGGGCGTAAAGCGCGC- GTAGGCGGCTAATTAAGTCAAATGTGAAATCCCCGAGCTTAACTTGGGAATT- GCATTCGATACTGGTTAGCTAGAGTGTGGGAGAGGATGGTAGAATTCCAGGT- GTAGCGTGAATGCGTAGAGATCTGGAGGAATACCGATGGCGAAGGCAGC- CATCTGGCCTAACACTGACGCTGAGGTGCGAAAGCATGGGGAGCAAA- CAGGATTAGATAACCTGGTAGTCCATGCCGTAAACGATGTCTACTAGCC- GTTGGGGCCTTGGAGGCTTAAAGTGGCGCAGCTAACGCGATAAGTAGACC- GCCTGGGGAGTACGGTTCGCAAGACTAAAACCTCAAATGAATTGACGGGGGCC- GCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTAATTCTGATGCAACGCGAAGAACCT- TACCTGGCCTTGACATAGTAAGAACCTTCCAGAGATGGATTGGTGCCTTC- GGAACTTACATACAGGTGCTGCATGGCTGTCGTCAGCTCG	<i>Acinetobacter pittii DSM 21653</i>	99.63
M4	CTTTCGTGCATGAGCGTCAGTGTTATCCCAGGAGGCTGCCTTCGCCATC- GGTGTTCCTCCGCATATCTACGCATTTCACTGCTACACGCGGAATTC- CACCTCCCTCTGACACACTCTAGCTCGGTAGTTAAAAATGCAGTTCCAAAGT- TAAGCTCTGGGATTTACATCTTTCTTCCGAACCGCTGCGCACGCTT- TACGCCAGTAATTCCGATTAACGCTTGACCCCTACGTATTACCGCGGCT- GCTGGCACGTAGTTAGCCGGTGCTTATTCTGCAGGTACCGTCAGTTTCGC- GGGGTATAACCCACGACGTTCTTTCCTGCCAAAAGTGCTTTACAACCC- GAAGGCCTTATCGCACACGCGGGATGGCTGGATCAGGGTTTCCCCATT- GTCCAAAATTTCCCACTGCTGCCTCCCGTAGGAGTCTGGCCGTGTCT- CAGTCCCAGTGTGGCTGGTCTCTCTCAAACCAGCTACGGATCGTCGCCTTG- GTGAGCCGTTACCCACCAACTAGCTAATCCGATATCGGCCGCTCCAATAGTG- CAAGGTCTTGCATCCCTGCTTTCCCCCGTAGGGCGTATGCGGTATTAGCTAC- GCTTTCGCGTAGTTATCCCCGCTACTGGGCAGCTTCGATACATTACTACCC- GTTCCCACTCGACTCCAGACCGAAGTCCGTGCTGCCGTTTCGACTTGCATGT- GTAAGGCATCCC	<i>Achromobacter insolitus LMG 6003</i>	99.44
M5	ACTGACGGTACCTGCAGAATAAGCACCGGCTAACTACGTGCCAGCAGC- CGCGTAATACGTAGGGTGAAGCGTTAATCGGAATTACTGGGCGTA- AAGCGTGCAGGCGGTTTCGGAAAGAAAGATGTGAAATCCCAGAGCTTA- ACTTTGGAATGCATTTTAACTACCGGGCTAGAGTGTGTCAGAGGGAG- GTGGAATCCGCGTGTAGCAGTGAATGCGTATGCGGAGGAACAC- CGATGGCGAAGGCAGCCTCCTGGGATAAACTGACGCTCATGCACGAAAGC- GTGGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCCTAAACGAT- GTCAACTAGCTGTTGGGGCTTCGGGCCTTGGTAGCGCAGCTAACGCGT- GAAGTTGACCCCTGGGGAGTACGGTTCGCAAGATTTAAACTCAAAGGAATT- GACGGGACCCGCAACAAGCGGTGGATGATGTGGATTAATTTCGATGCAACGC- GAAAAACCTTACCTACCCTTGACATGTCTGGAATCCTGAAGAGATTTAGGAGT- GCTCGCAAGAGAACCAGAACACAGGTGCTGCATGGCTGTCGTCAGCTCGT- GTCGTGAGATGTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCTTGTATTAGTT- GCTACGA	<i>Achromobacter denitrificans NBRC 15125</i>	98.81

After the 16S ribosomal RNA gene sequences of the isolates were sequenced and compared to the NCBI database, the isolates were identified as follows: *Enterobacter bugandensis* 247 (99.42% match), *Lysinibacillus macroides* LMG 18474 (99.07% match), *Acinetobacter pittii* DSM 21653 (99.63% match), *Achromobacter insolitus* LMG 6003 (99.44% match), and *Achromobacter denitrificans* NBRC 15125 (98.81% match).

Discussion

Microbial community optimization or bioaugmentation is necessary to increase the production of value-added products, such as methane or hydrogen, from the complete biodegradation of coal. An effective method for the degradation of lignite by foreign microorganisms using lignite as a substrate and isolated by acclimation has been reported, where, for example, bioaugmentation has proven to be an effective strategy for stimulation of gas production [23].

The bacteria contained in the activated sludge were successfully adapted, because in the adaptation method, coal as a source of carbon was added gradually, and each time increasing the concentration, the bacteria adapted to the new environmental conditions. It can be assumed that the isolated bacteria are able to solubilize coal and, using the organic matter of coal, they provide themselves with a source of carbon. Since activated sludge accumulates various microorganisms whose metabolism includes a wide range of chemical reactions [24], activated sludge can be used to effectively reduce the recalcitrance of coal.

Adapted and isolated activated sludge microorganisms play important role in the environment as degraders. *Acinetobacter sp.* strains act as the best decomposers for bioremediation of oil-contaminated sites [25]. It was also found that when using *Acinetobacter pittii* showed a high degree of solubilization of brown coals [26]. *Achromobacter insolitus* participates in the bioremediation of polyaromatic hydrocarbons [27]. *Achromobacter denitrificans* is also mainly used for

the bioremediation soils contaminated with heavy metals [28]. Other strains of *Lysinibacillus sp* and *Enterobacter sp.* are of ecological importance for the agroecosystem and participate in the cycle of metals [29,30]. Moreover, the identification of isolated microorganisms from activated sludge contributes to a more in-depth study of the biodiversity of the environmental microbial community. Strains of microorganisms adapted to coal can be used in further experiments to study the degree of biosolubilization of coal using these strains.

Conclusion

In conclusion, a method of acclimatization of microorganisms from activated sludge to coal was tested. The current study helped to isolate and identify new bacterial strains in the activated sludge sample. Coal adapted 5 strains have been isolated and identified, based on the analysis of the 16S rRNA gene. These included the strains of *Enterobacter bugandensis* 247, *Lysinibacillus macroides* LMG 18474, *Acinetobacter pittii* DSM 21653, *Achromobacter insolitus* LMG 6003, and *Achromobacter denitrificans* NBRC 15125. The activated sludge microorganism acclimatization method is an economical and environmentally friendly method. It is suitable method for bioaugmentation in a strategy for optimization the bioconversion of coal in a value-added product. The acclimatization method can be used for the microbial community of activated sludge in field conditions, to stimulate the formation of methane or hydrogen gases in coal deposits. Pure cultures of microorganisms can be used in laboratory conditions as producers of humic acids as a result of coal biosolubilization. In the future, a detailed study of their biochemical properties is required.

Acknowledgments

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09057876).

References

1. Sas-Paszt, Lidia, Eligio Malusa, Beata Sumorok, Loredana Canfora, Edyta Derkowska, and Sławomir Głuszek. "The Influence of Bioproducts on Mycorrhizal Occurrence and Diversity in the Rhizosphere of Strawberry Plants under Controlled Conditions". *Advances in Microbiology*, vol.5, no. 01 (2015): 40–53.
2. Chen Z, Chen H, Zhu X, Xia D, Chen Y, Geng M, Bai Z. "Physical, chemical, and bio-pretreatments on microbial gas production in Baode Block coal". *Environ Sci Pollut Res Int*, vol. 3 (2023):5791-5798.

3. Liu, F., Guo, H., Wang, Q., Haider, R., Urynowicz, M.A., Fallgren, P.H., Jin, S.D., Tang, M., Chen, B., & Huang, Z. "Characterization of organic compounds from hydrogen peroxide-treated subbituminous coal and their composition changes during microbial methanogenesis". *Fuel* (2019).
4. Sharma, D.K. and S.K. "Singh, Extraction of Assam coal through stepwise Alkali treatment under ambient pressure conditions". *Fuel Processing Technology*, vol. 45, no 1(1995): 11-25.
5. Shi, K, Tao, X-X, Yin, S and Yin, W-X. "Bio-solubilization of Fushun lignite". *Journal China Univ Min Technol*, vol.36, no. 3 (2007): 39–42.
6. Faison, Brendlyn D. "Microbial Conversions of Low Rank Coals." *Bio/Technology*, vol. 9, no. 10 (1991).
7. Wang, Bobo, Yanfen Wang, Xiaoyong Cui, Yiming Zhang, and Zhisheng Yu. "Bioconversion of Coal to Methane by Microbial Communities from Soil and from an Opencast Mine in the Xilingol Grassland of Northeast China". *Biotechnology for Biofuels*, vol. 12, no. 1 (2019).
8. Hao, Chen, Qin Yong, Geng Meng, Chen Zhenhong, Chen Yanpeng, and Tian Wenguang. "Microbial Simulation Experiment on Enhancing Coalbed Methane Production." IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, vol.702, no. 1 (2021): 012017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/702/1/012017>.
9. Web Sources: An investigation into the bioconversion of South African sub-bituminous coal by *Trametes* species and *Trichoderma atroviride*. URL:<https://afribary.com/works/an-investigation-into-the-bioconversion-of-south-african-subbituminous-coal-by-trametes-species-and-trichoderma-atroviride>. Accessed 04 Sep. 2023.
10. Sobolczyk-Bednarek, Justyna, Anna Choińska-Pulit, and Wojciech Łaba. "Biosolubilization of Low-Rank Coal by the Newly Isolated Strain *Streptomyces Fulvissimus* K59." *Fuel*, vol.301 (2021): 121082. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121082>.
11. Jiang, Feng, Zhaohu Li, Zhiwei Lv, Tongguo Gao, Jinshui Yang, Zhaohai Qin, and Hongli Yuan. "The Biosolubilization of Lignite by *Bacillus* Sp. Y7 and Characterization of the Soluble Products." *Fuel*, vol.103 (2013): 639–45. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.08.030>.
12. Brito-Campo, Helen, María Ayala-Santamaría, Katherin Barros-Escalante, Juan Cubillos-Hinojosa, Manuel Pantoja-Guerra, Nelson Valero, and Liliana Gómez Gómez. "PGPR Activity of Coal Solubilizing Bacteria." *Revista de La Facultad de Agronomía, Universidad Del Zulia*, vol. 39, no. 2 (2022): e223932. [https://doi.org/10.47280/revfacagron\(luz\)](https://doi.org/10.47280/revfacagron(luz))
13. Aditiawati, Pingkan, Agus Pujobroto, Indra Rudiansyah, and Harry Rahmadi. "Effect of Stimulants on Biogenic Methane Formation and Dynamics of Bacterial Population." *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, vol.43, no.3 (2014): 274–85. <https://doi.org/10.5614/j.math.fund.sci.2013.45.3.6>.
14. Rathi, Rohit, Meeta Lavania, Nimmi Singh, Priyangshu Manab Sarma, Puneet Kishore, Parthananarayan Hajra, and Banwari Lal. "Evaluating Indigenous Diversity and Its Potential for Microbial Methane Generation from Thermogenic Coal Bed Methane Reservoir." *Fuel*, vol.250 (2019): 362–72. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.03.125>.
15. Xiao, Dong, Su-Ping Peng, and En-Yuan Wang. "Fermentation Enhancement of Methanogenic Archaea Consortia from an Illinois Basin Coalbed via DOL Emulsion Nutrition". *PLOS ONE* 10, no. 4 (2015): e0124386. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124386>.
16. Jones, Elizabeth J. P., Mary A. Voytek, Margo D. Corum, and William H. Orem. "Stimulation of Methane Generation from Nonproductive Coal by Addition of Nutrients or a Microbial Consortium". *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 76, no. 21 (2010): 7013–22. <https://doi.org/10.1128/aem.00728-10>.
17. Platt, George A., Katherine J. Davis, Hannah D. Schweitzer, Heidi J. Smith, Matthew W. Fields, Elliott P. Barnhart, and Robin Gerlach. "Algal Amendment Enhances Biogenic Methane Production from Coals of Different Thermal Maturity." *Frontiers in Microbiology*, vol.14 (2023). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1097500>.
18. Gerardi, Michael H. *Wastewater bacteria*. John Wiley & Sons, 2006.
19. Heerden, J. van, M. M. Ehlers, and T. E. Cloete. "Biolog for the Determination of Microbial Diversity in Activated Sludge Systems." *Water Science and Technology*, vol. 43, no. 1 (2001): 83–90. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0020>.
20. Nielsen, P.H., T.R. Thomsen, and J.L. Nielsen. "Bacterial Composition of Activated Sludge – Importance for Flocculation and Sludge Properties." *Water Science and Technology*, vol.49, no. 10 (2004): 51–58. <https://doi.org/10.2166/wst.2004.0606>.
21. Tyupa, Dmitry V., Sergei V. Kalenov, Dmitry A. Skladnev, Nikolay S. Khokhlachev, Marina M. Baurina, and Alexander Ye. Kuznetsov. "Toxic Influence of Silver and Uranium Salts on Activated Sludge of Wastewater Treatment Plants and Synthetic Activated Sludge Associates Modeled on Its Pure Cultures." *Bioprocess and Biosystems Engineering*, vol.38, no. 1 (2014): 125–35. <https://doi.org/10.1007/s00449-014-1250-1>.
22. Wang, Baoyu, Chao Tai, Li Wu, Linyong Chen, JianMin Liu, Bin Hu, and Dangyu Song. "Methane Production from Lignite through the Combined Effects of Exogenous Aerobic and Anaerobic Microflora." *International Journal of Coal Geology*, vol.173 (2017): 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.02.012>.
23. Le Zhang, Hailin Tian, Jonathan T.E. Lee, Jun Wei Lim, Kai-Chee Loh, Yanjun Dai, Yen Wah Tong. "Bioaugmentation strategies via acclimatized microbial consortia for bioenergy production". *Biomass, Biofuels, Biochemicals* (2022):179-214,
24. Liu, Yu. "Chemically Reduced Excess Sludge Production in the Activated Sludge Process." *Chemosphere*, vol. 50, no. 1 (2003): 1–7. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(02\)00551-9](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(02)00551-9).

25. Wang, Yang, Qiuyu Wang, and Limei Liu. "Crude Oil Degrading Fingerprint and the Overexpression of Oxidase and Invasive Genes for N-Hexadecane and Crude Oil Degradation in the Acinetobacter Pittii H9-3 Strain." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16, no. 2 (January 10, 2019): 188. <https://doi.org/10.3390/ijerph16020188>.
26. Junickij A. Je., Lobazova I. E., Zyl' S. N. "Izuchenie mikrobiologicheskoy soljubilizacii burogo uglja [Study of the microbiological solubilization of brown coal]." Materialy 22-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Saharovskie chtenija 2022: Jekologicheskie problemy XXI veka » [Materials of the 22nd International Scientific Conference In 2 parts. «Sakharov readings 2022: Environmental problems of the XXI century»], (2022):322-324. (In Russian)
27. Bhatia, Simran, Moyna Kalia, and Baljinder Singh. "Bioremediation of Polyaromatic hydrocarbons: current status and recent advances." *Phytobiont and Ecosystem Restitution* (2018): 275-293.
28. Dhanushashree, G., and Reshma Pammi Harinath. "Removal of metals using Isolated Achromobacter denitrificans from heavy metals contaminated soils." *Research & Reviews in Biotechnology & Biosciences*, vol.8 (2020): 126-138.
29. Jyolsna, K S, N Bharathi, L Riyaz Ali, and K A Paari. "Impact of Lysinibacillus Macroides, a Potential Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Growth, Yield and Nutritional Value of Tomato Plant (Solanum Lycopersicum L. F1 Hybrid Sachriya)." *Plant Science Today*, vol.8, no. 2 (2021). <https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.2.1082>.
30. Barra Caracciolo, Anna, and Valentina Terenzi. "Rhizosphere Microbial Communities and Heavy Metals." *Microorganisms*, vol.9, no. 7 (2021): 1462. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071462>.

С.К. Мухтубаева¹ , М.Ж. Жумагул^{1,2*} , А.К. Жамангара¹ 

¹Астанинский ботанический сад – филиал РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭГПР РК, Казахстан, г. Алматы

²Международный университет Астана, Казахстан, г. Астана

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

СЕМЕЙСТВО *APIACEAE* LINDL ВО ФЛОРЕ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приведены данные результатов обработки литературных источников и гербарных коллекций на территории Алматинской области по семейству *Apiaceae* Lindl., где было выявлено 127 видов из 57 родов, подтвержденных гербарными образцами.

Во флоре Алматинской области *Apiaceae* является одним из ведущих семейств и занимает 11 место. Систематический анализ семейства *Apiaceae* исследуемого региона показал, что самым крупными родами по количеству видов являются *Ferula* (26 видов), *Seseli* (13 видов), *Prangos* (8 видов), *Bupleurum* (7 видов), *Aulacospermum* (4 вида), *Aegopodium* (3 видов), *Sium* (3 видов), *Heracleum*, *Sium*, *Hyalolaena* (по 3 вида), *Eryngium*, *Anthriscus*, *Schrenkia*, *Angelica*, *Bunium*, *Cuminum*, *Schulzia*, *Conioselinum*, *Semenovia* (по 2 вида), остальные роды имеют в своем составе по 1 виду. Из приведенного списка видов зонтичных, эндемичных приводится 15 видов, 10 из них включены в Красную книгу Казахстана (2014). Многие виды распространены в Казахстане и прилегающих районах северо-западного Китая. Из краснокнижных произрастают 10 видов. С целью выявления видов, перспективных для включения в Красную книгу Алматинской области, проанализированы виды, которые имеют очень ограниченное число местообитаний, т.е. встречаются не часто и редко.

Ключевые слова: семейство *Apiaceae*, вид, род, систематика, экология и Алматинская область.

S.K. Mukhtubayeva¹, M.Z. Zhumagul^{1,2*}, A.K. Zhamangara¹

¹RSE on the REM "Astana Botanical Garden" Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology, Geography and Nature Conservation, Kazakhstan, Astana

²Astana International University, Kazakhstan, Astana

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

Family *Apiaceae* Lindl in the flora of Almaty region

The article presents data on the results of processing of literary sources and herbarium collections in the territory of Almaty region on the family *Apiaceae* Lindl., where 127 species from 57 genera, confirmed by herbarium specimens, were identified. In the flora of Almaty region *Apiaceae* is one of the leading families and occupies the 11th place. Systematic analysis of the *Apiaceae* family of the studied region has shown that the largest genera by number of species are *Ferula* (26 species), *Seseli* (13 species), *Prangos* (8 species), *Bupleurum* (7 species), *Aulacospermum* (4 species), *Aegopodium* (3 species), *Sium* (3 species), *Heracleum*, *Sium*, *Hyalolaena* (3 species each), *Eryngium*, *Anthriscus*, *Schrenkia*, *Angelica*, *Bunium*, *Cuminum*, *Schulzia*, *Conioselinum*, *Semenovia* (2 species each), other genera have one species each. Among them 15 endemic species, 10 species are included in the Red Book of Kazakhstan (2014). Many species are distributed in Kazakhstan and adjacent areas of northwestern China. Materials of Herbarium Funds: AA, MW, TK were studied.

The list of umbrella species by administrative districts of the region is given, as well as species prospective for inclusion in the Red Data Book of Almaty region, which have a very limited number of habitats, i.e. occur not frequent and rare.

Key words: family *Apiaceae*, species, genus, systematics, ecology, and Almaty region.

С.К. Мухтубаева¹, М.Ж. Жумагул^{1,2}, А.К. Жамангара¹

¹Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты» ШЖК РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы», Қазақстан, Астана қ.

²Астана Халықаралық университеті, Қазақстан, Астана қ.

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

Алматы облысының флорасындағы *Apiaceae* Lindl тұқымдасы

Мақалада Алматы облысының аумағында *Apiaceae* Lindl. тұқымдасы бойынша әдеби көздер мен гербарий коллекцияларын өңдеу нәтижелерінің деректері келтірілген, онда гербарий үлгілерімен расталған 57 туыстың 127 түрі анықталған. Алматы облысының флорасында *Apiaceae* жетекші тұқымдастардың бірі және 11 орынға ие. Зерттелетін аймақтың *Apiaceae* тұқымдасының жүйелі талдауы түрлер саны бойынша ең үлкен тұқымдастар *Ferula* (26 түр), *Seseli* (13 түр), *Prangos* (8 түр), *Vupleurum* (7 түр), *Aulacospermum* (4 түр), *Aegopodium* (3 түр), *Sium* (3 түр), *Heracleum*, *Sium*, *Hyalolaena* (әрқайсысы 3 түрден), *Eryngium*, *Anthriscus*, *Schrenkia*, *Angelica*, *Bunium*, *Cuminum*, *Schulzia*, *Conioselinum*, *Semenovia* (әрқайсысы 2 түрден), басқа туыстарында 1 түрден кездеседі. Олардың ішінде 15 эндемикалық түрі, Қазақстанның Қызыл кітабына 10 түрі енгізілген (2014 ж.). Көптеген түрлер Қазақстанда және Қытайдың Солтүстік-батысында орналасқан аудандарда кең таралған. Гербарий қорларының материалдары зерттелді: АА, МW, ТК.

Облыстың әкімшілік аудандары бойынша қолшатыр түрлерінің тізімі, сондай-ақ Алматы облысының Қызыл кітабына енгізуге перспективалы түрлер келтірілген, олардың мекендейтін жерлері өте шектеулі, яғни олар жиі және сирек кездеседі.

Түйін сөздер: *Apiaceae* тұқымдасы, түр, туыс, систематика, экология және Алматы облысы.

Введение

В настоящее время проблема сохранения биоразнообразия приобрела первостепенное значение, воздействие человека на биосферу достигло больших размеров. По оценке экспертов в ближайшем будущем на грани своего исчезновения окажется не менее 10% видового состава мировой флоры. В связи с катастрофически быстрым обеднением видового состава, нарушением популяций и экосистем, проблема его сохранения признана одной из ключевых проблем глобальной экологии. В этом аспекте изучение большой группы растений является очень актуальным. В целях изучения видового разнообразия флоры Казахстана необходимо, прежде всего, целенаправленное изучение систематического состава.

Анализ материалов сводок и публикаций продемонстрировал, что степень изученности, как отдельных регионов, так и отдельных систематических групп неравнозначна. На современном этапе развития флористики и систематики происходит пересмотр понимания объема и систематических границ многих таксономических единиц различного ранга. С учетом этого нами изучена и проведена систематическая обработка семейства *Apiaceae* Lindl. Алматинской области, которая в какой-то мере поможет решить вопросы, принятые при подписании конвенции о борьбе с опустыниванием. Актуальность изучения

семейства *Apiaceae* также обусловлена неясным диагностическим признакам некоторых видов, варьирование которых связано с экологическими условиями и малочисленными гербарными образцами.

Семейство – *Apiaceae* Lindl. (*Umbelliferae* Juss.) насчитывает около 400 родов и 3500 видов, распространенных почти по всему Земному шару, особенно в умеренно-теплых и субтропических областях северного полушария [1]. Центром разнообразия семейства считается Средняя и часть Центральной Азии. По многообразию зонтичные занимают шестое место по числу родов и восьмое – по числу видов среди семейств покрытосеменных растений [2].

В России и сопредельных странах это семейство представлено 145 родами и 700–750 видами. Пименовым М.П. для региона Средней Азии и Казахстана отмечается 107 родов, 459 видов и 204 эндемичных видов и представляет собой один из важнейших центров разнообразия зонтичных не только в Азии, но и в мировом масштабе. Для Казахстана он приводит 82 рода, 211 видов, из них 28 эндемичных видов [3].

Семейство *Apiaceae* – космополиты, но большинство их видов обитает во внетропических областях северного полушария. В основном это многолетние травы, но встречаются кустарники, а также двулетние и однолетние травы. Гигантские размеры и своеобразный облик некоторых трав (борщевик -*Heracleum*, дудник – *Angelica*,

ферула *-Ferula*) позволяют называть их ландшафтными растениями [4].

Виды семейства играют заметную роль в растительном покрове Казахстана, среди них – ценные овощные, кормовые, пряно-ароматические, лекарственные, эфиромасличные, декоративные и технические растения. На настоящий момент имеются сведения о биологической активности многих видов зонтичных. Представители семейства во всех своих частях содержат эфирные масла или смолообразные вещества, кумарины, флавоноиды, реже сапонины. Такие виды, как *Cicuta virosa* L., *Conium maculatum* L. и др., традиционно считаются ядовитыми и представляют значительную опасность [5].

Немаловажной проблемой сохранения природной флоры является предотвращение внедрения инвазивных видов.

Цель. Провести анализ флористического спектра семейства *Apiaceae*, его распространение, жизненные формы и экологической приуроченности в Алматинской области.

Материалы и методы

Материалы были изучены с помощью соответствующей научной литературы флористических исследований [6, 7, 8, 9, 10, 11], электронных баз Фонда Гербариев: РГП «Института ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭПР РК, Института генофонда растительного и животного мира (TASH), Московского университета (MW), распространенных на территории Алматинской области. Названия растений приведены согласно базе данных POWO (2023) [12]. Статистическую обработку данных проводили с применением программ Excel 2019.

Результаты

Во флоре Казахстана семейство *Apiaceae* Lindl. представлено 230 видами и входит в спектр ведущих семейств флоры Казахстана [6].

Большой вклад в изучении семейства зонтичных в Казахстане внес выдающийся ученый М.С. Байтенов [7]. Им монографически обработаны виды рода в двухтомнике “Иллюстрированный определитель растений Казахстана” [13], а также описаны следующие новые виды для этого региона: *Ferula taucumica*, *Seseli betpakdalense*, *Stenataenisa iliensis*. В последнем опубликованном труде «Флора Казахстана» М.С. Байтенов для данного семейства приводит 88 родов и 135 видов, в том числе 50 видов рода *Ferula* L. [8].

Со времени изданий Флоры Казахстана [6], и списка флоры С.А. Абдулиной [14], произошли номенклатурные изменения.

В Казахстане численность видов семейства в южных и восточных, в основном горных, провинциях значительно выше, чем в его западной и центральной части, преимущественно равнинной или низкогорной. Так, для горных провинций Юго-Восточного и Южного Казахстана, флористически входящих в состав горной Средней Азии, характерно прогнозируемо высокое биоразнообразие зонтичных (Южно-Казахстанская область – 123 вида, Жамбылская область – 105 видов. Пименов М. для Алматинской области – 90 видов [1].

Среди этих дифференциальных видов есть северные (бореальные) элементы, общие с сибирской флорой, среднеазиатские растения, общие с соседней Китайской Синьцзян-Уйгурской автономной областью, и некоторые истинно среднеазиатские виды, достигающие своей северной границы распространения на южном склоне Тарбагатай.

В результате обработки литературных данных и гербарных коллекций на территории Алматинской области по семейству *Apiaceae* Lindl. было выявлено 127 видов, которое состоит из 57 родов. В списке наиболее крупных семейств во флоре Алматинской области оно занимает 11 место.

Систематический анализ семейства *Apiaceae* исследуемого региона показал, что самым крупными родами по количеству видов являются *Ferula* (26 видов), *Seseli* (13 видов), *Prangos* (8 видов), *Vupleurum* (7 видов), *Aulacospermum* (4 вида), *Aegopodium* (3 видов), *Sium* (3 вида), *Heracleum*, *Sium*, *Hyalolaena* (по 3 вида), *Eryngium*, *Anthriscus*, *Schrenkia*, *Angelica*, *Bunium*, *Cuminum*, *Schulzia*, *Conioselinum*, *Semenovia* (по 2 вида) (рисунок 1).

На территории исследования в составе семейства *Apiaceae* имеются 15 эндемичных видов: *Ferula iliensis* Krasn. ex Korovin (*F. popovii* Korovin), *F. leiophylla* Korovin, *F. sugatensis* Bajt., *F. taucumica*, *F. arida* Eug., *Hyalolaena tschuliensis* (Pavlov ex Korovin) Pimenov & Kljuykov. *Schrenkia involucreta*. *Seseli eriocephalum* (Pall. ex Spreng.) Schischk., *S. abolinii* (Korovin) Schischk., *Semenovia rubtzovii* (Schischk.) Manden., *S. asperulum* (Traunv.) Schischk., *Pastinacopsis glacialis* Golosk., *Aulacospermum simplex* Rupr., *Sium medium* Fisch. & C.A. Mey. *Tschulaktavia saxatilis* (Bajtenov) Bajtenov ex Pimenov & Kljuykov (*Silaum saxatilis* Bajtenov), *Pilopleura goloskokovii* (Korov.) Pimen. [15,16]

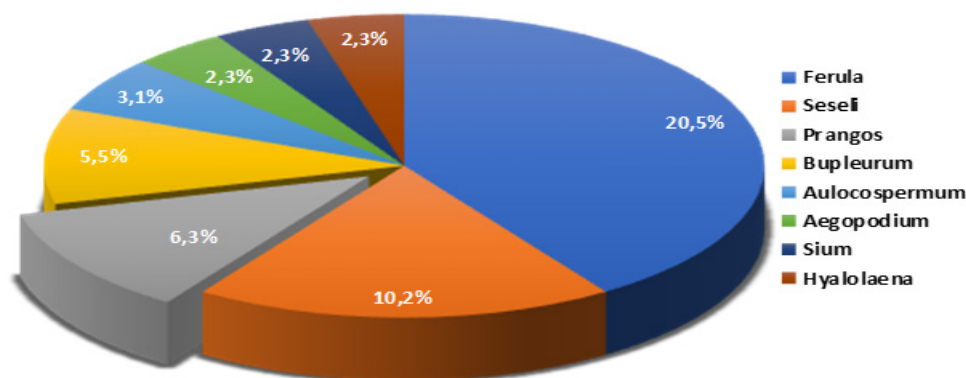


Рисунок 1 – Наиболее крупные рода семейства *Apiaceae* Алматинской области

Из краснокнижных произрастают 10 видов, из них получившие статус 1 (E) – относятся 2 вида: *Ferula iliensis* Krasn. ex Korovin (*F. popovii* Korovin), *Hyalolaena tschuiensis* (Pavlov ex Korovin) Pimenov & Kljuikov. (*Tugaja iliensis* (Bajtenov) Bajtenov), *F. sugatensis* Bajt., *Hyalolaena tschuiensis* (Pavlov ex Korovin) Pimenov & Kljuikov.

Ко 2 категории относится *Ferula taucumica* Bajtenov, *Prangos herderi* (Regel) Herrnst. & Heyn, *Semenovia rubtzovii* (Schischk.) Manden., *Pilopleura goloskokovii* (Korov.) M. Pimen., *Pastinacopsis glacialis* Golosk., *Tschulaktavia saxatilis* (Bajtenov) Bajtenov ex Pimenov & Kljuikov (*Silaum saxatilis* Bajtenov) [16].

К инвазивным видам относятся: *Eryngium planum* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Turgenia latifolia* (L.) Hoffm., *Carum carvi* L., *Falcaria vulgaris* Bernh. (*Falcaria sioides* (Wib.) Aschers.), *Aegopodium podagraria* L., *Sium sisarum* L. (*Sium sisaroides* DC.), *S. latifolium* L., *S. libanotis* (L.) W.D.J. Koch (*S. sibirica* (L.) C.A. Mey.), *Conium maculatum* L., *Heracleum sphondylium* subsp. *montanum* (Schleich. ex Gaudin) Briq., *Heracleum dissectum* Ledeb., *H. lanatum* Michx. (*Heracleum sphondylium* subsp. *montanum* (Schleich. ex Gaudin) Briq., *Daucus carota* L., *Petroselinum crispum* (Mill.) A. W. Hill, *Oenanthe aquatica* (L.) Poir. [17, 18].

Среди зонтичных преобладают однолетние и многолетние травы разнообразного облика. Значительно реже встречаются полукустарники, а кустарники и древовидные жизненные

формы встречаются лишь в немногих родах – *Bupleurum*, *Eryngium* [1].

Многолетники представлены как поликарпиками, цветущими и плодоносящими в течение целого ряда лет, так и монокарпиками, после плодоношения полностью отмирающими. Обычно в течение 3–15 лет многолетники – монокарпики образуют лишь розетки прикорневых листьев, накапливая питательные вещества в коре, а затем дают мощный цветущий стебель. К ним, в частности, принадлежат многие виды рода *ферула*, распространенные в полупустынях и низкогорьях Средней и Западной Азии.

Соотношение по основным жизненным формам выглядит следующим образом: многолетники – 76%; двулетники 11%–однолетники – 12%.

В составе семейства зонтичных в пределах Алматинской области имеются виды с разной экологией (таблица 1).

Из таблицы 1 хорошо видно, что на территории Алматинской области среди семейства *Apiaceae* преобладают в основном мезофильные виды (53,5%), участие ксерофитов (35,9%), гигрофитов (6,3%) и гидрофитов (1,6%).

С целью выявления видов, перспективных для включения в Красную книгу Алматинской области, нами проанализированы виды, которые имеют очень ограниченное число местообитаний, т. е. встречаются нечасто и редко. Нечасто встречаются следующие виды: *Turgenia latifolia* (L.) Hoffm., *Falcaria vulgaris* Bernh., *Aegopodium podagraria* L., *Petroselinum crispum* (Mill.) A. W. Hill., *Daucus carota* L. Редко отмечаются *Oenanthe aquatica* (L.) Poir. и *Bunium vaginatum* Korovin.

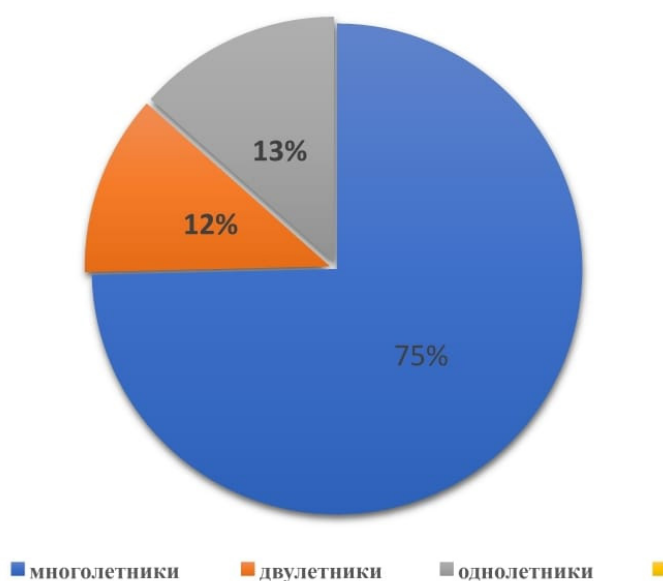


Рисунок 2 – Основные жизненные формы

Таблица 1 – Соотношение экологических групп по отношению к влаге в семействе зонтичных во флоре Алматинской области

№ п/п	Экологическая группа по отношению к воде	Число видов	%
1	Мезофиты	68	53,5
2	Ксерофиты	49	35,9
3	Гигрофиты	8	6,3
4	Гидрофиты	2	1,6
	Всего	127	100%

Систематическое положение семейства: отдел Цветковые, или Покрытосеменные (Magnoliophyta, или Angiospermae) Подкласс Розиды (Rosidae) Семейство Сельдерейные, или Зонтичные (*Apiaceae*, или *Umbelliferae*).

В тексте приводятся сокращенные слова административных районов Алматинской области: Панфиловский (ПР), Карасайский (КсР), Алакольский (АлР), Енбекшиказахский (ЕнР), Кегенский (КегР), Уйгурский (УР), Раимбекский (РР), Кербулакский (КерР), Талгарский (ТР), Коксуский (КоР), Ескильдинский (ЕсР), Саркандский (СР), Аксуский (АкР), ГКапшагай, Балхашский (БР), Каратльмский (КТР), Илийский (ИР), Жамбылский (ЖР).

Ниже представлен конспект видовой разнообразия семейства *Apiaceae* Lindl., по административным районам Алматинской области,

который показал, что они распределены неравномерно:

Eryngium planum L. Мн. Растет в ковыльно-типчаковых степях, в луговых западинах, вдоль канав, на залежах и в поймах. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, КоР, ЕсР, КерР, БР, КТР, ИР.

E. macrocalyx Schrenk in Fisch. et Mey. Мн. Растет в мягких лёссовых предгорьях на темных суглинистых серозёмах. Цв. и пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, АкР, СР, АлР.

Krasnovia longiloba (Kar. & Kir.) Popov ex Schischk. Мн. Растет по каменистым склонам среди кустарника в среднем поясе гор. Цв. и пл. V–VI, VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, ИР, ЕсР, АкР, КерР.

Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm. Мн. Растет в ельниках, тенистых ущельях и речных долинах, в лесном поясе. Цв. и пл. VI–VII, VIII.

Распр. в Алмат. обл.: УР, РР, КоР, СР, ЕсР.

A. nemorosa Spreng. (*A. aemula* (Woronow) Schischk.). О. Растет в ельниках, тенистых ущельях и речных долинах в лесном поясе. Цв. и пл. VI–VII, VIII.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, ТР, РР, КоР, СР, ЕсР.

Scandix stellata Banks & Sol. О. Растет на мелкощепнистых почвах горных склонов и в предгорьях. Цв. и пл. IV–V, V–VI.

Распр. в Алмат. обл.: УР, АлР, ТР, КсР, РР, КерР, СР, ЕсР, КоР, ГКапшагай, БР, ЖР.

Coriandrum sativum L. О. Встречается в садах и на полях в качестве одичалого растения, реже в посевах. Цв. и пл. VI–VII, VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: УР, АлР, ТР, КсР, РР, КерР, СР, ЕсР, КоР, ГКапшагай, БР, ЖР.

Schrenkia involucrata Regel & Schmalh. Мн. Эндем. Растет по щебнистым склонам и вершинам возвышенностей. Цв. и пл. V–VI.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, ТР, ЖР.

S. vaginata (Ledeb.) Fisch. et C. A. Mey. Мн. Растет на южных, каменистых склонах, в среднем и верхнем поясе гор. Цв. и пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: УР, КсР, РР, ЕнР, ТР, ЖР, КерР, ЕсР, СР, АкР, КоР, БР, ИР.

Prangos odontalgica (Pall.) Herrnst. & Heun (*Cachrys odontalgica* Pall.). Мн. Растет на солонцеватых почвах в полынно–ковыльных степях. Цв. V, пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: БР.

P. uloptera DC. Мн. Растет на глинисто–щебенчатых почвах и галечнике в предгорьях. Цв. V–VI, пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ЖР.

P. didyma (Regel) Pimenov & V.N. Tikhom. Мн. Растет на глинистых подгорных равнинах, такырах, сухих руслах рек в поясе низких предгорий, окраины закрепленных песчаных пустынь. Цв. V–VI, пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, РР, ТР, КоР, ГКапшагай, БР, ЖР, ИР, КтР.

P. herderi (Regel) Herrnst. & Heun. Мн. На щебнистых склонах, каменистых сухих руслах, дерновинно–злаковых и кустарниковых степях, 700–1800 м над ур. м. Цв. V, пл. VI.

Распр. в Алмат. обл.: СР, КерР, АкР.

P. ornata Kuzmina (*P. quasiperforata* Kuzmina). Мн. Растет вдоль сухих русел рек, на каменистых склонах, у скал, в низкотравных и крупнотравных полусаваннах, по окраинам ку-

старниковых зарослей, 600–2000 м над ур. м. Цв. и пл. V–VII, VII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, ТР, ЖР, РР.

P. ledebourii Herrnst. & Heun. Мн. На каменистых склонах и вершинах, у скал, на третичных обнажениях, в сухих дерновинно–злаковых, кустарниковых. Цв. V–VI, пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: СР, КтР.

P. cachroides (Schrenk) Pimenov & V.N. Tikhom.* Мн. Эндем. Растет на грядово–бугристых песках в полынных сообществах. Цв. V, пл. VI.

Распр. в Алмат. обл.: БР.

Angelica decurrens Ledeb. Мн. Растет на влажных местах в оврагах, вдоль горных ручьев и рек в среднем поясе гор. Цв. и пл. VIII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, РР, ЕнР, ТР, КерР, АкР, КоР, ЕсР, СР.

A. brevicaulis (Rupr.) B. Fedtsch. Мн. Обычен в альпийском и в субальпийском поясах. Растет по щебнисто–мелкоземистым склонам, галечникам рек, сырым лугам, моренам, каменистым осыпям, у ледников. Цв. и пл. VI–VII, VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ЕнР, КсР, РР, ТР, БР, ИР, КерР, СР, ЕсР.

Bupleurum densiflorum Rupr. Мн. Встречается в субальпийском и альпийском поясах, на щебнистых, остепненных лугах, в кобрезниках. Цв. VII и пл. VIII.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, ТР, УР, РР, КоР.

B. longifolium L. Мн. Растет в субальпийских и горнолесных высокотравьях, еловых и мелколиственных лесах, зарослях кустарников в долинах рек и ручьев. Цв. и пл. VI–VII, VIII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, УР, ЕнР, ТР, КсР, РР, КоР, ИР, ЕсР, СР, КерР.

B. krylovianum Schischk. Мн. Растет среди зарослей кустарников, на лесных полянах, реже на каменистых горных склонах. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: УР, ЕнР, ТР, РР, ЕсР, СР, ИР, КерР, КоР.

B. thianschanicum Freun. Мн. Растет на степных склонах, в лесном и субальпийском поясах, на высоте 2100, по щебнисто–мелкоземистым склонам. Цв. и пл. VII–VIII, VIII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ТР, УР, ЕнР, РР, ИР.

B. exaltatum M. Bieb.* (*B. angustifolium* Pall.). Мн. Растет в древесно–кустарниковом поясе гор, на каменистых склонах. Цв. и пл. VI–VII, VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: КоР, КерР, ТР, КсР, ЕнР, РР.

B. aureum Fisch. ex Hoffm.* (*Bupleurum angustifolium* Zeltb.). Мн. Растет по опушкам и полянам еловых лесов, среди кустарников, по берегам рек и на лесных лугах. Цв. и пл. VI–VII, VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: УР, ПР, РР, АлР, ЕнР, КсР, ТР, КоР, ИР, ЕсР, СР, КерР.

Paraligusticum discolor (Ledeb.) V.N. Tikhom. (*Ligusticum discolor* Ledeb.). Мн. Растет по мягким горным склонам среди кустарников. Цв. и пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: РР, ЕнР, КсР, ТР, АлР.

Lomatocarpa albomarginata (Schrenk) Pimenov & Lavrova. Мн. Растет на альпийских лужайках, на глинисто–каменистых склонах гор до 3400 м над уровнем моря, в кобрезниках, на моренах, сыртах. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, УР, КсР, ЕнР, ТР, РР, АлР, ЖР, КерР.

Neogaya simplex (L.) Meisn. (*Pachypleurum alpinum* Ledeb.; *Ligusticum mutellinoides* Vill.). Мн. В ельниках, на луговых склонах. Цв. и пл. VII, VIII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, КерР, ЕсР.

Carum carvi L. Дв. или мн. Растет вдоль ручьев и по берегам рек, на лугах и в кустарниках от подножий гор до субальпийского пояса. Цв. и пл. VI–VII, VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: РР, КсР, ЕнР, ТР, КерР, АлР, СР.

Bunium vaginatum Korovin (*Elwendia vaginata* (Korovin) Pimenov & Kljuikov*). Мн. Растет по каменистым склонам предгорий. Цв. V, пл. VI.

Распр. в Алмат. обл.: ЖР.

B. setaceum H. Wolff. (*Elwendia setacea* (Schrenk) Pimenov & Kljuikov*; *Scaligeria setacea* Korovin). Мн. Растет по мягким травянистым, реже каменистым склонам гор до высоты 2200 м над ур. моря. Цв. и пл. VI, VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ЕсР, СР, ИР, КерР, АкР, ЖР.

Oedibasis apiculata (Kar. & Kir.) Koso-Pol. Мн. Растет на барханных закрепленных песках, в подгорных, на мелкоземисто–щебнистых склонах, шлейфах и плоских вершинах, по лессовым холмам, в трещинах разрушающихся скал, 3100 м над ур. м. Цв. V–VII, пл. VI–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, ТР, ЕсР, КерР, КоР, ГКапшагай, ЖР, БР, КТР, ИР.

Falcaria vulgaris Bernh. (*Falcaria sioides* (Wib.) Aschers.). Дв. Растет в степях, по логам, среди кустарников, иногда на солонцеватых лу-

гах, залежах и в посевах. Цв. и пл. VI–VII, VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, АлР, ЕнР, УР, РР, ТР, ИР, КерР, КТР.

Cuminum cyminum L. О., Дв. Растет как сорное на полях. Цв. IV, пл. V.

Распр. в Алмат. обл.: БР.

C. setifolium (Boiss.) Koso-Pol. (*Psammogeton setifolium* Boiss.). О. По закрепленным пескам, на лессовых склонах, обнажениях известняков и пестроцветов, в глинистых полынных и полынно–солянковых пустынях и полупустынях, среди ксерофильных кустарников, по берегам соленых озер, реже как сорняк в посевах и как рудеральное. Цв. IV–V, пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, КоР, КТР, ИР, БР.

Schulzia crinita (Pall.) Spreng. Мн. Растет на слабозаросших древних моренах до 3000 м над ур. моря. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, ИР.

Sch. albiflora (Kar. & Kir.) Popov. Мн. Растет на полянах и опушках ельников и на открытых травяных склонах в альпийском и субальпийском поясах. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: УР, РР, ТР, ИР, КоР, КерР.

Aegopodium podagraria L. Мн. Растет в горных лесах и кустарниках как сорное. Цв. и пл. VI, VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, ИР, КерР, ЕсР, КоР, АлР, АкР.

Ae. tadshikorum Schischk. Мн. В зарослях мезофильных кустарников, на влажных каменистых склонах, в долинах рек. Цв. и пл. VI–VII, VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, ИР, КерР, ЕсР, КоР, АкР.

Ae. alpestre Ledeb. Мн. Растет на мягких, травянистых склонах в поясе субальпийских лугов, а также в еловых лесах на полянах и опушках. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, УР, КсР, ЕнР, ТР, РР, СР, ЕсР, КоР, ИР, КерР, АкР.

Pimpinella puberula (DC.) Boiss. О. Растет по щебенчатым склонам предгорий, в сухих руслах горных речек и на галечниках. Цв. VI, пл. VII.

Распр. в Алмат. обл.: ЖР.

Aphanopleura capillifolia (Regel & Schmalh.) Lipsky (*Psammogeton capillifolium* (Regel & Schmalh.) Mousavi, Mozaff. & Zarre*). Растет на лессовых холмах низких предгорий и в песчаных пустынях. Цв. V, пл. VI.

- Распр. в Алмат. обл.: ИР, ЖР.
Cicuta virosa L. Мн. Растет в болотах, по берегам озер, ручьев и рек на равнинах. Цв. V, пл. VI.
 Распр. в Алмат. обл.: ИР, БР.
Sium sisarum L. (*Sium sisaroides* DC.). Мн. Растет на влажных местах вдоль берегов рек, каналов и озер, на заливных лугах. Цв. и пл. VI–VII, VII–VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: ПР, УР, КсР, ЕнР, ТР, РР, ЕсР, ИР, ГКапшагай, БР.
S. latifolium L. Мн. На заболоченных участках, в воде, по берегам водоемов. Цв. и пл. VII–VIII, VIII–IX.
 Распр. в Алмат. обл.: ЕнР, УР, РР, КерР, ИР.
S. medium Fisch. & С.А. Мей. Мн. Растет на мокрых лугах речных долин, по болотистым местам и берегам водоемов. Цв. VII, пл. VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: УР, КсР, ЕнР, ТР, РР, ЕсР, ИР, БР.
Berula erecta (Huds.) Coville. Мн. Растет по берегам озер, рек, ручьев и арыков на равнинах и в глухих предгорьях. Цв. и пл. VII, VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР.
Seseli schrenkianum (С.А. Мей. ex Schischk.) Pimenov & Sdobnina (*Libanotis schrenkiana* С.А. Мей. ex Schischk.). Мн. Растет на лесных полянах и открытых луговых склонах гор. Цв. и пл. VII–VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: ПР, УР, КсР, ЕнР, РР, ТР, ЕсР.
S. aemulans Роров. Мн. Растет на каменистых сопках и по сухим руслам на галечнике. Цв. и пл. VIII, IX.
 Распр. в Алмат. обл.: УР, РР.
S. eriocephalum (Pall. ex Spreng.) Schischk. (*Seseli platyphyllum* (Schrenk) O. et B. Fedtsch.). Эндем. Мн. Растет в глинистых пустынях, на мокрых солончаках, по берегам соленых озер и соров и по обнажениям гипса на обрывах. Цв. VII, пл. VIII–IX.
 Распр. в Алмат. обл.: КсР, ТР, ЕнР, РР, КерР, ЖР, ИР, БР.
S. ledebourii G. Don (*Seseli hippomarathrum* subsp. *hebecarpum* Drude*). Мн. Растет на мелко-сопочнике по щебнистым склонам, реже на песках и солонцеватых лугах. Цв. VI, пл., VII–VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: БР.
S. sessiliflorum Schrenk. Мн. Растет по сухим, часто каменистым склонам и шлейфам пустынных возвышенностей. Цв. VI–VII, пл. VII–VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: ТР, УР, ЕнР, РР, ЕсР, ГКапшагай, ИР, ЖР, БР, КТР.
S. asperulum (Trautv.) Schischk. Мн. Эндем. По сухим каменистым пологим склонам, в опустыненных степях, по более крутым щебнистым склонам в сухих петрофитных степях с кустарниками, до 1600 м над ур. м. Цв. VI–VII, пл. VII–VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: ИР, АлР, БР.
S. iliense (Regel & Schmalh.) Lipsky (*Libanotis iliensis* (Lipsky) Korovin). Мн. Растет по каменистым склонам предгорий и галечниковым сухим руслам на высотах около 1000 м над ур. моря. Цв. и пл. VI–VII, VII–VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: УР, ЕнР, КсР, РР, КерР, КТР, ИР, ПР.
S. valentinae Роров. Мн. Растет по склонам низких предгорий на щебнистой и дресвяной почве и в сухих руслах на галечнике. Цв. и пл. VI–VII, VII–VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: УР, ЕнР, ТР, РР, КерР.
S. buchtormense (Fisch. ex Hornem.) W.D.J. Koch. Мн. В трещинах скал, открытых каменистых склонах и скалах в лесном поясе гор. Цв. и пл. VII–VIII, VIII–IX.
 Распр. в Алмат. обл.: РР, КсР, УР, ЕнР, ТР, СР, КоР, ЕсР, АкР, ГКапшагай, ИР, КТР, БР.
S. libanotis (L.) W.D.J. Koch. Мн. Растет на лесных полянах и открытых лугах равнин и гор. Цв. и пл. VII–VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ИР.
S. abolinii (Korovin) Schischk. (*L. michaylovae* Korovin; *L. abolinii* (Korovin) Korovin; *L. turajgyrica* Bajt.). Мн. На сухих щебнистых склонах и вершинах, на зарастающих осыпях, по галечникам в долинах рек, в составе петрофитона, а также на опушках пойменных лесов 1000–2100 м над ур. м. Цв. и пл. VII, VIII.
 Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, ИР, АкР.
S. condensatum Rchb.f. (*Pachypleurum condensatum* (L.) Korovin). Мн. На влажных субальпийских лугах, вдоль русел рек, нередко частично в воде, по опушкам еловых, пихтовых и лиственничных лесов, мезофильных и гигрофильных кустарников, по долинам рек иногда спускается до 1100–1200 м над ур. м. Цв. VII, пл. VIII–IX.
 Распр. в Алмат. обл.: ИР, СР, КерР.
S. mucronatum (Schrenk) Pimenov & Sdobnina (*Ligusticum mucronatum* (Schrenk) Witttr. & Juel*; *Pachypleurum mucronatum* (Schrenk) Schischk.). Мн. Растет в субальпийском поясе по открытым травяным склонам, на моренах и скалах, среди арчи на щебенчато-глинистых почвах. Цв. и пл. VII, VIII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, ТР, РР, АкР, КоР, КерР, ИР.

Seselopsis tianschanica Schischk. Мн. Растет на щебнистых осыпях, в трещинах скал, среди стелющейся арчи, на скалах, на высоте 2000–2500 м над ур. моря. Цв. и пл. VI–VII, VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: УР, РР.

Aulacospermum gonocaulum Popov. Мн. Растет в субальпийском поясе у верхней границы леса среди разнотравья, кустарниковых зарослей. Цв. и пл. VI–VII, VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР ТР, РР, АкР, КерР, КоР.

A. tenuisectum Korovin. Мн. Растет по глинисто–каменистым склонам гор в субальпийском и альпийском поясах. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР.

A. turkestanicum (Franch.) Schischk. (*Aulacospermum latipennum* Pavlov). Мн. Растет по травянистым склонам гор до субальпийского пояса. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, КерР, КоР, СР.

A. anomalum (Ledeb.) Ledeb. Мн. Растет на субальпийских лугах, степных склонах, в зоне леса на h 2200 м. Цв. и пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, КоР, АкР, ИР.

Pleurospermum simplex (Rupr.) V.Fedtsch* (*Aulacospermum simplex* Rupr.). Мн. От лесного до высокогорного пояса, на травянистых и щебнистых склонах, на полянах и по опушкам еловых лесов, среди каменистых осыпей, 1200–3000 м над ур. м. Цв. и пл. VI–VII, VII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: УР, ТР, ЕнР, ЖР, РР, ПР, КерР, КсР, КоР, ЕсР, СР.

Seseli condensatum (L.) Rchb.f. * (*Conioselinum vaginatum* (Spreng.) Thell. Мн. Растет в поймах горных рек, среди кустарников и в осинниках, преимущественно в лесном поясе. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, ЕсР, КерР, КоР.

Conioselinum tataricum Hoffm. Мн. Растет в поймах горных рек, среди кустарников и в осинниках, преимущественно в лесном поясе. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, РР, ТР, ЕсР, КерР, КоР.

Vicatia atosanguinea (Kar. & Kir.) P.K. Mukh. & Pimenov (*Carum atosanguineum* Kar. & Kir.). Мн. На полянах и опушках ельников, реже на скалах и в альпийских, субальпийских лугах. Цв. и пл. VI–VII, VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, КоР.

Hyalolaena trichophylla (Schrenk) Pimenov & Kljuikov (*Hymenolyta trichophyllum* (Schrenk) Korovin). Мн. Растет в полынно–типчаковых и тырсовых степях предгорий, реже на щебенчатых склонах. Цв. и пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: УР, ПР, КсР, ЕнР, ТР, РР, ГКапшагай, СР, ЕсР, ИР.

H. bupleuroides (Schrenk) Pimenov & Kljuikov (*Hymenolyta bupleuroides* (Schrenk) Eug. Kor.). Мн. Растет в полынно–типчаковых степях, на солонцеватых лугах, подгорных равнинах и в межгорных долинах. Цв. и пл. V–VI.

Распр. в Алмат. обл.: УР, КсР, ЕнР, ТР, РР, КерР, ЕсР, КтР, ГКапшагай, БР, ИР, ЖР.

H. tschuiiensis (Pavlov ex Korovin) Pimenov & Kljuikov (*Tugaja iliensis* (Bajtenov) Bajtenov). Мн. Растет в Тугаях, среди кустарников и лиан. Цв. VII, пл. VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ИР.

Conium maculatum L. Дв. Встречается по сорным местам, особенно в местах стоянки скота на горных пастбищах, вдоль арыков. Цв. и пл. VI–VII, VII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, ЕсР.

Eremodaucus lehmannii Bunge. О. Обычен на лессовых холмах в зоне предгорий. Цв. и пл. V–VI.

Распр. в Алмат. обл.: ЕнР, ТР, КсР, ЖР.

Elaeosticta allioides (Regel & Schmalh.) Kljuikov, Pimenov & V.N. Tikhom. Мн. Растет в лессовых предгорьях и на увалах по левому берегу реки, по дну ущелья, подгорных равнинах. Цв. и пл. V–VI, VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, ТР, РР.

Galagania fragrantissima Lipsky (*Muretia fragrantissima* (Lipsky) Korovin). Мн. По горным травяным склонам в степном поясе. Цв. и пл. VI, VII.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, УР, РР, ТР.

Ferula lehmannii Boiss. Мн. Растет среди польни на песчано–глинистых равнинах. Цв. IV, пл. V.

Распр. в Алмат. обл.: БР.

F. karelinii Bunge (*Schumannia karelinii* (Bunge) Korovin). Мн. Растет на песках и песчано–гравийных почвах равнин. Цв. V–VI, пл. VII.

Распр. в Алмат. обл.: КтР, БР.

F. syreitschikowii Koso–Pol. Мн. Произрастает на глинистых, щебенчатых, песчаных и солонцеватых почвах. Цв. и пл. V–VI.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, КерР, ГКапшагай, ЖР, ИР.

F. kelleri Koso-Pol. Мн. Растет по травянистым склонам и среди кустарников в среднем поясе гор. Цв. и пл. VI–VII, VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, АкР, ИР, СР.

F. varia (Schrenk) Trautv.* (*Ferula schair Borszcz.*). Мн. Растет в полынных степях, на песках, навешанных на такырах, реже на каменистых склонах пустынных возвышенностей. Цв. V, пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: БР, ЖР.

F. dissecta (Ledeb.) Ledeb. Мн. Растет по травянистым, степным склонам предгорий. Цв. и пл. V, VI.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, АлР, ЕнР, УР, РР, ТР, ЕсР, КерР, ГКапшагай, КТР.

F. akitschkensis В. Fedtsch. ex Koso-Pol. Мн. Произрастает по остепненным, каменистым склонам в нижнем поясе гор. Цв. и пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, КерР, ЕсР, СР, ЖР.

F. transiliensis (Regel & Herder) Pimenov (*Talassia transiliensis* (Regel & Herder) Korovin). Мн. Растет по скалам в альпийском и субальпийском поясах. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, КерР, СР.

F. iliensis Krasn. ex Korovin (*F. popovii* Korovin). Мн. Растет на глинисто-щебнистых почвах по шлейфам гор. Цв. и пл. V, VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, АкР, ИР.

F. sugatensis Vajtenov. Мн. Растет на солончаковых пятнах в межгорной долине. Цв. и пл. V, VI.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, УР, РР, ТР.

F. teterrima Kar.et Kir. (*Ferula balchaschensis* Vajtenov). Мн. Растет в полынно-боялычевой пустыне. Цв. и пл. V–VI.

Распр. в Алмат. обл.: БР, КТР.

F. canescens Ledeb. Мн. Растет на щебенчато-глинистых почвах в равнинах и низкогорье. Цв. VI, пл. VII.

Распр. в Алмат. обл.: ЖР, ИР, КТР, БР.

F. nuda Spreng. Мн. Растет в пустыне и полупустыне на глинистых засоленных почвах. Цв. V, пл. VI.

Распр. в Алмат. обл.: ИР, БР.

F. stylosa Korovin*. (*Ferula ovina* Boiss.). Мн. Растет в пустыне и полупустыне на глинистых засоленных почвах. Цв. V–VI, пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ЖР, КоР.

F. tenuisecta Korovin*. Мн. Растет по каменистым и травянистым склонам в среднем поясе гор. Цв. V–VI, пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ЖР.

F. songarica Pall. ex Schult. Мн. Растет преимущественно в горах по степным травянистым склонам и в мелкосопочнике среди луговых степей. Цв. VI, пл. VII.

Распр. в Алмат. обл.: СР, БР, АлР, ИР.

F. karataviensis (Regel & Schmalh.) Korovin. Мн. Растет на глинисто-щебнистых почвах по склонам и шлейфам низкогорий. Цв. V–VI, пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ГКапшагай, ЖР.

F. paniculata Ledeb. (*F. ferulaeoides* (Steud.) Korovin). Мн. Растет в полынные и полынно-типчачковых, солонцеватых степях. Цв. V, пл. VI.

Распр. в Алмат. обл.: БР, ИР, ЖР.

F. dubjanskyi Korovin ex Pavlov (*F. dshaudshamyr* Korovin). Мн. Растет на песках, реже на каменистых сопках. Цв. VI, пл. VII.

Распр. в Алмат. обл.: ИР, КТР.

F. penninervis Regel & Schmalh. Мн. Растет от высоких предгорий до субальпийского пояса (800–2900 м над ур. м.) на каменистых склонах, мелкощебнистых и крупноглыбных осыпях, галечниковых террасах, сухих руслах, в группировках петрофитов и ксерофитов, по опушкам арчевников, в ковыльно-типчачковых сухих степях. Цв. V–VI, пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, КоР, АлР, ЕнР, УР, РР, ТР.

F. caspica M. Bieb. Растет в степях и полупустыне на солонцеватых глинистых и глинисто-щебнистых почвах равнин и на меловых обнажениях. Цв. V–VI, пл. VI–VII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, БР, ЖР.

F. leiophylla Korovin. Мн. Растет на солонцеватых лугах подгорных равнин, изредка на песках. Цв. V, пл. VI.

Распр. в Алмат. обл.: ЕсР, ИР, БР.

F. taucumica Vajtenov. Мн. Растет на бугристых полужакрепленных песках. Цв. V–VI. Пл. VI–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: БР, ИР, ЖР.

Heraclеum dissectum Ledeb. Дв., мн. Растет на влажных местах в речной долине, вдоль ручьев, преимущественно в горах, в поясе древесно-кустарниковой растительности. Цв. VII, пл. VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, АкР, УР, РР, ТР, СР, ЕсР, КоР, КТР, ИР.

H. lanatum Michx. Дв., мн. Растёт в крупнотравных зарослях, разреженных каменно-березовых и хвойных лесах, в долинах рек. Цв. и пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ЕнР, УР, ПР.

Semenovia transiliensis Regel & Herd. (*Heracleum transiliense* Regel et Herd.) O.B. Fedtsch. Мн. Растет на мезофильных лугах, в поймах рек, в альпийском поясе по галечникам, в поясе хвойных лесов по открытым травяным склонам. Цв. и пл. VII, VIII.

Распр. в Алмат. обл.: УР, ЕнР, ТР, КсР, РР.

Daucus carota L. Дв., реже О. Как сорное у дорог, в полях, на межах и залежах. Цв. и пл. VI–VIII, VI–IX.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, АлР, ЕнР, УР, РР, ТР, СР, КерР, ЕсР, КоР, ЖР, ИР, КтР.

Pastinaca sativa L. Дв. Растет изредка одичалым на полях, по улицам, во дворах и на огородах, в диком состоянии в Средней Азии неизвестен. Цв. и пл. VI, VII.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, УР, РР, ТР.

Pastinacopsis glacialis Golosk. Мн. Растет на каменистых склонах в альпийском поясе.

Цв. и пл. VII–VIII, VIII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, АлР, ЕнР, УР, РР, ТР.

Turgenia latifolia (L.) Hoffm. О. Растет как сорное на богарных и поливных землях, на залежах, около жилья, в оазисах, тугаях, реже на лессовых, щебнистых конгломератных и пестроцветных склонах и обнажениях в предгорьях, на закрепленных песках, по сухим руслуам, поднимается до 2500 м над ур. м. Цв. IV–VIII, пл. V–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: УР, РР, КсР, ЕнР, ТР, ЕсР, СР, КерР, АлР, АкР, ГКапшагай, БР, КтР, ИР, ЖР.

Hymentolaena nana Rupr. Мн. Растет по берегам ручьев, на луговинах, альпийских лугах, криофильных подушечниках, на осыпях. Цв. и пл. VII–VIII, VIII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, УР, РР, ТР.

Foeniculum vulgare Mill. Мн. Растет на каменистых осыпях, среди разрушающихся скал, по речным террасам, на полянах среди разреженных кустарников, кроме того, часто культивируется и дичает. Цв. и пл. VI–VIII, VII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, АкР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР.

Zosima korovinii M. Pimen. (*Platytaenia tordyloides* (Korov.) Korov.). Мн. и двл. На щебнистых и пестроцветных склонах, осыпях, каменистых обнажениях, в луговых, разнотрав-

ных, кустарниковых, типчаково-ковыльных, и ковыльных степях, арчевниках, изредка на опушках еловых лесов и иногда как полусорное. 1000–2900 м над ур. м. Цв. и пл. V–VI, VI–VII. Распр. в Алмат. обл.: КсР, ЕнР, РР, ТР.

Eremodaucus lehmannii Bunge. Мн. Растет на лёссовых холмах в зоне предгорий. Цв. V, пл. VI. Распр. в Алмат. обл.: КерР, ЕсР.

Petroselinum crispum (Mill.) Fuss * (*Petroselinum crispum* subsp. *crispum*). Дв., редко О. Культивируется на огородах и иногда дичает. В горы поднимается до 2000 м над ур. м. Цв. и пл. VI–VII, VII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР, ЕсР, ЖР, ИР, КтР.

Paraligusticum discolor (Ledeb.) V.N. Tikhom. Мн. Растет на мелкоземистых, щебнистых склонах, по террасам речных долин, на опушках и полянах лиственных и хвойных лесов, в зарослях мезофильных кустарников на высотах 900–2900 м над ур. моря.

Цв. VI–VII, пл. VII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: АлР, КоР, КерР, ЕсР, ТР, ЕнР.

Tschulaktavia saxatilis (Bajtenov) Bajtenov ex Pimenov & Kljuikov (*Silaum saxatilis* Bajtenov). Мн. Растет в расщелинах скал в засушливых горах. Цв. VII, пл. VIII.

Распр. в Алмат. обл.: КерР.

Pilopleura goloskokovii (Korovin) Pimenov. Мн. Растет на скалах в верхнем поясе гор.

Цв. VI.

Распр. в Алмат. обл.: АкР.

Semenovia rubtzovii (Schischk.) Manden. – *Platytaenia rubtzovii* Schischk. Мн. и двл. Растет на каменистых и мелко-щебнистых склонах и известковых скалах, 1200–1500 м над ур. м.

Распр. в Алмат. обл.: КерР.

S. transiliensis Regel & Herder. Мн. Растет в поясе хвойных лесов по открытым травяным склонам, реже на каменистых местах и в речных долинах. Цв. V, пл. VI.

Распр. в Алмат. обл.: ЕсР, КерР.

Coriandrum sativum L. О. Выращивается как пряность в огородах во всех оазисах предгорного, нижнего и среднего горных поясов, до 3000 м над ур. м. Цв. и пл. VI–VII, VII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: ПР, АлР, АкР, КсР, ЕнР, УР, РР, ТР.

Oenanthe aquatica (L.) Poir. Мн. Растет в воде медленно текущих и стоячих водоемов, на топких берегах озер и болот, реже по заливным и заболоченным лугам. Цв. VI–VII, пл. VII–VIII.

Распр. в Алмат. обл.: АлР, ИР.

Peucedanum morisonii Besser ex Schult. Мн. Растет по плакорным водоразделам и в низкогорьях, в типчакowo-ковыльно-разнотравных, разнотравно-ковыльных степях, в зарослях кустарников по лощинам, до 1800 м над ур. м. Цв. VII–VIII, пл. VIII–IX.

Распр. в Алмат. обл.: ЕсР, АлР, КоР.

Trinia ramosissima Ledeb. (*T. polyclada* Schischk). Мн. Растет в ковыльно-полынных, тичаковых и луговых степях и среди степных кустарников. Цв. VI, пл. VII.

Распр. в Алмат. обл.: ИР.

Cenolophium denudatum (Hornem.) Tutin. – *Cenolophium fischeri* (Spreng) W.D.J. Koch. Мн. Растет на лугах в поймах рек и в луговых западинах. Цв. VII, пл. VIII.

Распр. в Алмат. обл.: ИР.

Заключение

По результатам обработки материалов, собранных другими коллекторами по Алматинской области, обработки гербарных образцов, хранящихся в Гербарии Института ботаники и фитоинтродукции МОН РК, а также анализа

литературных данных создан конспект видов семейства *Apiaceae* по административным районам Алматинской области, состоящий из 127 видов из 57 родов. Выявлены доминирующие роды, определены типы жизненных форм и экологические группы. Детальный анализ редко встречающихся видов: *Turgenia latifolia* (L.) Hoffm., *Falcaria vulgaris* Bernh., *Aegopodium podagraria* L., *Petroselinum crispum* (Mill.) A. W. Hill., *Daucus carota* L. *Oenanthe aquatica* (L.) Poir. и *Bunium vaginatum* Korovin. позволит выяснить насколько они могут быть перспективны для включения их в Красную книгу области. Результаты исследований показали, что эндемичные и краснокнижные виды растений произрастают в основном в нижнем и среднем поясах гор, на высоте от 1100 до 2300 м над уровнем моря.

Финансирование











Данное исследование было поддержано Министерством экологии и природных ресурсов Республики Казахстан (Программа, IRN: BR10264557).

Литература

1. Pimenov M. G., Kljuikov E. V., Degtjareva G. V. 2012. Note on two Umbelliferae taxa of South-Eastern Kazakhstan, invalidly published by M. S. Bajtenov. Bot. Zhurn. (Moscow & St. Petersburg) 97(5): 650–658.
2. Heywood V. H. Flowering plant families of the world. Oxford Univ. Press. 335 p.
3. Pimenov M. G. Updated checklist of the Umbelliferae of Middle Asia and Kazakhstan: nomenclature, synonymy, typification, distribution. Turczaninowia 23, 4: 127–257 (2020) DOI: 10.14258
4. Мукумов И.У. Кумариносодержащие растения семейства *Apiaceae* Lindl., во Флоре Самаркандской области // Межд. науч. жур. «Вестник Науки» Самарканд, 2011. – №10(43). – Т. 5. – С.
5. Пименов М.Г., Остроумова Т.А. Зонтичные (Umbelliferae). Россия. Москва, 2012. – С.8.
6. Флора Казахстана. Павлов Н.В. и др. Т.6. 1963. – 464 с.
7. Байтенов М.С. Флора Казахстана» Алматы: «Гылым», 2001. Т. 2. – 280 с.
8. Байтенов М.С. Высокогорная флора Северного Тянь-Шаня / М.С. Байтенов. — Алма-Ата: Наука, 1985. — 232 с
9. Определитель растений Средней Азии. Т. 3., Т10. Ташкент: ФАН. 1972. – С. 139–231
10. Рубцов Н. И. Растительный покров Джунгарского Алатау. АН КазССР, Алма-Ата, 1948.
11. Kljuikov E. V., Pimenov M. G., Tikhomirov V. N. 1977. *Bunium capillifolium* Kar. et Kir.: taxonomy, geography, ecology. Nauchn. Dokl. Vyssh. Shkoly. Biol. nauki 10: 137–143
12. <https://powo.science.kew.org/>
13. Иллюстрированный определитель растений Казахстана: В 2 т. – Алма-Ата, 1972. – Т. 2. – 268 с.
14. Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана / Под ред. Р.В. Камелина. Алматы, 1999. – 187 с.
15. Голоскоков В.П. Особенности видового эндемизма в флоре Казахстана / В.П. Голоскоков // Бот. материалы Гербария Ин-та ботаники АН КазССР. – Алма-Ата, 1969. – Вып. 6. – С. 3–12
16. Красная книга Казахстана. Т.2, Ч. 2. Растения (2-е изд., исправленное и дополненное) – Астана: LTD «Art-Print XXI», 2014. – 452 с.
17. Чужие: «Черная книга» флоры, том 91, №1/2: официальный сайт. – Москва, 2021. – URL: <https://bibl.ulspu.ru>.
18. Wörz A. 2011. Revision of *Eryngium* L. (*Apiaceae* – *Saniculoideae*): General part and Palaeoarctic species. In: Bibliotheca Botanica. Vol. 159. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers. 498 pp.

References

1. Pimenov M. G., Kljuykov E. V., Degtjareva G. V. 2012. Note on two Umbelliferae taxa of South-Eastern Kazakhstan, invalidly published by M. S. Bajtenov. Bot. Zhurn. (Moscow & St. Petersburg) 97(5): 650–658..
2. Heywood V. H. Flowering plant families of the world. Oxford Univ. Press. 335 p.
3. Pimenov M. G. Updated checklist of the Umbelliferae of Middle Asia and Kazakhstan: nomenclature, synonymy, typification, distribution. Turczaninowia 23, 4: 127–257 (2020) DOI: 10.14258
4. Mukumov I.U. Kumarin-containing plants of the family Apiaceae Lindl., in Flora of the Samarkand region//Intl. scientific. zhur. "Bulletin of Science" Samarkand, 2011. – №10(43). – T. 5. – S.
5. Pimenov M.G., Ostroumova T.A. Umbrella (Umbelliferae). Russia. Moscow, 2012. – S.8.
6. Flora of Kazakhstan. Pavlov N.V. et al. T.6. 1963. – 464 s.
7. Baytenov M.S. Flora of Kazakhstan "Almaty:" Fylym, "2001. T. 2. – 280 s.
8. Baytenov M.S. High mountain flora of the Northern Tien Shan/M.S. Baytenov. – Alma-Ata: Science, 1985. – 232 s
9. Determinant of plants in Central Asia. T. 3., T10. Tashkent: FAN. 1972. – S. 139-231
10. Rubtsov N.I. Plant cover of Dzungarsky Alatau. Academy of Sciences of the Kazakh SSR, Alma-Ata, 1948.
11. Kljuykov E. V., Pimenov M. G., Tikhomirov V. N. 1977. Bunium capillifolium Kar. et Kir.: taxonomy, geography, ecology. Nauchn. Dokl. Vyssh. Shkoly. Biol. nauki 10: 137–143
12. <https://powo.science.kew.org/>
13. Illustrated determinants of plants in Kazakhstan: In 2 vols. – Alma-Ata, 1972. – T. 2. – 268 c.
14. Abdulina S.A. List of vascular plants of Kazakhstan/Ed. R.V. Kamelin. Almaty, 1999. -187 p.
15. Goloskokov V.P. Features of species endemism in the flora of Kazakhstan/V.P. Goloskokov//Bot. materials of the Herbarium of Botany of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR. – Alma-Ata, 1969. – No. 6. – S. 3-12
16. Red Book of Kazakhstan. T.2, Part 2. Plants (2nd ed., corrected and supplemented) – Astana: LTD "Art-Print XXI," 2014. – 452 s.
17. Aliens: "Black Book" flora, volume 91, No. 1/2: official website. – Moscow, 2021. – URL: <https://bibl.ulspu.ru>.
18. Wörz A. 2011. Revision of Eryngium L. (Apiaceae – Saniculoideae): General part and Palaeoartic species. In: Bibliotheca Botanica. Vol. 159. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers. 498 pp.

Н.В. Терлецкая^{1,2} , Г.А. Сейтимова^{1,2} , Н.О. Кудрина^{1,2} ,
Р.Н. Айтбеков¹ , А.К. Шокан¹ , Д.М. Ергозова^{1,2} ,
Т.Н. Кобылина^{1,2} , Н.К. Корбозова^{1,2} , А.А. Мамирова^{1,2} ,
Т.Е. Кулманов¹ 

¹Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, Казахстан, г. Алматы
²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
*e-mail: teni02@mail.ru

НИЗКАЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЛОДЫХ РАСТЕНИЙ ЩАВЕЛЯ

Род *Rumex* классифицируется как инвазивное паразитическое растение в сельском хозяйстве. Несмотря на то, что другие виды *Rumex* широко используются в фитотерапии благодаря их антимикробному, антиоксидантному, противоопухолевому и противовоспалительному действию, практически нет информации о потенциале *Rumex confertus* *Rumex tianschanicus* Losinsk. и *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh для лечения различных заболеваний. Проведено исследование реакции фотосинтетического аппарата иматурных растений трех видов щавеля (*Rumex confertus*, *Rumex tianschanicus* Losinsk. и *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh.) на внезапное действие низких положительных температур в течение 72 часов. Отмечено стимулирующее воздействие холода на многие параметры, характеризующие фотосинтетическую активность щавеля. Выявлена различная реакция фотосинтетического аппарата изучаемых видов. Результаты этого эксперимента указывают на то, что существует взаимосвязь между состоянием питательных веществ в почве и конкуренцией между видами. Фитохимический анализ позволил обнаружить в изучаемых видах *Rumex* антрахиноны, флавоноиды, дубильные вещества, фенолы, феноло- и аминокислоты. Показано, что холодовой стресс может оказывать как стимулирующее, так и ингибирующее влияние на синтез биологически активных веществ растений. Наибольшую устойчивость к холодовому стрессу проявил вид *Rumex confertus*.

Ключевые слова: *Rumex*, фотосинтез, суық стрессі, физиологиялық жағдай.

N.V. Terletskaia^{1,2*}, G.A. Seitimova^{1,2}, N.O. Kudrina^{1,2},
R.N. Aitbekov¹, A.K. Shokan, D. Yergozova^{1,2},
T.N. Kobylina^{1,2}, N.K. Korbozova^{1,2}, A.A. Mamirova^{1,2}, T.E. Kulmanov¹

¹Institute of Genetics and Physiology, Kazakhstan, Almaty
²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
*e-mail: teni02@mail.ru

Low positive temperature as a factor of changing photosynthetic activity of young sorrel plants

The genus *Rumex* is classified as an invasive parasitic plant in agriculture. Although other types of *Rumex* are widely used in herbal medicine due to their antimicrobial, antioxidant, antitumor and anti-inflammatory effects, there is practically no information about the potential of *Rumex confertus* *Rumex tianschanicus* Losinsk. and *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh for the treatment of various diseases. A study of the reaction of the photosynthetic apparatus of immature plants of three sorrel species (*Rumex confertus*, *Rumex tianschanicus* Losinsk. and *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh.) the sudden effect of low positive temperatures for 72 hours. The stimulating effect of cold on many parameters characterizing the photosynthetic activity of sorrel was noted. A different reaction of the photosynthetic apparatus of the studied species was revealed. This experiment's results indicate a relationship between the state of nutrients in the soil and competition between species. Phytochemical analysis made it possible to detect anthraquinones, flavonoids, tannins, phenols, phenol- and amino acids in the studied *Rumex* species. It has been shown that cold stress can have both stimulating and inhibitory effects on the synthesis of biologically active substances of plants. The *Rumex confertus* species showed the greatest resistance to cold stress.

Key words: *Rumex*, photosynthesis, cold stress, physiological state.

Н.В. Терлецкая^{1,2}, Г.А. Сейтимова^{1,2}, Н.О. Кудрина^{1,2},
Р.Н. Айтбеков¹, А.К. Шокан¹, Д.М. Ергозова^{1,2},
Т.Н. Кобылина^{1,2}, Н.К. Корбозова^{1,2}, А.А. Мамирова^{1,2}, Т.Е. Кулманов¹

¹Генетика және физиология институты, Қазақстан, Алматы қ.

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: teni02@mail.ru

Төмен оң температура жас қымыздық өсімдіктерінің фотосинтетикалық белсенділігінің өзгеру факторы ретінде

Rumex тұқымы ауыл шаруашылығында инвазивті паразиттік өсімдік ретінде жіктеледі. *Rumex*-тің басқа түрлері микробқа қарсы, антиоксидантты, ісікке қарсы және қабынуға қарсы әсерінің арқасында шөп медицинасында кеңінен қолданылғанымен, *rumex confertus rumex tianschanicus losinsk* әлеуеті туралы іс жүзінде ешқандай ақпарат жоқ. әр түрлі ауруларды емдеуге арналған *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh. Қымыздықтың үш түрінің (*Rumex confertus*, *Rumex tianschanicus losinsk*) имматуралық өсімдіктерінің фотосинтетикалық аппаратының реакциясын зерттеу жүргізілді. және *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh.) 72 сағат ішінде төмен оң температураның кенеттен әсеріне. Қымыздықтың фотосинтетикалық белсенділігін сипаттайтын көптеген параметрлерге суықтың ынталандырушы әсері байқалды. Зерттелетін түрлердің фотосинтетикалық аппараттарының әртүрлі реакциясы анықталды. Бұл эксперименттің нәтижелері топырақтағы қоректік заттардың күйі мен түрлер арасындағы бәсекелестік арасында байланыс бар екенін көрсетеді. Фитохимиялық талдау зерттелетін *Rumex* түрлерінде антрахинондарды, флавоноидтарды, таниндерді, фенолдарды, фенолдарды және аминқышқылдарын анықтауға мүмкіндік берді. Суық стресс өсімдіктердің биологиялық белсенді заттарының синтезіне ынталандырушы және ингибиторлық әсер етуі мүмкін екендігі көрсетілген. Суық стресске ең үлкен қарсылықты *Rumex confertus* түрі көрсетті.

Түйін сөздер: *Rumex*, фотосинтез, суық стрессі, физиологиялық жағдай.

Введение

Проблема устойчивости растений к абиотическим стрессам имеет большое природно-экологическое значение, поскольку способность растений адаптироваться к конкретным условиям – один из факторов, определяющих ареалы распространения диких видов и возможность их интродукции [1]. Представители семейства *Polygonaceae* богаты вторичными метаболитами, в частности фенолпропаноидами и антрахинонами, которые, возможно, ответственны за целебные свойства, приписываемые этим видам растений [2]. В род *Rumex* входит около 250 видов, как однолетних, так и многолетних трав, распространенных по всему миру. Предыдущие исследования показали противоопухолевую, противодиазотическую, антиоксидантную, обезболивающую, противовоспалительную, противоглистную и антимикробную активность растений, принадлежащих к этому роду [3], богатых биологически активными фитохимическими веществами.

Изменения, вызванные неблагоприятным воздействием окружающей среды, среди которых внешние условия температуры, влажности и т.д. негативно влияют на многие метаболические процессы в растениях. Так, есть сведения о том, что лекарственные растения, вегетация

которых проходит на фоне воздействия абиотических стрессов, обычно обнаруживают значительно более высокие концентрации вторичных метаболитов, чем идентичные растения того же вида, выращиваемые относительно благоприятных условиях. Но пока информации об этом широко известном явлении очень мало [4].

Изменение фотосинтетической активности является одним из самых первых процессов, на которых сказывается негативное стрессовое воздействие, часто задолго до того, как вызванные стрессами изменения у растений становятся видимыми. Фотосинтетические реакции на неблагоприятные условия среды сложны и зависят как от интенсивности и продолжительности стресса, так и от стадии развития растений. У молодых растений, испытывающих стресс, возможны адаптивные реакции растений для предотвращения чрезмерного поглощения света, которое вредно, подавление биосинтеза хлорофилла и снижение уровня синтеза и сборки светособирающих комплексов фотосистем I и II. Работа реактивных центров растений при стрессе ухудшается, что приводит к снижению передачи поглощенной световой энергии от светособирающих комплексов к фотоповрежденным реакционным центрам и, как следствие, к образованию большого количества синглетного кислорода за счет реакций фоточувствительно-

сти хлорофилла [5, 6]. Выделяющий кислород комплекс ФСII, а также реакционные центры ФСII и ФСI могут быть нарушены. Последствия стрессовых изменений влияют на параметры фотосинтеза косвенно, в основном через изменения цикла активности Кальвина-Бенсона и последующих реакций в первичном метаболизме растений [7, 8].

Данные об активности и эффективности ФСII, полученные на основе световых кривых (RLC) РАМ-флуорометра, могут стать отличным диагностическим критерием для оценки воздействия абиотических стрессовых факторов на рост и развитие многих растений [9, 10].

Поэтому целью данного исследования было экспериментальное изучение внезапного воздействия низких положительных температур (далее холодное воздействие) на фотосинтетическую активность иматурных растений трех видов щавеля, произрастающих в предгорьях Заилийского Алатау. Полученные результаты по-

могут определить влияние холодного стресса на физиологическое состояние этих видов, произрастающих в условиях резко-континентального климата.

Материалы и методы исследований

Растительный материал и условия выращивания

Объектами исследований служили иматурные растения трех видов щавеля (*Rumex*, **Polygonaceae**), произрастающие в предгорьях Заилийского Алатау и отобранные для эксперимента на территории Иле-Алатаусского Национального Парка: *Rumex confertus*, *Rumex tianschanicus* Losinsk. и *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh. (рис. 1) Растения были отобраны в естественных условиях обитания и перенесены в лабораторные условия с естественным освещением, где половина из них в течение 72 часов культивировалась при 26-28° С, а половина – при 3-5° С.

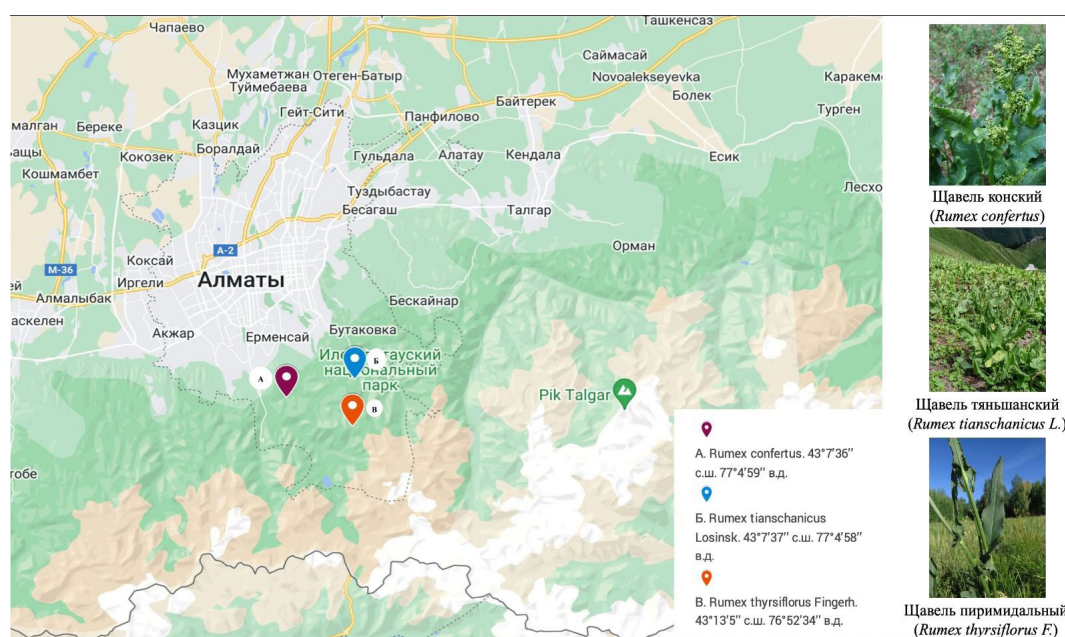


Рисунок 1 – Географические координаты сбора образцов представителей рода *Rumex*:

А – *Rumex confertus* (высота над уровнем моря 2340 метров); Б – *Rumex tianschanicus* L. (высота над уровнем моря 1600 метров); В – *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh. (высота над уровнем моря 800-1100 метров)

Определение фотосинтетической активности

Параметры фотосинтетической активности оценивали путем определения уровней флуоресценции. Быстрые световые кривые (RLC) регистрировали с помощью Junior-РАМ («Heinz

WalzGmbH», Ef-feelrich, Германия) при активном освещении 450 нм [11]. Для каждого измерения флуориметр выдавал восемь световых импульсов насыщения по 10000 мкмоль/м²с каждые 20 с, в то время как актиничный свет постепенно увеличивался с 0 мкмоль/м²с

до 625 мкмоль м²сек. После каждого импульса оборудование регистрировало минимальный (F_o') и максимальный (F_m') выход флуоресценции хлорофилла в открытом состоянии реакционного центра ФСII после дальнего красного освещения. В RLC, плотность потока фотосинтетических фотонов (PPFD) рассчитывалась при 65 мкмоль/м² с помощью программы WinControl-3.29 (Walz, Effeltrich, Германия) были рассчитаны следующие параметры: Y(II)₆₅: эффективный фотохимический квантовый выход ФСII; (Y(NPQ))₆₅: квантовый выход нефотохимического преобразования энергии в ФСII из-за понижающей регуляции светособирающей функции; и Y(NO)₆₅: квантовый выход нефотохимического преобразования энергии в ФСII, вызванного подавлением светособирающей функции; относительный транспорт электронов ФСII (rETR). Максимальный перенос электронов ФСII (ETRmax), а также начальный наклон RLC (α) и значение E_k – PAR (точка насыщения освещенности для фотосинтеза) на пересечении альфа и ETRmax были рассчитаны на основе данных RLC, как описано Ralph [10]. Эти параметры использовались для количественного сравнения RLC. В эксперименте каждый раз выбирался верхний активный лист. Для оценки фотосинтетической активности (ФА) листа учитывалась область его средней трети, так как она имеет наиболее однородную интенсивность ФА [10].

Оценка качественного состава основных групп биологически активных веществ

Реакция с раствором основного ацетата свинца. К 1 мл извлечения добавляют 3-5 капель 10% раствора среднего свинца ацетата, появляются осадки от ярко-желтого до бурого цвета (фенолы, фенолокси кислоты, флавоноиды, антрахиноны и другие с орто-оксигруппировками (желтое), гидролизующие дубильные вещества (бурый осадок), флавоны (коричнево-желтый осадок)).

Реакция с хлоридом железа (III): 1-2 капли исследуемого раствора помещают на фарфоровую пластинку или в фарфоровую чашку и прибавляют 1-2 капли свежеприготовленного 3%-го раствора хлорида железа (III), появляется зеленое окрашивание (при наличии свободной 5-ОН группы, двухрядного расположения гидроксигрупп), сине-фиолетовый цвет (флавоноиды, ан-

трахиноны, фенолы, фенолокси кислоты, дубильные вещества).

К 1 мл извлечения добавляют 1-3 мл 10% раствора кислоты щавелевой в смеси ацетон-вода (1:1), появляются яркие окраски растворов (антоцианы, антоцианидины).

Нингидриновая реакция. В пробирку наливают 1 мл извлечения и 0,5 мл 1%-го спиртового раствора нингидрина. Содержимое пробирки осторожно нагревают до появления сине-фиолетового окрашивания. Фиолетовое окрашивание различных оттенков специфично для α-аминокислот.

Реакция со щелочью: к 1 мл извлечения добавляют 2 капли 5% раствора натра едкого, появляется коричнево-желтые оттенки, качественные реакции на флавоноиды (1,8-диоксипроизводные, восстановленные формы антраценпроизводных). Изменение окраски извлечения на песочно-желтый цвет.

Реакция с ЖАК. К 1 мл исследуемого раствора добавляют 1-3 капли 1% раствора квасцов железо-аммониевых, появляется черно-синее окрашивание, что свидетельствует о наличии конденсированных дубильных веществ, орто-диокси группировки любых фенольных соединений (зеленое окрашивание).

Реакция Гейдж. К 1 мл извлечения добавляют 1-3 капли 1% спиртового раствора алюминия хлорида, усиливается желтый цвет (флавоноиды, все типы полифенольных соединений с тремя рядовыми ОН-группами, или ОН...С(О)... ОН-фрагментом и флавонол-3-гликозиды).

Реакция с раствором 1% КМnO₄. К 1-3 мл извлечения добавляют 1-2 капли 1% раствора калия перманганата, выпадает фиолетовый осадок (кокаин).

К 2-3 мл извлечения добавляют по каплям 1 %-ный раствор желатины. Появляется муть, исчезающая при добавлении избытка желатины.

Реакция Запрометова. К 1 мл извлечения добавляют 1-3 капли 1% раствора ванилина в кислоте хлороводородной концентрированной, появляются желтое окрашивание (флавоны).

Результаты и обсуждение

Rumex confertus (щавель конский) является космополитическим рудеральным сорняком. Встречается как в дикой природе, так и в антропогенных местах, преимущественно

на влажных, плодородных, богатых гумусом грунтах с реакцией, близкой к нейтральной. Имеет очень широкий ареал распространения [13, 14]. Вид *Rumex tianschanicus* встречается в дикой природе в горах на высоте, достигающей субальпийских лугов до 2800 м над уровнем моря [15, 16]. *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh. (щавель пирамидальный) в основном произрастает на лугах, по опушкам, по травянистым склонам гор, обрывам, на песчаных, известковых почвах, на галечниках [17], в том числе – в условиях Крайнего Севера [18]. То есть, все рассматриваемые виды щавеля в природе приспособлены к достаточно суровым условиям обитания и, следовательно, должны обладать высокой устойчивостью к абиотическим стрессовым факторам.

В результате проведенного эксперимента по определению фотосинтетической активности листьев иматурных растений выявлено, что изучаемые представители рода *Rumex*, произрастающие в предгорьях Заилийского Алатау, проявляют различную реакцию фотосинтетического аппарата на внезапное воздействие низких положительных температур (далее «холод»).

Как следует из диаграмм, представленных на рисунке 2, холод оказывал стимулирующее воздействие на многие параметры, характеризующие фотосинтетическую активность щавеля.

Так, у *Rumex confertus* отмечена активация регулируемого нефотохимического преобразования энергии ($Y(NPQ)$), что является самым быстрым процессом рассеивания избыточной поглощенной световой энергии в антенне ФСII [19, 20], а, следовательно, показателем адаптации к стрессовому воздействию холода и признаком устойчивости данного вида (рис. 2а).

У *Rumex tianschanicus* Losinsk., наоборот, значение ($Y(NPQ)$) в условиях воздействия холода снизилось, но возросли значения показателей $Y(NO)$ (рис. 2б). Эти квантовые выходы с разных сторон показывают изменение энергии возбуждения в ФСII и позволяют глубже понять способность растения справляться с избыточной энергией [21]. Если увеличение $Y(NPQ)$ демонстрирует попытку рассеивания избыточной энергии, то увеличение квантового выхода нерегулируемого рассеивания тепла и излучения флуоресценции $Y(NO)$ означает, что потоки избыточной энергии вышли из-под контроля, что ведет к фотоповреждению растений, тем более,

если увеличение показателя $Y(NO)$ отмечается на фоне снижения показателя $Y(NPQ)$ [9, 10].

Отмечено также, что существенно увеличивается значение точки насыщения освещенности для фотосинтеза (E_k). При этом значение E_k отражает уровень плотности потока фотосинтетических фотонов, когда $Y(NO)$ начинает преобладать над $Y(NPQ)$ [10]. Следовательно уровень холодостойкости иматурных растений *Rumex tianschanicus* Losinsk. несколько ниже, чем *Rumex confertus*.

Анализ изменения фотосинтетических параметров *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh. В условиях холодного стресса показывает повышение значений скорости транспорта электронов через ФСII (ETR) и значений эффективного фотохимического квантового выхода ФСII $Y(II)$ (рис. 2в). Так как максимальные скорости транспорта электронов могут быть индикатором фотосинтетической активности [10], а наблюдаемое снижение показателя $Y(NPQ)$ не происходит на фоне резкого увеличения затея $Y(NO)$, мы можем сделать вывод о том, что процессы адаптации в условиях холодного стресса преобладают над процессами деактивации фотосистемы II у этого вида щавеля. Но высокий показатель (E_k), являющийся индикатором преобладания нерегулируемых процессов диссипации энергии над регулируемыми, подтверждает, что мы наблюдаем не реакцию на стресс устойчивого вида, а активируемые стрессом временные адаптационные механизмы, которые изменяют физиологическое состояние растения, но при усилении стресса могут быть разрушены.

Фитохимический анализ анализируемых образцов на различные классы соединений проводимый методами двумерной и одномерной БХ и ТСХ сравнением с метчиками в различных системах растворителей с использованием специфических проявителей позволил обнаружить антрахиноны, дубильные вещества, флавоноиды, такие как флавоны, флавонолы, антраценпроизводные соединения, обнаружены дубильные вещества, фенолы, феноло- и аминокислоты (Таблица 1).

При этом в образцах *Rumex confertus* и *Rumex tianschanicus* выявлено повышение концентрации отдельных групп БАВ после воздействия на растения низкой положительной температуры, у *Rumex confertus* – в большей степени. Тогда как у *Rumex thyrsoiflorus* отмечено снижение отдельных БАВ при холодном стрессе.

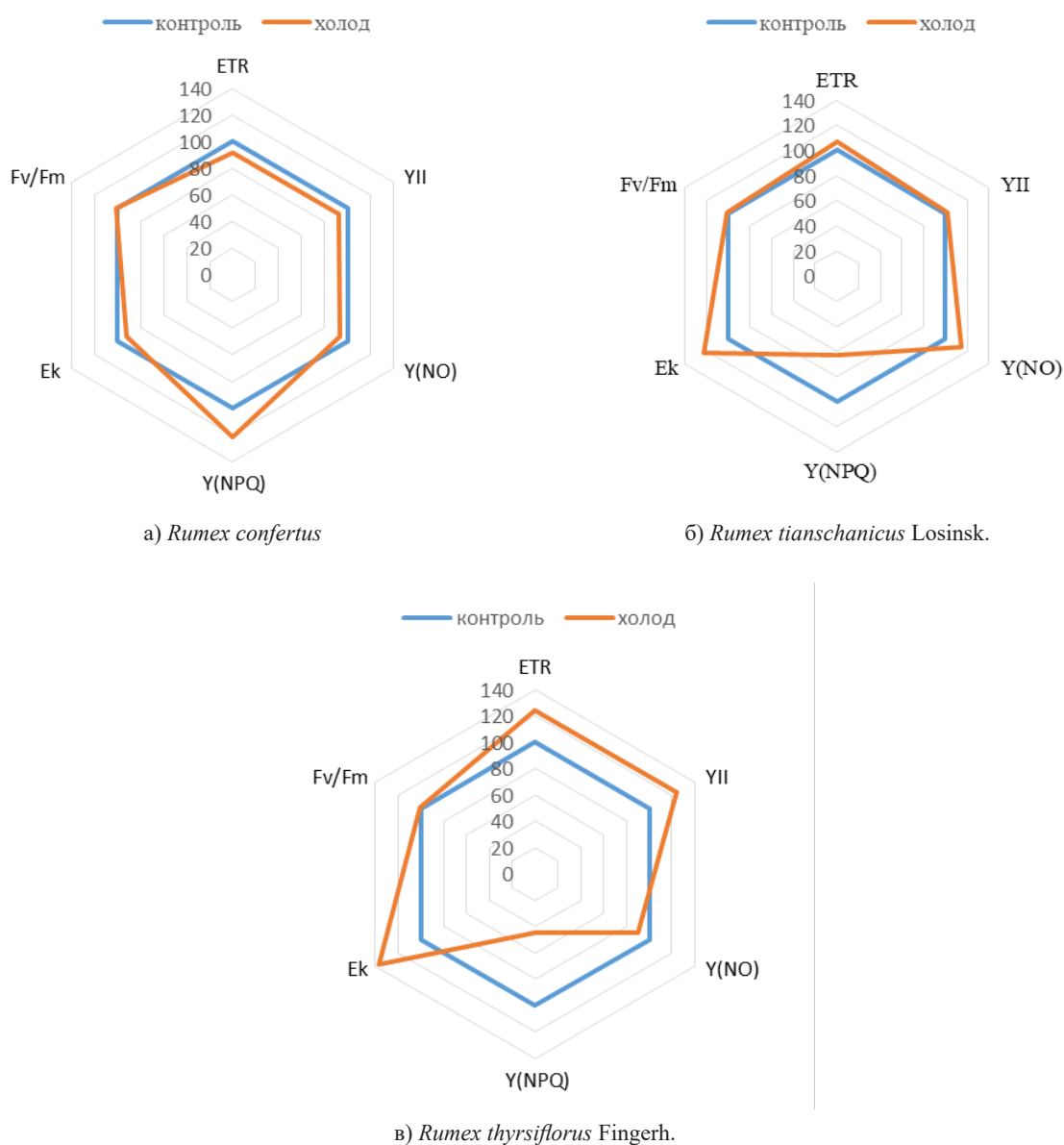


Рисунок 2 – Изменение параметров активности фотосистемы II у разных видов щавеля в условиях холодного стресса

Таким образом, мы можем констатировать наибольшую устойчивость к внезапному воздействию низких положительных температур фотосинтетического аппарата имматурных растений вида *Rumex confertus*, а также говорить о том, что холодовой стресс может оказывать как стимулирующее, так и ингибирующее влияние на синтез биологически активных веществ растений. При этом увеличение синтеза БАВ в комплексе с повышенной фотосинтетической активностью свидетельствует об активизации защитных механизмов растений, которые в дан-

ном эксперименте были наиболее выражены у вида *Rumex confertus* и наименее – у вида *Rumex thyrsiflorus*.

Дальнейшее изучение как физиологических, так и метаболических процессов, происходящих в этих потенциально лекарственных видах растений предгорий Заилийского Алатау будет способствовать как формированию базовых знаний механизмов защиты растений от неблагоприятных условий, так и основы для подходов к направленному синтезу ценных вторичных метаболитов.

Таблица 1 – Определение качественного состава основных групп биологически активных веществ

№	Реактивы Группы анализируемых веществ природных БАВ	Образцы					
		<i>Rumex confertus</i> (щавель конский)		<i>Rumex thursiflorus</i> (щавель пирамидальный)		<i>Rumex tianschanicus</i> (щавель тьяншанский)	
		контроль	холодовой стресс	контроль	холодовой стресс	контроль	холодовой стресс
1	10% $RbAc_2$ (антрахиноны и др. с орто-оксигруппировками, гидролизуемые дубильные вещества, флавоны)	+	+++	+	+	+	+++
2	3% $FeCl_3$ (фенольные соединения, дубильные вещества)	+	+++	+++	+	++	+++
3	10% щавелевая кислота (антоцианы, антоцианидины)	+	++	+	+	-	+
4	1% нингидрин (аминокислоты)	+	+	+++	++	+	+
5	5% NaOH (фенолы, восстановленные формы антрахинонов, 1,8-диоксипроизводные)	+	+++	+++	+	+	+++
6	1% водный раствор железо-аммонийных квасцов (конденсированные дубильные вещества, орто-диокси группировки любых фенольных соединений)	+	+++	+++	++	+	+++
7	1% $AlCl_3$ (флавоноиды, все типы полифенольных соединений с тремя рядовыми OH-группами, или $OH...C(O)...OH$ -фрагментом, флавоны и флавонол-3-гликозиды)	+	++	++	+	+	++
8	1% $KMnO_4$ (кокаин)	++	++	+++	+	+	+++
9	1% желатин (дубильные вещества)	+	+	+	+	+	+
10	1% ванилин в HCl (конц) (р. Запрометова) (флавоны)	+	+	+	+	+	+++

Интенсивность аналитического эффекта в виде изменения цвета или выпадения осадка выражены следующим образом:

+++ – сильный аналитический эффект;

++ – средний аналитический эффект;

+ – слабый аналитический эффект;

-- отсутствие аналитического эффекта

Работа выполнена в рамках задания «Разработка технологии направленной продукции природных антиоксидантов для создания новых фитопрепаратов для реабилитации спортсменов высокого уровня» Программы «Формирование

комплексной системы подготовки высококвалифицированных спортсменов и перспективного олимпийского резерва по приоритетным для Казахстана видам спорта на основе физиолого-генетической оценки» BR18574139.

Литература

1. El-Sherbeny G.A.; Dakhil M.A.; Eid E.M.; Abdelaal M. Structural and Chemical Adaptations of *Artemisia monosperma* Delile and *Limbarda crithmoides* (L.) Dumort. in Response to Arid Coastal Environments along the Mediterranean Coast of Egypt. *Plants*, 2021, 10, 481. <https://doi.org/10.3390/plants10030481>
2. Lajter I, Zupkó I, Molnár J et al. Antiproliferative activity of Polygonaceae species from the *Carpathian Basin* against human cancer cell lines. *Phytotherapy Research* 2013; 27(1): 77-85.
3. Inoue M, Nishimura H, Li H, Mizutani J. Allelochemicals from *Polygonum sachalinense* Fr. Schm.(Polygonaceae). *Journal of Chemical Ecology* 2020; 18(10): 1833-1840.
4. Selmar D.; Kleinwächter M.; Abouzeid S.; Yahyazadeh M.; Nowak M. “The Impact of Drought Stress on the Quality of Spice and Medicinal Plants.” 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9_9
5. Tripathy B.C., Mohapatra A., Gupta I. Impairment of the photosynthetic apparatus by oxidative stress induced by photosensitization reaction of protoporphyrin IX // *Bioch. et Bioph. Acta.* – 2007. – 1767. – P. 860–868.
6. Miller G., Suzuki N., Ciftci-Yilmaz S., Mittler R. Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses // *Plant Cell Environ.* – 2010. – 33. – P. 453–467.
7. Flexas J., Bota J., Loreto F., Cornic G., Sharkey T.D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants // *Plant Biol.* – 2004. – 6. – P. 269–279.
8. Lawlor D.W., Tezara W. Cause of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes // *Ann. of Bot.* – 2009. – 103. – P. 561–579.
9. Sperdouli I., Moustakas M. Spatio-temporal heterogeneity in *Arabidopsis thaliana* leaves under drought stress // *Plant Biol.* – 2012. – 14. – P. 118–128.
10. Ralph P.J., Gademann R. Rapid light curves: A powerful tool to assess photosynthetic activity // *Aquatic Bot.* – 2005. – 82. – P. 222–237.
11. Rascher U., Liebig M., Luttge U. Evaluation of instant light-response curves of chlorophyll fluorescence parameters obtained with a portable chlorophyll fluorometer on site in the field // *Plant Cell Environ.* – 2000. – 23. – P. 1397–1407.
12. Ступко В.Ю., Зобова Н.В., Гаевский Н.А. Биофизические подходы в оценке стрессоустойчивости яровой пшеницы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки.* – 2013. – 230. – С. 18–23.
13. Зузук Б.М., Куцик Р.В., Федущак Н.К. Щавель густой. *Rumex confertus* Willd (Аналитический обзор) // *Провизор*, 2004, №1. https://www.provisor.com.ua/archive/2004/N1/art_25.php.
14. Landorfa-Svalbe Z, Andersone-Ozola U, Ievinsh G. Type of Anion Largely Determines Salinity Tolerance in Four *Rumex* Species. *Plants*. 2023; 12(1):92.
15. Сапарбаева Н.А. Биоэкологические особенности ревеня Виттрока (*Rheum wittrockii* Lundstr.) и возрастной состав их популяций хребта Кунгей Алатау // *Вестник КарГУ* – 2017. – 2(86) С. 69–77.
16. <https://www.plantarium.ru/page/view/item/32854/images/own/location/1055.html>.
17. Брежнев Д.Д., Коровина О.Н. Дикие сородичи культурных растений флоры СССР. – Л.: Колос, 1981. – с. 123.
18. Александрова В. Д. Кормовая характеристика растений Крайнего Севера / В. Н. Андреев. — Л.—М.: Изд-во Главсевморпути, 1940. – С. 64. – 96 с. – (Труды Научно-исследовательского института полярного земледелия, животноводства и промыслового хозяйства. Серия «Оленеводство»). – 600 экз.
19. Horton P., Ruban A. Molecular design of the photosystem II light-harvesting antenna: photosynthesis and photoprotection. *Journal of experimental botany* 2005 56 (411), 365-373.
20. Ruban A.V., Johnson M.P., Duffy C.D.P. The photoprotective molecular switch in the photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-2012. Bioenergetics* 1817 (1), 167-181.
21. Klughammer C., Schreiber U. Complementary PS II quantum yields calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and the Saturation Pulse method. *PAM Application Notes* (2008) 1: 27-35.

References

1. El-Sherbeny G.A.; Dakhil M.A.; Eid E.M.; Abdelaal M. Structural and Chemical Adaptations of *Artemisia monosperma* Delile and *Limbarda crithmoides* (L.) Dumort. in Response to Arid Coastal Environments along the Mediterranean Coast of Egypt. *Plants*, 2021, 10, 481. <https://doi.org/10.3390/plants10030481>
2. Lajter I, Zupkó I, Molnár J et al. Antiproliferative activity of Polygonaceae species from the *Carpathian Basin* against human cancer cell lines. *Phytotherapy Research* 2013; 27(1): 77-85.
3. Inoue M, Nishimura H, Li H, Mizutani J. Allelochemicals from *Polygonum sachalinense* Fr. Schm.(Polygonaceae). *Journal of Chemical Ecology* 2020; 18(10): 1833-1840.

4. Selmar D.; Kleinwächter M.; Abouzeid S.; Yahyazadeh M.; Nowak M. "The Impact of Drought Stress on the Quality of Spice and Medicinal Plants." 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9_9
5. Tripathy B.C., Mohapatra A., Gupta I. Impairment of the photosynthetic apparatus by oxidative stress induced by photosensitization reaction of protoporphyrin IX // *Bioch. et Bioph. Acta.* – 2007. – 1767. – R. 860–868.
6. Miller G., Suzuki N., Ciftci-Yilmaz S., Mittler R. Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses // *Plant Cell Envir.* – 2010. – 33. – R. 453–467.
7. Flexas J., Bota J., Loreto F., Cornic G., Sharkey T.D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants // *Plant Biol.* – 2004. – 6. – R. 269–279.
8. Lawlor D.W., Tezara W. Cause of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes // *Ann. of Bot.* – 2009. – 103. – R. 561–579.
9. Sperdouli I., Moustakas M. Spatio-temporal heterogeneity in *Arabidopsis thaliana* leaves under drought stress // *Plant Biol.* – 2012. – 14. – R. 118–128.
10. Ralph P.J., Gademann R. Rapid light curves: A powerful tool to assess photosynthetic activity // *Aquatic Bot.* – 2005. – 82. – R. 222–237.
11. Rascher U., Liebig M., Luttge U. Evaluation of instant light-response curves of chlorophyll fluorescence parameters obtained with a portable chlorophyll fluorometer on site in the field // *Plant Cell Environ.* – 2000. – 23. – R. 1397–1407.
12. Stupko V.Yu., Zobova N.V., Gaevskij N.A. Biofizicheskie podhody v ocenke stressoustojchivosti yarovoj pshenicy // *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki.* – 2013. – 230. – S. 18–23. (In Russian)
13. Zuzuk B.M., Kucik R.V., Fedushchak N.K. Shchavel' gustoj. *Rumex confertus* Willd (Analiticheskij obzor) // *Provizor*, 2004, №1. https://www.provisor.com.ua/archive/2004/N1/art_25.php. (In Russian)
14. Landorfa-Svalbe Z, Andersone-Ozola U, Ievinsh G. Type of Anion Largely Determines Salinity Tolerance in Four *Rumex* Species. *Plants*. 2023; 12(1):92.
15. Saparbaeva N.A. Bioekologicheskie osobennosti revenya Vitroka (*Rheum wittrockii* Lundstr.) i vozrastnoj sostav ih populyacij hrebta Kungej Alatau // *Vestnik KarGU* – 2017. – 2(86) S. 69–77. (In Russian)
16. <https://www.plantarium.ru/page/view/item/32854/images/own/location/1055.html>.
17. Brezhnev D.D., Korovina O.N. *Dikie sorodichi kul'turnyh rastenij flory SSSR.* – L.: Kolos, 1981. – s. 123. (In Russian)
18. Aleksandrova V. D. Kormovaya harakteristika rastenij Krajnego Severa / V. N. Andreev. — L.—M.: Izd-vo Glavsevmorputi, 1940. – S. 64. – 96 s. – (Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta polyarnogo zemledeliya, zhivotnovodstva i promyslovogo hozyajstva. Seriya «Olenevodstvo»). – 600 ekz. (In Russian)
19. Horton P., Ruban A. Molecular design of the photosystem II light-harvesting antenna: photosynthesis and photoprotection. *Journal of experimental botany* 2005 56 (411), 365–373.
20. Ruban A.V., Johnson M.P., Duffy C.D.P. The photoprotective molecular switch in the photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-2012. Bioenergetics* 1817 (1), 167–181.
21. Klughammer C., Schreiber U. Complementary PS II quantum yields calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and the Saturation Pulse method. *PAM Application Notes* (2008) 1: 27–35.

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері	Section 1 Environmental impact of anthropogenic factors and environmental protectiony	Раздел 1 Воздействие на окружающую среду антропогенных факторов и защита окружающей среды
<i>Л.С. Болуспаева, А.Б. Абжалелов, В. Спыхальский, С.А. Бакин</i> Содержание кислоторастворимой формы тяжелых металлов в почвах г. Усть-Каменогорска 4		
<i>Н.Е. Рамазанова, А.А. Ахмедова, Ж.О. Озгелдинова, К.М. Асылбеков, Э.М. Тұрыспекова, Т.А. Базарбаева</i> Оценка смыва почв на основе усовершенствованного универсального уравнения потерь почвы с применением ГИС и спутниковых данных на примере бассейна реки Рубежка Западно-Казахстанской области 15		
<i>L. Akbayeva, Y. Pangaliyev, E. Atasoy, N. Mamytova, N. Kobetayeva, Zh. Bakeshova</i> Comparative characteristics of the lakes of the Karaganda region over the past 50 years 28		
<i>M.K. Kazankapova, B.T. Yermagambet, Zh.M. Kassenova, S.R. Ordabayeva, U.M. Kozhamuratova</i> Exploring the potential of humic substances as effective sorbents for reducing greenhouse gas emissions..... 41		
<i>V.M. Mammadaliyeva, G.S. Haydarzada</i> Investigating the effect of medum aerosol areas on the hydrological system in the forest cover of Eastern Zangezur with modern methods (in the example of Lacin, Gubadlı and Zangilan regions) 52		
<i>A. Serikbayeva, N. Janaliyeva, B. Suleimenova, F. Nurbayeva, M. Abdibattayeva, Zh. Altybayeva</i> Assessment of the degree of soil contamination of the coastal zone of the Caspian sea in the area of Aktau suburb 60		
2-бөлім Қоршаған орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау	Section 2 Assessment of environmental pollution on biota and health	Раздел 2 Оценка действия загрязнителей окружающей среды на биоту и здоровье населения
<i>K.Zh. Dakieva, G.Y. Saspugayeva, Zh.B. Tussupova, Abdugaliyeva G. Yu.</i> The state of catecholamine metabolism during intoxication with a complex of toxic gases and dust 79		
3-бөлім Биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері	Section 3 Actual problems of biodiversity conservation	Раздел 3 Актуальные проблемы сохранения биологического разнообразия
<i>S.M. Shalgimbayeva, E.S. Seitkozhanova, Dh. Makhmetova, D.S. Akipova, G.B.Jumakhanova, Z.S. Omarova, A.N. Alibay, M.Ж. Pazyzbekov</i> Ichthyotrophological and ichthyopathological analysis of bester (Acipencer Nikoljukinii) 79		
<i>M.H. Kozhakhmetova, A.A. Alibekova, D.A. Nussipov, B.K. Kamenov</i> Isolation and identification of coal acclimated microorganisms from the activated sludge 89		
<i>Мухтубаева С.К., Жумагул М.Ж., Жамангара А.К.</i> Семейство <i>Apiaceae</i> lindl. во флоре Алматинской области 98		
<i>Н.В. Терлецкая, Г.А. Сейтимова, Н.О. Кудрина, Р.Н. Айтбеков, А.К. Шоқан, Д.М. Ергозова, Т.Н. Кобылина, Н.К. Корбозова, А.А. Мамирова, Т.Е. Кулманов</i> Низкая положительная температура как фактор изменения фотосинтетической активности молодых растений щавеля..... 111		