

*Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан
НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр»
ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова»
НАО «Национальная академия наук Республики Казахстан
при президенте Республики Казахстан»*

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

№ 3 (75) СЕНТЯБРЬ 2026

*Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан
НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр»
ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова»
НАО «Национальная академия наук Республики Казахстан
при президенте Республики Казахстан»*

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

№ 3 (75) сентябрь 2026

Основан в 2007 г. Выходит 4 раза в год
ISSN 1999-740X (Print); ISSN 2959-3433 (Online)

Главный редактор
Б.У. Сулейменов

Редакционная коллегия:
*Р.Х. Рамазанова (заместитель главного редактора),
М.А. Ибраева (ответственный секретарь),
Георг Гуггенбергер (Германия), А.В. Козлов (Россия),
М.Г. Мустафаев (Азербайджан), М.В. Филипова (Болгария),
Б.М. Амиров, Б.Н. Насиев, Г.А. Сапаров,
М.Т. Егізтай (компьютерная верстка)*

Журнал входит в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности. Приказ №603 от 12 июля 2024 г.

Зарегистрирован в Министерстве культуры и информации Республики Казахстан. Свидетельство о регистрации № 8457 ЭК от 18.06.2007 г. и перерегистрации № 9898-Ж от 11.02.2009 г.

Входит в Казахстанскую базу цитирования (КазБЦ) и Российскую базу данных научного цитирования (РИНЦ). Размещен в научной электронной библиотеке <https://elibrary.ru>, электронной библиотеке <https://cyberleninka.ru>

Сайт журнала: <https://journal.soil.kz/jour>

С целью объединения усилий, продвижения и популяризации результатов научных изысканий казахстанских ученых в мировом сообществе ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У.Успанова» совместно с НАО «Национальная академия наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан» издает научный журнал «Почвоведение и агрохимия».

Адрес редакции: 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75 В
©Казахский НИИ почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

Общие вопросы

С. Калдыбаев, К. Ержанова, Н. Бекмухамедов, К. Кушенов, А. Наушабаев, К. Мансурова, А. Абай, А. Сахбек Цифровизация солонцовых земель на пастбищах Казахстана с применением ГИС-технологий в пустынной, предгорной полупустынной (вертикальной), полупустынной (широтной) и сухостепной зонах.....	5
---	---

Плодородие почв

В.Н. Гусев, С.Б. Кененбаев, Е.К. Жусупбеков, К.У. Рустемова Содержание и групповой состав гумуса в богарной почве юго-востока Казахстана под влиянием удобрений в зерновом севообороте	20
---	----

Экология почв

Р.Х. Рамазанова, А.С. Вырахманова, М.К. Жумагулова, С.Н. Дуйсеков, А.Д. Газизов, Д.Л. Дауров, Ж.Б. Сунатуллаев Техногенное загрязнение почв Восточного Казахстана тяжёлыми металлами: оценка форм, экологического риска и пространственной структуры	32
Y. Tugunova, M. Altynbayeva, Zh. Abilda, R. Kanat, A. Begaly, D. Kairkhanov, I. Isgandarov, E. Isakova, Kh. Choi Article topic: comprehensive assessment of soil and flora contamination by heavy metals in the zone of influence of the Nikolaevskaya enrichment plant.....	46

Агрохимия

Б.У. Сулейменов, С.И. Танирбергенов, М.Ж. Кушанова, А.Т. Макашева, М.Р. Тулегенова Влияние гуминового удобрения на плодородие почвы и урожайность кукурузы в условиях Жетісу.....	59
Э.У. Тайшыбаева, Ж.Ж. Мамырбеков, А.Т. Айтбаева, Б.Д. Зоржанов Жаңа кешенді Ынг-э Гюнтук биологиялық тыңайтқышының қауын дақылының өнімділігі мен сапасына және топырақ құнарлылығына әсері	72
С.И. Танирбергенов, К.М. Тыныбаева, С.О. Базарбаев, М.К. Жумагулова, Ж.П. Бимурза, М.Р. Тулегенова Влияние совместного применения биологических препаратов и минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы и продуктивность ярового ячменя в условиях области Жетісу.....	82
Д.С. Харитонов, Е.В. Мамыкин, П.Е. Назарова Эффективность применения минеральных удобрений при возделывании льна масличного (<i>Linum usitatissimum</i> L.) в различных технологиях подготовки почвы	95

Обзорная статья

А.К. Mukangaliyeva, A. Amanzholkyzy, G.A. Saparov, T.S. Ibragimov, J. Mao, A.D. Gazizov, A.S. Sakhbek Pasture ecosystems of the arid zone of southern Kazakhstan: current state, problems and ways to restoration (review)	107
---	-----

CONTENT

General issues

- S. Kaldybayev, K. Erzhanova, N. Bekmukhamedov, K. Kushenov, A. Naushabayev, K. Mansurova, A. Abay, A. Sakhbek** Digitalization of saline lands in Kazakhstan's pastures using GIS technologies in desert, foothill semi-desert (vertical), semi-desert (latitudinal) and dry steppe zones 5

Soil fertility

- V.N. Gusev, S.B. Kenenbayev, E.K. Zhusupbekov, K.U. Rustemova** Humus content and group composition in rainfed soil of southeastern Kazakhstan under the influence of fertilizers in a grain crop rotation 20

Soil ecology

- R.H. Ramazanov, A.S. Vyrakhmanova, M.K. Zhumagulova, S.N. Duisekov, A.D. Gazizov, D.L. Daurov, Zh.B. Sunatullaev** Technogenic pollution of soils in Eastern Kazakhstan with heavy metals: assessment of forms, environmental risk, and spatial structure 32
- Y. Tugunova, M. Altynbayeva, Zh. Abilda, R. Kanat, A. Begaly, D. Kairkhanov, I. Isgandarov, E. Isakova, Kh. Choi** Article topic: comprehensive assessment of soil and flora contamination by heavy metals in the zone of influence of the Nikolaevskaya enrichment plant 46

Agrochemistry

- B. Suleimenov, S. Tanirbergenov, M. Kushanova, A. Makasheva, M. Tulegenova** The effect of humic fertilizer on soil fertility and corn yield in the conditions of Zhetysu.....59
- E.U. Taishybaeva, Zh.Zh. Mamyrbekov, A.T. Aitbayeva, B.D. Zorzhanov** Influence of a new complex biological fertilizer Yng-e Gyuntuk on the productivity and quality of melon crop and soil fertility.....72
- S.I. Tanirbergenov, K. Tynybayeva, S.O. Bazarbayev, M.K. Zhumagulova, Zh.P. Bimurza, M. R. Tulegenova** Effect of the combined application of biological products and mineral fertilizers on soil agrochemical properties and spring barley productivity under the conditions of the Zhetysu region.....82
- D.S. Kharitonov, E.V. Mamykin, P.E. Nazarova** Effectiveness of mineral fertilizer application in oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivation under different soil preparation technologies 95

Review

- A.K. Mukangaliyeva, A. Amanzholkyzy, G.A. Saparov, T.S. Ibragimov, J. Mao, A.D. Gazizov, A.S. Sakhbek** Pasture ecosystems of the arid zone of southern Kazakhstan: current state, problems and ways to restoration (review) 107

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

ГРНТИ 68.05.01

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_3_5

С. Калдыбаев¹, К. Ержанова¹, Н. Бекмухамедов³, К. Кушенов⁴, А. Наушабаев¹,
К. Мансурова^{2*}, А. Абай^{1,2}, А. Сахбек⁵

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПАСТБИЩАХ КАЗАХСТАНА
С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ПУСТЫННОЙ, ПРЕДГОРНОЙ
ПОЛУПУСТЫННОЙ (ВЕРТИКАЛЬНОЙ), ПОЛУПУСТЫННОЙ (ШИРОТНОЙ) И
СУХОСТЕПНОЙ ЗОНАХ**

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050010, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан

²Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан,
*e-mail: mansurova_kamshat@mail.ru

³Национальный центр космических исследований и технологий,
050010, Алматы, ул. Шевченко, 15, Казахстан

⁴Казахский научно-исследовательский институт животноводства и
кормопроизводства, 050071, Алматы, ул. Жандосова, 51, Казахстан

⁵Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды
Центральной Азии (Алматы), 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан.

Аннотация. В Казахстане научно-методические и практические подходы к управлению и мониторингу солонцовых земель пастбищ на основе цифровых технологий находятся на стадии формирования и требуют дальнейшего развития. Авторами разработаны и использованы данные наземных исследований солонцовых земель на пастбищах для составления информационной базы данных и цифровизации земельных ресурсов Казахстана. Изучено современное состояние солонцовых земель на пастбищах путем полевых работ по маршрутам, охватывающим территорию 12 административных областей республики. Составлена база данных солонцовых пастбищ пустынной, предгорной полупустынной (вертикальная), полупустынной (широтная) и сухостепной зон, включающая следующие показатели: тип и подтип почвы, морфология профиля, содержание гумуса, питательных элементов, воднорастворимых солей, гранулометрический состав, поглощенные основания и емкость катионного обмена.

Ключевые слова: цифровизация, информационная база, солонцы, ГИС технология, пастбища, интерактивная карта.

ВВЕДЕНИЕ

Президент Республики Казахстан Касым-Жомарт Кемелевич Токаев в своем послании народу Казахстана от 08 сентября 2025 года «Казахстан в эпоху искусственного интеллекта: актуальные задачи и их решения через цифровую трансформацию», говорил о важности превращения Казахстана в течение трех лет в полноценную цифровую страну [1]. В связи с этим особое место для развития АПК Казахстана будет отведено цифровизации

земель сельскохозяйственного назначения. В этом аспекте создание информационной базы данных солонцовых земель Казахстана в рамках исполнения поручений Главы Государства по внедрению цифрового мониторинга и контроля за рациональным использованием земель сельскохозяйственного назначения своевременно и актуально.

На современном этапе развития технического и технологического уровня науки проблема получения информации о состоянии земли и земной

поверхности решается с применением дистанционных методов, позволяющих оперативно получать достаточно полный объем сведений на обширной территории республики. Поэтому космическому зондированию, как методу оперативного и масштабного мониторинга сельскохозяйственных угодий, практически нет альтернативы.

По данным комитета по управлению земельными ресурсами Республики Казахстан площадь солонцовых почв составляет 61,5 млн га, урожайность на этих угодьях очень низкая по сравнению с зональными почвами. При этом исследователями научных учреждений и практикой передовых хозяйств доказана возможность повышения продуктивности естественных кормовых угодий на солонцовых землях в 2-3 раза. Освоение солонцовых почв является дополнительным источником увеличения производства кормов для растущего животноводства, и, это в первую очередь относится к обширной территории Казахстана, где 30% земель сельскохозяйственного использования представлено низкопродуктивными солонцовыми почвами [2].

Географические информационные системы (ГИС) позволяют специалистам в области сельского хозяйства эффективно интегрировать и использовать имеющиеся источники цифровой и картографической информации для повышения качества принимаемых решений. Применение ГИС способствует внедрению принципов устойчивого развития и интегрированного управления земельными ресурсами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования по созданию базы данных солонцовых земель на пастбищах с применением ГИС технологий по географическим или климатическим зонам Казахстана выполнены в 2024-2025 годы НАО «Казахский Национальный аграрный исследовательский университет». Мониторинговые исследова-

ния проведены в областях Алматинской, Жетісу, Жамбылской, Туркестанской, Кызылординской, Мангыстауской, Атырауской, Карагандинской, Улытау, Акмолинской, Актюбинской и Западно-Казахстанской с применением ГИС-технологии.

Исследования проведены с применением цифровых технологий. Картографический метод является ведущим методом отображения солонцовых земель на пастбищах и включает в себя изучение солонцовых угодий в их взаимосвязи с другими компонентами природно-сельскохозяйственных систем. Большое внимание было уделено методу дешифрирования данных дистанционного зондирования, который позволил оперативно решать задачи по определению участков солонцовыми почвами, выявлению изменения их состояния, уточнению границ контуров [3, 4].

Проведено полевое экспедиционное обследование, включающее различные методы исследования на ключевых участках и их профилирование. Определены экспериментальные базовые площадки на солонцовых почвах по картам «Почвы Казахстана» и «Кормовые угодья Казахстана» с использованием космических снимков. На каждом базовом участке (мониторинговые площадки) проведены полевые наземные исследования по показателям физических (почвы) и биологических (растения) индикаторов.

На мониторинговых площадках, при изучении биологических показателей определяли: проективное покрытие растениями – в %; название растительного сообщества (тип пастбищ) – определялся доминирующим видом растительных ассоциаций; видовой состав растений – 1м² в 3-х кратной повторности; ботанический состав растений – в (%) путем наложения метровки (1м²) с 10-ти сантиметровыми ячейками; урожайность пастбищ – в ц/га, 1м² в 5-ти кратной повторности (при естествен-

ной влажности). Химический анализ растений проводился в испытательных лабораториях.

В процессе исследования определены следующие показатели: содержание гумуса до глубины 50 см; состав обменных катионов; гранулометрический состав; солевой режим с определением pH почвы. При описании морфологических свойств почв выделялись генетические почвенные горизонты, для которых определялись цвет, увлажнение, уплотнение, наличие корешков, структура почвы, гранулометрический состав.

Методы дистанционной оценки на основе спутниковой информации среднего и низкого разрешения солонцовых угодий предусматривают несколько этапов работ: сбор картографической информации и формирование базы данных солонцовых почв с указанием типов пастбищ, основных растительных ассоциаций, урожайности и т.д., проведение подспутниковых исследований; изучение спектральных образов почвенно-растительного покрова с помощью многолетних спутниковых данных различного разрешения; выбор информативных периодов наблюдения и спутниковых индексов для оценки солонцовых пятен; тестирование методов прямой оценки солонцовых почв исходя из параметров и индексов, рассчитанных по спутниковым данным высокого и среднего пространственного разрешения (Sentinel 2, Landsat 7/8, MODIS Terra, Aqua) и верификация полученных результатов на основе наземных измерений.

При обработке спутниковых снимков применялись специальные индексы спектральных яркостей, разработанные с учетом того, в какой длине волны видимого и инфракрасного спектров данный класс имеет минимальное и максимальное поглощение [5-12]. Основными спутниковыми индексами, применяемыми для расчета, являются:

NDVI (Нормализованный разностный вегетационный индекс); SAVI (Вегетационный индекс с поправкой на почву); Bare Soil Index (Индекс открытых почв); Salinity Index (Индекс засоленности); Top-Soil Grain Size Index (Индекс песчаных фракций). С учетом вышеперечисленных индексов, выделяются следующие виды поверхности: растительность густая, редкая, умеренная, сбита; почвы (солонцы корковые, мелкие, средние и глубокие).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам полевых исследований определены морфогенетические признаки, состав и свойства солонцовых почв, дана характеристика и кормовая ценность растительного покрова обследованных наземными исследованиями четырех разрезов на мониторинговых площадках, из исследованных 75. Для примера приведены описания разрезов, наиболее характерных вышеперечисленных почвенно-климатических зон исследования: Алматинской, Атырауской, Карагандинской и Туркестанской областей.

Разрез №1 заложен (26.08.2024 г.) к северу в 26 км, от поселка «Досор» в пределах Макатского района Атырауской области. Обследуемая территория характеризуется равнинным рельефом, где угодье используется в качестве пастбищ. Растительный покров представлен биюргуном (*Anabasis salsa*), мятликом луковичным (*Poa bulbosa* L.), мортуком (*Avena fatua* L.), климакоптерой мясистой (*Climacoptera subcrassa*) и ревенем татарским (*Rheum tataricum* Lf.). Аспект ландшафта - светловато-коричневый. Сомкнутость 25-27%. Соли: присутствуют, слабая степень засоления. Глубина=120 см. Горизонты: А 0-7 см, В 8-26 см, С1 27-39 см, С2 40-54 см, Д 55-120 см.

В микропонижениях получили распространение автоморфные мелкие солонцы, для характеристики которых заложен разрез. Координаты разреза: 47°70'07N, 052°87'22E.

Морфологические свойства солонца мелкого

0-7 см	Светло-серый, слоистый, сухой, пылевато-комковатый, бурно вскипает от HCl, слабоуплотнен, среднесуглинистый, пористый, корешки, переход резкий по цвету и плотности.
8-26 см	Темно-бурый, сухой, столбчатый, тяжелый суглинок, мелкие корешки, плотный, слабо вскипает от HCl, переход заметный по структуре.
27-39 см	Бурый, сухой, комковатый, тяжелый, суглинок, плотный, вскипает от HCl, корешки, переход заметный по цвету.
40-54 см	Светлее предыдущего, свежий, средний суглинок, комковатый, слабоуплотнен, вскипает бурно от HCl, пятна и прожилки солей и карбонатов, переход ясный по цвету и плотности.
55-120 см	Светло-коричневый, свежий, слабоуплотнен, бесструктурный, бурно вскипает от HCl, легкосуглинистый.

Из данных морфогенетических признаков профиля солонцов мелких разреза №1 следует, что изучаемая почва на глубине 8-26 см имеет темный солонцовый горизонт В₁, который характеризуется столбчатой структурой, плотным сложением и тяжелым гранулометрическим составом. На глубине 40-54 см выделяются пятна и прожилки солей и карбонатов. Отличительная особенность профиля вышеуказанной почвы – это неблагоприятные водно-физические свойства, к которым относятся: плохая водопроницаемость, набухаемость и липкость при увлажнении, усадка при высыхании и т.д.

Разрез №20. Почва: Такыровидная солонцевато-солончаковая среднесуглинистая погребенная на песке. Координаты разреза: 46,264139°N;

74,324545°E. Н=343 м. Плоская поверхность древней дельты реки Или. С поверхности трещины. Растительность: эфемерово-саксауловая: саксаул (*Haloxylon sol-sp*); клоповник (*Lepidium*); крестовник (*Senecio sol-sp*). Сомкнутость 20-30%. Видимых солей нет. Глубина=110 см. А+В=20 см. Горизонты: А 0-7 см, В₁ 7-20 см, С₁ 20-35 см, С₂ 35-60 см, С₃ 60-75 см, С₄^д 75-дно.

Такыровидные почвы формируются на древнеаллювиальных равнинах крупных рек и часто несут в себе черты древнего гидроморфного режима. В этом профиле на это указывает погребенный гумусовый горизонт 60-75 см, то есть почва прошла процесс опустынивания от пойменной луговой почвы.

Морфологические свойства такыровидной солонцевато-солончаковой почвы

0-7 см	Светло серая, сухая, плотная, крупнопористая, снизу слоеватая корка, среднесуглинистая.
7-20 см	Буровато-светло-серый, свежий, слабо уплотненный, пылевато-непрочно-комковатый с ржавыми пятнами супесь.
20-35 см	Желто-бурый, слабо увлажненный рыхлый с ржавыми пятнами, песок чередуется с супесчаной прослойкой.
35-60 см	Желто-бурый, влажный, песок с ржавыми пятнами.
60-75 см	Слоистый темновато-серый и бурый горизонт с ржавыми пятнами, слоеватый легкосуглинистый.
75-дно	Желто-бурый, увлажненный с ржавыми пятнами, песок.

Изучение химического состава мелкого солонца показало низкий уровень содержания органического вещества. Содержание гумуса в изученных слоях составило 0,56–0,65%, общего азота – 0,056–0,098%. Содержание CO_2 изменялось от 0,77 до 11,1%. Сумма поглощённых оснований варьировала от 7,21 до 41,04 мг-экв/100 г почвы, при этом в составе поглощённых катионов преобладали Ca^{2+} и Mg^{2+} . Почва характеризуется щелочной реакцией, pH водной вытяжки составил 7,45–8,80 (таблица 1, разрез 1).

Химический состав такыровидной солонцевато-солончаковой среднесуглинистой почвы, погребённой на песке, характеризуется низким содержанием гумуса и общего азота. Содержание гумуса в верхних слоях составило 0,19–0,42%, общего азота – 0,014–0,070%. Содержание CO_2 изменялось в пределах 3,22–6,47%. Сумма поглощённых оснований составила 7,68–19,18 мг-экв/100 г почвы, в составе которых преобладали Ca^{2+} и Mg^{2+} . Почва характеризуется сильно-щелочной реакцией, pH водной вытяжки составил 8,61–9,22 (таблица 1, разрез 2).

Таблица 1 - Химические и физико-химические свойства мелкого солонца и такыровидной солонцевато-солончаковой среднесуглинистой почвы, погребённой на песке

№ раз- реза	Глу- бина образ- ца, см	Гу- мус, %	Общий азот, %	CO_2 , %	Поглощенные основания, мг-экв/100 г					pH вод.
					Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	сумма	
1	0-7	0,56	0,056	3,17	1,96	2,94	1,84	0,47	7,21	8,80
	10-20	0,65	0,070	0,77	3,92	6,86	25,43	0,05	36,26	8,35
	25-35	0,63	0,098	2,17	2,45	6,86	25,42	0,05	34,78	8,00
	40-50			3,34	3,43	8,82	17,07	0,05	29,37	7,68
	70-80			11,1	24,99	3,43	12,58	0,04	41,04	7,45
20	0-7	0,42	0,07	3,9	10,89	5,94	0,99	1,36	19,18	8,61
	8-18	0,19	0,028	6,47	2,48	5,94	1,23	0,74	10,39	9,22
	22-32	0,11	0,014	4,39	1,49	4,46	0,88	0,86	7,68	9,1
	42-52			3,22						9,09
	62-72			5,3						8,95
	100-110			3,96						9,01

Анализ гранулометрического состава мелкого солонца (разрез 1) показал неоднородность почвенного профиля: содержание физической глины на глубине 0-50 см составляет 30,56–45,27%, а в слое 70–80 см снижается до 5,28%. В такыровидной солонцевато-

солончаковой среднесуглинистой почве (разрез 20), погребённой на песке, по профилю отмечается постепенное уменьшение содержания физической глины до 0,80–7,26%, при этом преобладают песчаные фракции (таблица 2).

Таблица 2 – Гранулометрический состав мелкого солонца и такыровидной солонцевато-солончаковой среднесуглинистой почвы, погребённой на песке

№ разреза	Глубина, см	Содержание фракции в % на абсолютную сухую почву						
		Размеры фракции в мм						
		Песок		Пыль			Ил	Физическая глина, <0,01
		1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
1	0-7	1,387	45,537	22,517	3,217	10,454	16,888	30,559
	10-20	0,845	42,283	18,545	5,358	30,084	2,885	38,327
	25-35	0,535	43,498	10,700	5,761	30,453	9,053	45,267
	40-50	14,860	41,049	12,247	5,715	22,045	4,082	31,843
	70-80	0,345	32,595	61,776	2,845	0,406	2,032	5,283
20	0-7	0,98	0,69	37,91	33,53	16,97	1,21	9,70
	8-18	0,82	0,30	26,70	34,28	9,68	21,78	7,26
	22-32	0,54	0,64	72,41	1,61	0,40	23,73	1,21
	42-52	0,30	1,30	73,02	1,61	2,01	21,26	0,80
	62-72	0,44	0,38	74,71	14,87	5,22	2,41	2,41
	100-110	0,46	0,72	92,45	1,61	0,40	1,61	3,22

Таблица 3 – Состав водорастворимых солей мелкого солонца и такыровидной солонцевато-солончаковой среднесуглинистой почвы, погребённой на песке

№ разреза	Глубина, см	Сумма солей, %	Щелочность		Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺
			Общая в HCO ₃ ⁻	От норм. карбонатов в CO ₃ ⁻²						
1	0-7	0,100	0,056	0,005	0,001	0,015	0,002	0,002	0,021	0,003
			0,92	0,16	0,04	0,31	0,09	0,19	0,92	0,07
	10-20	0,402	0,059	0,002	0,129	0,074	0,002	0,001	0,136	0,001
			0,96	0,08	3,65	1,53	0,09	0,09	5,93	0,02
	25-35	0,728	0,044	0,002	0,326	0,091	0,004	0,005	0,258	0,001
			0,72	0,08	9,20	1,89	0,19	0,37	11,24	0,02
	40-50	0,867	0,017	0,000	0,461	0,065	0,02	0,01	0,293	0,001
			0,28	0,00	12,99	1,35	1,02	0,84	12,75	0,02
	70-80	1,688	0,010	0,000	0,403	0,734	0,213	0,051	0,276	0,001
			0,16	0,00	11,37	15,3	10,65	4,17	11,99	0,02
20	0-7	1,657	0,017	0,002	0,574	0,473	0,092	0,024	0,422	0,054
			0,28	0,08	16,19	9,85	4,61	1,96	18,37	1,39
	8-18	0,598	0,034	0,005	0,101	0,259	0,004	0,002	0,187	0,011
			0,56	0,16	2,84	5,39	0,2	0,2	8,11	0,29
	22-32	0,598	0,02	0,002	0,093	0,198	0,008	0,006	0,139	0,005
			0,32	0,08	2,62	4,13	0,39	0,49	6,06	0,12
	42-52	0,598	0,012	-	0,045	0,167	0,01	0,005	0,092	0,003
			0,2	-	1,27	3,49	0,49	0,39	4,01	0,07
	62-72	0,598	0,015	-	0,181	0,397	0,047	0,012	0,234	0,004
			0,24	-	5,09	8,26	2,35	0,98	10,16	0,1
	100-110	0,598	0,015	-	0,117	0,304	0,016	0,011	0,187	0,004
			0,24	-	3,31	6,34	0,78	0,88	8,11	0,11

Исследованные почвы характеризуются различной степенью засоления по профилю. В мелком солонце содержание водорастворимых солей увеличивается от 0,10% в верхнем слое до 1,69% в слое 70–80 см. В такыровидной солонцевато-солончаковой среднесуглинистой почве, погребённой на песке, содержание солей составляет 1,66% в слое 0–7 см и снижается до 0,60% по профилю. В составе водной вытяжки преобладают сульфаты и хлориды, содержание ионов натрия достигает 18,37 мг-экв/100 г почвы (таблица 3).

Разрез №11. Почвенный разрез заложен в Туркестанской области, почва: солонец корковый. Координаты разреза: 45°01' 40,9"N; 68°51' 35,5"E; Н=196 м. Заложен на плоской поверх-

ности под кейреуково-полынной растительностью: (кейреук (*Salsola arbuscula*), полынь (*Artemisia terrae-albae*), терескен (*Krascheninnikovia ceratoides*), мортук (*Avena fatua* L.), тюльпан (*Tulipa schrenkii*). Проектное покрытие – 30-35%. Высота – от 10-15 до 30-40 см. Глубина разреза – 75 см. А+В=28 см. Вскипание – с поверхности. Карбонаты – в солонцовом горизонте. Горизонты: Ак 0-8 см; В₁ 8-18 см; В₂ 18-28 см; С₁^{кск} 28-60 см; С₂ 60-75 см. Взяты образцы: 0-8 см; 8-18 см; 18-28 см; 39-49 см; 65-75 см.

Профиль характеризуется плотной ноздреватой коркой, под которой залегает подкорковый горизонт. Солонцовый горизонт более плотный, более тяжелого гранулометрического состава. Почвообразующая порода засоленна.

Морфологические свойства солонца коркового

0-8 см	Серая прочная ноздреватая корка, почти без корешков, легкосуглинистая.
8-18 см	Серовато-буроватый, сухой, слабоуплотненный с единичными мелкими корешками, непрочно-комковато-пылеватый, легкосуглинистый.
18-28 см	Серовато-бурый, сухой, плотный с единичными корешками, пылевато-комковатый, среднесуглинистый.
28-60 см	Бурый, сухой, очень плотный с многочисленными пятнами карбонатов, единичные корешки, глыбково-ореховатый, глинистый.
60-75 см	Ярко-бурый, сухой, очень плотный, глыбково-мелкоорешковатый, глинистый.

Разрез №21 – заложен в Карагандинской области, Актогайского района, в 500 метрах на юго-восток от трассы Алматы – Караганда. Тип почвы –

солонец средний, рельеф – равнина, аспект ландшафта – серовато-зеленоватый, водный режим – атмосферный. Координаты 46° 53' 784"N, 074° 146' 130"E.

Морфологические свойства солонца среднего

0-14 см	Светло серый, свежий, мелкокомковатый, слабоуплотнен, пронизан корнями, бурно вскипает от HCl, зернисто-суглинистый, переход резкий по плотности.
15-33 см	Темно-коричневый с белесым оттенком, сухой, плотный призматично-столбчатый, тяжелый суглинок, корешки, вскипает бурно от HCl переход заметный.
34-57 см	Коричневый с белесым оттенком, сухой, плотный, комковатый, суглинистый, мало корешков, бурно вскипает от HCl, переход заметный.
58-85 см	Белесово-коричневый, сухой, плотный, бесструктурный, суглинистый, вскипает от HCl бурно, много пятен карбонатов, переход постепенный.
86-130 см	Светло-палевый, свежий, плотный, бесструктурный, бурно вскипает от HCl, щебнистый.

Таблица 4 – Химические и физико-химические свойства коркового и среднего солонца

№ раз- реза	Глу- бина образ-	Гумус, %	Общий азот, %	CO ₂ , %	Поглощенные основания, мг-экв/100 г					pH вод.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	сумма	
11	0-8	0,5	0,056	3,7	3,5	2,25	1,48	0,3	7,5	9,7
	8-18	0,37	0,028	2,2	4,0	2,0	1,56	0,18	7,7	9,5
	18-28	0,33	0,042	0,5	3,5	1,75	0,7	0,02	6,0	9,6
	39-49	-	-	2,8	-	-	-	-	-	9,2
	65-75	-	-	8,8	-	-	-	-	-	8,6
21	0-10	0,44	0,056	2,32	5,97	2,49	0,02	0,23	8,71	9,18
	20-30	0,51	0,042	2,38	4,98	7,46	1,42	0,06	13,92	9,42
	40-50	-	-	3,1	7,96	6,97	21,42	0,06	36,41	8,72
	70-80	-	-	3,98	10,95	17,41	7,84	0,20	36,40	8,38
	120-130	-	-	1,69	12,94	12,44	52,43	0,06	77,87	8,36

Анализ химического состава почвы разреза №11 показал низкое содержание гумуса - 0,33–0,50% и общего азота - 0,028–0,056%. Содержание CO₂ изменяется от 0,5 до 8,8%. Сумма поглощённых оснований составляет 6,0–7,7 мг-экв/100 г почвы, в их составе преобладают кальций и магний. Почва характеризуется сильно щелочной реакцией, pH водной вытяжки составляет 8,6–9,7. Изучение химического состава солонца среднего в Актогайском районе Карагандинской области показало, что

почва отличается низким уровнем плодородия. Об этом свидетельствует содержание гумуса, которое составило в надсолонцовом и солонцовом горизонтах соответственно 0,44 и 0,51%. Отношение почвы к виду средний солонец обусловлено содержанием поглощенного натрия на глубине 40-50 см 21,42 мг/кг, поглощенного магния в поверхностных горизонтах 17,41 и 12,44 мг/кг. Полуметровая толща характеризуется сильно-щелочной реакцией среды (pH 8,72-9,42). (таблица 4).

Таблица 5 – Гранулометрический состав коркового и среднего солонца

№ раз- реза	Глубина, см	Содержание фракции в % на абсолютную сухую почву						
		размеры фракции в мм						физическая глина, <0,01
		песок		пыль			ил	
		1,0- 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	
11	0-8	17,87	42,68	23,35	4,83	7,65	3,62	16,10
	8-18	21,95	40,15	20,16	4,84	8,06	4,84	17,74
	18-28	17,53	44,45	18,20	3,64	8,49	7,68	19,82
	39-49	12,58	47,47	8,97	1,63	10,19	19,16	30,98
	65-75	5,79	26,62	8,71	6,22	15,76	36,91	58,88
21	0-10	36,409	36,309	16,048	3,210	4,814	3,210	11,234
	20-30	32,036	32,279	10,543	3,650	8,921	12,571	25,142
	40-50	20,709	38,359	15,805	4,458	15,805	4,863	25,127
	70-80	16,756	24,590	46,349	5,332	0,410	6,563	12,305
	120-130	27,879	28,758	30,272	3,273	0,409	9,409	13,091

Как показано в таблице 5, солонец корковый (№11) имеет более тяжелый гранулометрический состав: с глубиной увеличивается содержание ила и физической глины, достигая максимума в нижних горизонтах (до 58,9%). Солонец средний поверхности (0-10 см) имеет супесчаный, а затем 20-50 см среднесуглинистый гранулометрический состав. Содержание физической глины - соответственно 11,23 и 25,13%.

Согласно таблице 6, оба разреза характеризуются наличием засоления с преобладанием сульфатных и хлорид-

ных ионов, а среди катионов - натрия. В разрезе №11 засоление более выражено в нижних горизонтах (до 4,34%), что указывает на солончаковато-солонцеватый характер почв. Определение солевого профиля солонца среднего показало, что воднорастворимые соли в токсичных для растений концентрациях ($>0,1-0,3\%$) встречаются с глубины 20 см. В верхнем гумусовом слое, содержание солей составило 0,065%. По данным химических свойств изучаемые почвы можно охарактеризовать как слабозасоленные (таблица 6).

Таблица 6 – Состав водорастворимых солей коркового и среднего солонца, %/мг-экв.

№ раз- реза	Глу- бина, см	Сумма солей, %	Щелочность		Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺
			общая в HCO ₃ ⁻	от норм. карбонат ов в CO ₃ ⁻²						
11	39-49	4,34	0,039	0,002	0,084	0,165	0,005	0,002	0,139	нет
			0,64	0,07	2,37	3,44	0,25	0,16	6,04	нет
	65-75	1,587	0,022	-	6,15	0,840	0,134	0,029	0,343	0,001
			0,36	-		17,51	6,70	2,38	14,91	0,03
21	0-10	0,065	0,48	0,00	0,04	0,41	0,09	0,66	0,12	0,06
			0,029	0,000	0,001	0,02	0,002	0,008	0,003	0,002
	20-30	0,329	0,96	0,16	3,29	0,81	0,09	0,09	4,85	0,02
			0,059	0,005	0,117	0,039	0,002	0,001	0,112	0,001
	40-50	0,221	0,40	0,00	3,32	0,15	1,4	1,22	1,24	0,02
			0,024	0,000	0,118	0,007	0,028	0,015	0,028	0,001
	70-80	0,539	0,36	0,00	8,5	0,65	7,01	1,22	1,25	0,02
			0,022	0,000	0,301	0,031	0,14	0,015	0,029	0,001
	120- 130	0,859	0,36	0,00	4,99	8,34	10,66	2,16	0,86	0,02
			0,022	0,000	0,177	0,4	0,213	0,026	0,02	0,001

Результаты проведенных спутниковых и наземных исследований за 2024-2025 годы позволили создать цифровую информационную базу данных солонцовых земель на пастбищах двенадцати административных областей Казахстана.

На базе программного обеспечения ArcGIS, была разработана интерактивная онлайн карта, в которую были интегрированы химический и гранулометрический составы всех 75 почвен-

ных разрезов двенадцати областей Казахстана.

В результате выполненных исследований сформирована геоинформационная система (ГИС) солонцовых земель, которая позволила:

- оценить масштабы распространения и текущее состояние солонцовых пастбищ на территории областей;
- разработать рекомендации по их рациональному использованию, включая, выявление наиболее деградирован-

ных участков, требующих проведения мелиоративных мероприятий или ограничения пастбищной нагрузки;

- осуществить оперативный мониторинг изменений состояния пастбищных угодий на основе новых космических снимков и данных дистанционного зондирования (ДЗЗ).

На основе спутниковых и наземных данных с помощью ГИС-технологий по 12 областям Казахстана построены карты солонцовых земель. На рисунке 1 приведена карта солонцовых земель Западно-Казахстанской области в качестве примера.



Рисунок 1 – Карта солонцовых земель Западно-Казахстанской области

В результате анализа спутниковых и наземных данных создана геоинформационная база данных солонцовых земель Казахстана, охватывающая ключевые пастбищные территории в аридных и полуаридных зонах.

Солонцовые земли широко распространены на территории Казахстана и охватывают значительные площади пастбищ.

Созданная база данных обеспечивает оперативное обновление информации и её применение при агропланировании, рациональном использовании пастбищ и мелиорации.

Общие площади солонцовых земель по областям по данным проведенных исследований и картографирования составили: Алматинская – около 431 тыс. га., область Жетісу – около 363 тыс. га., Жамбылская – около 432 тыс. га., Туркестанская – около 571 тыс. га., Кызылординская – около 832 тыс. га., Атырауская – около 683 тыс. га., Мангистауская – около 995 тыс. га., Акмолинская – около 1,25 млн га., Актю-

бинская – около 2,1 млн га., Западно-Казахстанская – около 1,8 млн га., Карагандинская – около 2,4 млн га., область Улытау – около 1,3 млн га. Общая площадь солонцовых земель в рассмотренных регионах составила 13, 157 млн га.

Созданная ГИС-платформа и сформированная статистическая база данных служат основой для разработки региональных программ по восстановлению и рациональному использованию деградированных земель, а также для организации долгосрочного мониторинга состояния пастбищных угодий Казахстана.

Разработанные базы данных солонцовых земель на пастбищах с применением ГИС-технологий в Казахстане обеспечат эффективное управление и мониторинг земельных ресурсов. Полученные результаты создадут основу для разработки стратегий по восстановлению и улучшению состояния пастбищ, что имеет важное значение для устойчивого развития сельского хозяйства и охраны окружающей среды.

За 2024-2025 годы исследований создана предварительная интерактивная карта солонцовых земель на пастбищах в масштабе 1:500 000, по двенадцати административным областям Казахстана (по 75 мониторинговым

площадкам): Алматинской, Жетісу, Жамбылской, Туркестанской, Кызылординской, Мангистауской, Атырауской, Карагандинской, Улытау, Акмолинской, Актюбинской и Западно-Казахстанской области (рисунок 2).



Рисунок 2 – Геоинформационная интерактивная карта солонцовых земель на пастбищах Казахстана

ВЫВОДЫ

1. Изучено современное состояние солонцов и солонцеватых почв пастбищ Казахстана, охватывающих двенадцать административных областей: Алматинская, Жетісу, Жамбылская, Туркестанская, Кызылординская, Мангистауская, Атырауская, Карагандинская, Улытау, Акмолинская, Актюбинская и Западно-Казахстанская.

2. Составлена база данных пастбищных солонцов и солонцеватых почв областей Казахстана, включающая физико-химические показатели: содержание гумуса, общего азота, карбонатов, ионного состава водной вытяжки, содержания солей, состава и суммы погло-

щенных катионов и гранулометрического состава почв.

3. Создана база данных солонцовых земель на пастбищах с применением ГИС-технологий в Казахстане, которое обеспечит эффективное управление и мониторинг земельных ресурсов на основе разработки стратегий по восстановлению и улучшению состояния пастбищ.

4. Сформирована геоинформационная интерактивная карта солонцовых земель пастбищных угодий с применением ГИС-технологий для двенадцати административных областей республики в М 1:500 000.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

«Данное исследование было профинансировано Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан в рамках НТП BR22883585 «Разработка эффективных технологий повышения продуктивного потенциала и рационального использования пастбищ», по мероприятию: «Создание базы данных солонцовых земель на пастбищах с применением ГИС технологий по географическим или климатическим зонам Казахстана».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Токаев К.К. Послание народу Казахстана «Казахстан в эпоху искусственного интеллекта: актуальные задачи и их решения через цифровую трансформацию» // Казахстанская правда. - 2025. - 09 сентября. - № 173 (30551).
2. Сводный аналитический отчет о состоянии и использования земель Республики Казахстан, МСХ РК Комитет по управлению земельными ресурсами, Астана, 2023. - 336 с.
3. Малахов Д. В., Витковская И. С., Батырбаева М. Ж. Методические подходы к изучению опустыненной степи Казахстана: перспективы использования некоммерческих данных ДЗЗ // Вопросы степеведения. - 2021. - № 2. - С. 19-33.
4. Конюшкова М. Цифровое картографирование почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия. - Litres, 2018.
5. Compton J. Tucker. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. - 1979. - Vol. 8. - № 2. - P. 127-150. - DOI: 10.1016/0034-4257(79)90013-0.
6. Mukhamediev R.I., Merembayev T., Kuchin Y., Malakhov D., Zaitseva E., Levashenko V., Popova Y., Symagulov A., Sagatdinova G., Amirgaliyev Y. Soil Salinity Estimation for South Kazakhstan Based on SAR Sentinel-1 and Landsat-8,9 OLI Data with Machine Learning Models // Remote Sensing. - 2023. - Vol. 15. - № 17. - Art. 4269. - DOI: 10.3390/rs15174269.
7. Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E.P., Gao X., Ferreira L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices // Remote Sensing of Environment. - 2002. - Vol. 83. - № 1-2. - P. 195-213. - DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00096-2.
8. Jiang Z., Huete A.R., Didan K., Miura T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band // Remote Sensing of Environment. - 2008. - Vol. 112. - № 10. - P. 3833-3845. - DOI: 10.1016/j.rse.2008.06.006.
9. Allbed A., Kumar L. Soil salinity mapping using remote sensing and GIS // Advances in Remote Sensing. - 2013. - Vol. 2. - P. 373-385. - DOI: 10.4236/ars.2013.24040.
10. Allbed A., Kumar L., Aldakheel Y.Y. Assessing soil salinity using soil salinity indices derived from Landsat 8 OLI imagery // Remote Sensing. - 2014. - Vol. 6. - № 10. - P. 1137-1157.
11. Lhissoui R., Harti A.E., Chokmani K. Mapping soil salinity in irrigated land using optical remote sensing data // Eurasian Journal of Soil Science. - 2014. - Vol. 3. - № 2. - P. 82-88. - DOI: 10.18393/ejss.84540.
12. Metternicht G.I., Zinck J.A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints // Remote Sensing of Environment. - 2003. - Vol. 85. - № 1. - P. 1-20. - DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00188-8.

REFERENCES

1. Tokaev K.K. Poslanie narodu Kazakhstana «Kazakhstan v epokhu iskusstvennogo intellekta: aktual'nye zadachi i ikh resheniya cherez tsifrovuyu transformatsiyu» // Kazakhstanskaya pravda. - 2025. - 09 sentyabrya. - № 173 (30551).
2. Svodnyj analiticheskij otchet o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' Respubliki Kazakhstan. - Astana: MSKh RK, Komitet po upravleniyu zemel'nymi resursami, 2023. - 336 s.
3. Malakhov D.V., Vitkovskaya I.S., Batyrbaeva M.Zh. Metodicheskie podkhody k izucheniyu opustynennoj stepi Kazakhstana: perspektivy ispol'zovaniya nekommercheskikh dannykh DZZ // Voprosy stepevedeniya. - 2021. - № 2. - S. 19-33.

4. Konyushkova M. Tsifrovoye kartografirovaniye pochv solontsovykh kompleksov Severnogo Prikaspiya. – Litres, 2018.
5. Compton J. Tucker. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. - 1979. - Vol. 8. - № 2. - P. 127-150. - DOI: 10.1016/0034-4257(79)90013-0.
6. Mukhamediev R.I., Merembayev T., Kuchin Y., Malakhov D., Zaitseva E., Levashenko V., Popova Y., Symagulov A., Sagatdinova G., Amirgaliyev Y. Soil Salinity Estimation for South Kazakhstan Based on SAR Sentinel-1 and Landsat-8,9 OLI Data with Machine Learning Models // Remote Sensing. - 2023. - Vol. 15. - No. 17. - Art. 4269. - DOI: 10.3390/rs15174269.
7. Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E.P., Gao X., Ferreira L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices // Remote Sensing of Environment. - 2002. - Vol. 83. - № 1-2. - P. 195-213. - DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00096-2.
8. Jiang Z., Huete A.R., Didan K., Miura T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band // Remote Sensing of Environment. - 2008. - Vol. 112. - № 10. - P. 3833-3845. - DOI: 10.1016/j.rse.2008.06.006.
9. Allbed A., Kumar L. Soil salinity mapping using remote sensing and GIS // Advances in Remote Sensing. - 2013. - Vol. 2. - P. 373-385. - DOI: 10.4236/ars.2013.24040.
10. Allbed A., Kumar L., Aldakheel Y.Y. Assessing soil salinity using soil salinity indices derived from Landsat 8 OLI imagery // Remote Sensing. - 2014. - Vol. 6. - № 10. - P. 1137-1157.
11. Lhissoui R., Harti A.E., Chokmani K. Mapping soil salinity in irrigated land using optical remote sensing data // Eurasian Journal of Soil Science. - 2014. - Vol. 3. - № 2. - P. 82-88. - DOI: 10.18393/ejss.84540.
12. Metternicht G.I., Zinck J.A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints // Remote Sensing of Environment. - 2003. - Vol. 85. - № 1. - P. 1-20. - DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00188-8.

ТҮЙІН

С. Калдыбаев¹, К. Ержанова¹, Н. Бекмухамедов³, К. Кушенов⁴, А. Наушабаев¹,
К. Мансурова^{2*}, А. Абай^{1,2}, А. Сахбек⁵
ШӨЛДІ, ТАУ БӨКТЕРІНДЕГІ ЖАРТЫЛАЙ ШӨЛДІ (ТІК), ЖАРТЫЛАЙ ШӨЛДІ (ЕНДІК)
ЖӘНЕ ҚҰРҒАҚ ДАЛА АЙМАҚТАРЫНДА ГАЖ-ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНА
ОТЫРЫП, ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖАЙЫЛЫМДАРЫНДАҒЫ СОРТАҢ ЖЕРЛЕРДІ
ЦИФРЛАНДЫРУ

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, 050010, Алматы,
Абай даңғылы, 8, Қазақстан

²Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия
ғылыми-зерттеу институты, 050060, Алматы, Әл-Фараби даңғылы, 75Б,
Қазақстан, *e-mail: mansurova_kamshat@mail.ru

³Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы,
050010, Алматы, Шевченко көшесі, 15, Қазақстан

⁴Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу
институты, 050071, Алматы, Жандосов көшесі, 51, Қазақстан

⁵Орталық Азия экология және қоршаған орта ғылыми-зерттеу орталығы
(Алматы), 050060, Алматы, Әл-Фараби даңғылы, 75Б, Қазақстан

Қазақстанда цифрлық технологиялар негізінде жайылымдардың сортаң жерлерін
басқару мен мониторингтеудің ғылыми-әдістемелік және практикалық тәсілдері қалып-

тасу сатысында және одан әрі дамытуды талап етеді. Авторлар Қазақстанның ауыл шаруашылығы жерлерін цифрландыру және ақпараттық деректер базасын құру үшін жайылымдардағы сортаң жерлерді жерүсті зерттеу деректерін әзірледі және пайдаланды. Республиканың 12 әкімшілік облысының аумағын қамтитын маршруттар бойынша дала жұмыстары арқылы жайылымдардағы сортаң жерлердің қазіргі жағдайы зерттелді. Шөлді, тау бөктеріндегі жартылай шөлді (тік), жартылай шөлді (ендік) және құрғақ дала аймақтарының сортаң жайылымдарының Дерекқоры жасалды, оған мынадай көрсеткіштер кіреді: топырақтың түрі мен кіші түрі, профиль морфологиясы, гумустың және қоректік заттардың, суда еритін тұздардың құрамы, гранулометриялық құрамы, сіңірілген негіздері және катион алмасу сыйымдылығы.

Түйінді сөздер: цифрландыру, ақпараттық база, кебірлер, ГАЖ технологиясы, жайылымдар, интерактивті карта.

SUMMARY

S. Kaldybayev¹, K. Erzhanova¹, N. Bektukhamedov³, K. Kushenov⁴, A. Naushabayev¹,
K. Mansurova², A. Abay^{1,2}, A. Sakhbek⁵

DIGITALIZATION OF SALINE LANDS IN KAZAKHSTAN'S PASTURES USING GIS TECHNOLOGIES IN DESERT, FOOTHILL SEMI-DESERT (VERTICAL), SEMI-DESERT (LATITUDINAL) AND DRY STEPPE ZONES

¹Kazakh National Agrarian Research University,
050010, Almaty, Abaya Ave., 8, Kazakhstan

²Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named after
U.U. Uspanov, Almaty, al-Farabi ave., 75B, Kazakhstan,
*e-mail: mansurova_kamshat@mail.ru

³National Center for Space Research and Technology, 050010, Almaty,
Shevchenko St., 15, Kazakhstan

⁴Kazakh Research Institute of Livestock and Foraging, 050071, Almaty,
Zhandosova St., 51, Kazakhstan

⁵Central Asia Research Center for Ecology and the Environment (Almaty),
050060, Almaty, Al-Farabi Ave., 75B, Kazakhstan

In Kazakhstan, scientific, methodological and practical approaches to the management and monitoring of salt pasture lands based on digital technologies are at the stage of formation and require further development. The authors have developed and used data from ground-based studies of saline lands on pastures to compile an information database and digitalize agricultural lands in Kazakhstan. The current state of saline lands on pastures has been studied through field work along routes covering the territory of 12 administrative regions of the republic. A database of salt pastures in desert, foothill semi-desert (vertical), semi-desert (latitudinal) and dry-steppe zones has been compiled, including the following indicators: soil type and subtype, profile morphology, humus and nutrient content, water-soluble salts, granulometric composition, absorbed bases and cation exchange capacity.

Keywords: digitalization, information base, salt lakes, GIS technology, pastures, interactive map.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Калдыбаев Сагынбай - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, агрохимии и экологии, <https://orcid.org/0000-0003-2821-3684>, e-mail: sagynbay@gmail.com

2. Ержанова Кенже Мамбетсалиевна - кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и биотехнологии, <https://orcid.org/0000-0002-5333-0906>, e-mail: kem_707@mail.ru

3. Бекмухамедов Нурлан Эркинович - заведующий отдела лаборатории "Космический мониторинг сельскохозяйственного производства", АО "Национальный центр космических исследований и технологий", кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-3157-7705>, e-mail: nurlan1964@yandex.ru

4. Кушенов Каныш Иманович - заведующий отдела кормопроизводства и пастбищ, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-5298-3334>, e-mail: kushenov.kanysh@mail.ru

5. Наушабаев Асхат Хамитович - PhD доктор, ассоциированный профессор кафедры почвоведения, агрохимии и экологии, <https://orcid.org/0000-0001-8291-265X>, e-mail: askhat.naushabayev@kaznaru.edu.kz

6. Мансурова Камшат Алмабекқызы – инженер-почвовед отдела мелиорации засоленных почв, магистр с-х.н., <https://orcid.org/0009-0004-6124-8197>, e-mail: mansurova_kamshat@mail.ru

7. Абай Аян Күмісбекұлы - PhD докторант 3 курса кафедры почвоведения, агрохимии и экологии, <https://orcid.org/0000-0001-9470-9229>, e-mail: kumisbekuli96@gmail.com

8. Сахбек Әділет Сарқытбекұлы – лаборант научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Алматы), e-mail: sakhbek@bk.ru

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

ГРНТИ 68.05.29, 68.33.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_3_20

В.Н. Гусев^{1*}, С.Б. Кененбаев^{1*}, Е.К. Жусупбеков¹, К.У. Рустемова¹**СОДЕРЖАНИЕ И ГРУППОВОЙ СОСТАВ ГУМУСА В БОГАРНОЙ ПОЧВЕ
ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОВОМ
СЕВООБОРОТЕ***¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и
растениеводства», 040909, Алматинская область, Карасайский район,**п. Алмалыбак, ул. Ерленесова, 1, Казахстан,***e-mail: agfaagro@mail.ru; serikkenenbayev@mail.ru*

Аннотация. Целью исследования являлась оценка влияния навоза, соломы и минеральных удобрений на содержание и групповой состав гумуса светло-каштановой почвы в условиях богарного зернового севооборота юго-востока Казахстана. Установлено, что органические удобрения оказывали более выраженное положительное влияние на гумусовое состояние почвы, чем минеральная система удобрения. Наиболее выраженный эффект отмечен при внесении навоза под озимую пшеницу (с 1,67-1,70 до 1,74%). Заделка соломы оказывала более умеренное и не всегда статистически подтверждаемое влияние на содержание гумуса (с 1,68 до 1,70%). Применение минеральных удобрений не вызывало достоверных изменений этого показателя, по сравнению с контролем. Влияние удобрений, на групповой состав гумуса было выражено слабее, чем на общее содержание гумуса. Наиболее заметные изменения отмечены при внесении навоза, где отношение С_{гк}/С_{фк} снижалось до 0,72 против 0,74 на контроле. Показано, что в условиях богарного земледелия навоз является наиболее эффективным фактором поддержания гумусового состояния почвы, а изменения, выявленные на начальном этапе применения удобрений, могут рассматриваться как индикаторы направленности последующей трансформации органического вещества при длительном применении органических материалов.

Ключевые слова: гумус, групповой состав гумуса, светло-каштановая почва, навоз, солома, богарное земледелие, зерновой севооборот.

ВВЕДЕНИЕ

Органическое вещество почвы и гумус относятся к числу важнейших факторов почвенного плодородия, определяющих агрофизические, агрохимические и биологические свойства почвы. Классическими трудами отечественной школы почвоведения установлено, что гумус играет ключевую роль в формировании структуры почвы, её водного режима, буферности, обеспеченности растений элементами питания и устойчивости агроэкосистем при сельскохозяйственном использовании [1–3]. В современных концепциях устойчивого земледелия органическое вещество почвы рассматривается как один из основных факторов экологической стабильности и продукционного потенциала агроландшафтов.

В условиях аридного и семиаридного климата роль гумуса существенно возрастает, поскольку процессы его минерализации протекают интенсивно, а восполнение органического вещества ограничено природно-климатическими условиями. Для почв богарных территорий характерна повышенная уязвимость органического вещества к деградации, обусловленная дефицитом влаги, высокой температурной нагрузкой и нестабильным поступлением растительных остатков [4].

Оценка гумусового состояния почвы только по общему содержанию гумуса не всегда позволяет объективно судить о направленности и глубине трансформации органического вещества. В связи с этим важное значение приобретает изучение группового

состава гумуса, включающего соотношение гуминовых кислот, фульвокислот и негидролизуемого остатка [2, 3]. Эти показатели характеризуют тип гумуса, степень его устойчивости и направленность гумусообразовательного процесса.

Существенное влияние на формирование и трансформацию гумусовых веществ оказывают системы удобрения. Установлено, что минеральные и органические удобрения по-разному воздействуют как на содержание гумуса, так и на его качественное состояние, изменяя соотношение гумусовых фракций и устойчивость органического вещества [5]. Органические удобрения и возврат растительных остатков, как правило, способствуют увеличению доли более стабильных гумусовых соединений [6, 7], тогда как длительное преобладание минерального питания может сопровождаться увеличением доли более подвижных форм органического вещества [8].

Восполнение запасов органического вещества в почве возможно как за счёт увеличения разнообразия растений и накопления растительной биомассы, так и путём внесения экзогенного органического вещества, прежде всего навоза и соломы. Направленность трансформации поступающего в почву органического материала определяется его химическим составом и условиями среды: он может минерализоваться с эмиссией CO_2 и высвобождением элементов питания, вовлекаться в состав микробной биомассы либо частично гумифицироваться с образованием более устойчивых гумусовых веществ. Скорость и направленность этих процессов зависят от соотношения C/N, содержания лигнина, степени измельчения субстрата и гидротермического режима. В специализированных зерновых хозяйствах в почву преимущественно поступают растительные остатки и солома с относительно широким

отношением C/N, поэтому в условиях дефицита доступного азота и влаги их трансформация не всегда обеспечивает положительный баланс гумуса [9-11].

Следует отметить, что солома сельскохозяйственных культур может различаться по химическому составу и скорости разложения, однако в условиях богарного земледелия юго-востока Казахстана её эффективность как источника органического вещества в значительной мере определяется влагообеспеченностью, азотным режимом почвы и условиями заделки растительных остатков.

Современные зарубежные исследования также показывают, что системы земледелия, обеспечивающие регулярное поступление органического вещества в почву, способствуют увеличению запасов почвенного органического углерода и улучшению его качественного состояния [12-14]. Эти данные согласуются с положениями отечественной теории гумуса и подтверждают необходимость оценки не только количественных, но и качественных изменений органического вещества почвы.

Для светло-каштановых почв, используемых в земледелии богарной зоны юго-востока Казахстана, и характеризующихся аридностью климата и ограниченными возможностями воспроизводства органического вещества, особую актуальность приобретает изучение влияния различных систем удобрения на содержание и групповой состав гумуса. Такой подход позволяет более объективно оценить направленность процессов гумусообразования и устойчивость почвенного плодородия.

Целью настоящего исследования являлась оценка влияния навоза, соломы и минеральных удобрений на содержание и групповой состав гумуса светло-каштановой почвы в условиях богарного зернового севооборота юго-востока Казахстана, а также выявление

направленности изменений гумусового состояния почвы под действием различных систем удобрения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2024–2025 гг., в условиях зернового севооборота (озимая пшеница, лён масличный, яровой ячмень) на богарной светло-каштановой почве юго-востока Казахстана. Район исследований характеризуется резко континентальным климатом с недостаточным и неустойчивым увлажнением, что существенно влияет на процессы минерализации и трансформации органического вещества почвы [4].

Полевой опыт был заложен в пространстве и во времени на площади 1,2 га. Площадь элементарной делянки составляла 346 м², повторность опыта - трёхкратная. Схема опыта включала следующие варианты: контроль - без удобрений; минеральные удобрения (N90P60 под озимую пшеницу и N60P60 под лён масличный и яровой ячмень); навоз крупного рогатого скота в дозе 30 т/га, внесённый под озимую пшеницу, с учётом последствий под последующие культуры; заделка соломы фактического урожая предшественника с компенсирующим внесением азотного удобрения, направленным на предотвращение азотной депрессии и активизацию микробиологических процессов [6, 7].

Почвенные образцы отбирали из слоя 0–30 см как основной зоны аккумуляции органического вещества. Отбор и подготовку проб, включая формирование объединённой пробы, высушивание до воздушно-сухого состояния, удаление примесей и просеи-

вание, проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.4.02–2017 [15].

Определение органического вещества (гумуса) выполняли по методу Тюрина с фотометрическим окончанием согласно ГОСТ 26213–91 [16].

Групповой состав гумуса определяли ускоренным пирофосфатным методом по Кононовой–Бельчиковой с разделением на гуминовые кислоты, фульвокислоты и негидролизуемый остаток [2, 3]. Для характеристики направленности процессов гумусообразования рассчитывали диагностические соотношения, включая Сгк/Сфк, используемые в теории гумуса и химии почв [3, 8].

Статистическую обработку экспериментальных данных однофакторного полевого опыта проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [17]. В таблицах приведены средние значения по вариантам опыта. Достоверность различий между средними оценивали по наименьшей существенной разности при 5%-ном уровне значимости ($HCp_{0.95}$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важным условием оценки влияния органических удобрений и растительных остатков на гумусовое состояние почвы является характеристика массы и качества органического вещества, поступающего в почву. В проведённом опыте, как отмечено выше, в качестве органических материалов использовали полуперепревший навоз крупного рогатого скота и солому культур зернового севооборота, различавшиеся по массе внесения, содержанию элементов питания, углерода и отношению C/N (таблица 1).

Таблица 1 – Масса и качество органических материалов, внесенных в почву (в среднем за 2024–2025 гг.)

Органический материал	воздушно-сухое вещество					C/N
	т/га	%				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	
Полуперепревший навоз КРС	7,5	1,53	0,09	2,37	36,1	20,1
Солома озимой пшеницы	3,9	0,83	0,09	1,12	36,1	43,3
Солома льна масличного	4,1	0,72	0,23	2,04	42,4	58,9
Солома ярового ячменя	1,1	0,55	0,17	1,51	44,3	40,2

Как показывают данные таблицы 1, полуперепревший навоз КРС существенно отличался от соломы изучаемых культур как по количеству поступающего в почву органического вещества, так и по его качественным характеристикам. Наибольшее количество воздушно-сухого вещества поступало с навозом - 7,5 т/га, тогда как с соломой озимой пшеницы и льна масличного в почву возвращалось соответственно 3,9 и 4,1 т/га, а с соломой ярового ячменя - лишь 1,1 т/га. Навоз характеризовался наиболее высоким содержанием азота и наиболее узким соотношением C/N (20,1), что указывает на более благоприятные условия для его минерализации и последующей гумификации. В отличие от него солома всех изучаемых культур отличалась более широким соотношением C/N - от 40,2 до 58,9, что

свидетельствует о потенциально более медленной трансформации органического вещества и возможности временной иммобилизации азота в процессе разложения. Наиболее широкое соотношение C/N было характерно для соломы льна масличного, что позволяет предполагать её наиболее замедленное разложение среди изученных растительных остатков. В то же время направленность трансформации органического материала в условиях богарного земледелия определяется не только его химическим составом, но и влагообеспеченностью, азотным режимом почвы, а также общей массой пожнивно-корневых остатков, возвращаемых в почву.

Влияние различных систем удобрения на содержание гумуса в светло-каштановой почве носило неодинаковый характер (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние удобрений на содержание гумуса в слое почвы 0-30 см под культурами зернового севооборота, %

Вариант	Поле 1		Поле 2		Поле 3	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025
	пшеница**	лен*	лен*	ячмень*	ячмень*	пшеница**
Контроль	1,67	1,68	1,82	1,82	1,70	1,70
N90P60**, N60P60*	1,65	1,67	1,82	1,80	1,72	1,72
Навоз под озимую пшеницу, 30 т/га	1,74	1,74	1,80	1,80	1,70	1,74
Солома предшественника	1,68	1,70	1,84	1,85	1,70	1,73
HCP _(0.95)	0,024	0,031	-	0,024	-	0,031

На контрольном варианте содержание гумуса варьировало от 1,67 до 1,82%, что отражало исходную неоднородность гумусового состояния почвы по полям севооборота. Применение минеральных удобрений не вызывало достоверных изменений этого показателя: содержание гумуса в варианте с НР находилось в тех же пределах, что и на контроле.

Наиболее выраженный эффект отмечен при внесении навоза под озимую пшеницу. В условиях прямого действия навоза содержание гумуса достоверно возросло: в 2024 г. на поле 1 - с 1,67 до 1,74%, то есть на 0,07% при $НСР_{0.95} = 0,024$; в 2025 г. на поле 3 - с 1,70 до 1,74%, или на 0,04% при $НСР_{0.95} = 0,031$. На второй год последействия навоза содержание гумуса в почве под льном масличным на поле 1 в 2025 г. сохранялось на уровне первого года действия.

Заделка соломы оказывала более умеренное и не всегда статистически подтвержденное влияние на содержание гумуса. Так, в 2025 году на поле 1 под льном масличным содержание гумуса увеличилось с 1,68 до 1,70%, однако этот прирост был ниже $НСР_{0.95} = 0,031$. На поле 3 под озимой пшеницей в 2025 г. содержание гумуса при заделке соломы составило 1,73% против 1,70% на контроле, то есть увеличилось на 0,03%, что было близко к величине $НСР_{0.95} = 0,031$. В целом действие соломы на гумусовое состояние почвы проявлялось слабее по сравнению с навозом, что, вероятно, обусловлено более широким соотношением С/Н и, как следствие, более медленной трансформацией растительных остатков.

Установлена тесная связь между качеством внесённого органического материала, оцениваемым по соотношению С/Н, и величиной прироста содержания гумуса в почве ($r=0,78$; $p<0,05$), что подтверждает важную роль биохимического состава органического

вещества в процессах его трансформации.

В целом полученные данные свидетельствуют о том, что в краткосрочных условиях опыта наиболее благоприятное влияние на содержание гумуса оказывал навоз, тогда как действие соломы было менее выраженным, а применение только минеральных удобрений не обеспечивало заметного улучшения гумусового состояния светлосадовой почвы. Полученные результаты согласуются с данными литературы, согласно которым длительное применение органических удобрений, особенно в сочетании с минеральным питанием, в большей степени способствует сохранению и накоплению органического вещества почвы, чем использование только минеральных удобрений [18, 19]. Более сдержанное влияние соломы в наших условиях, вероятно, связано с широким соотношением С/Н, а также с дефицитом влаги и доступного азота, ограничивающими скорость минерализации и последующей гумификации растительных остатков. Это соответствует современным представлениям о том, что положительный эффект возврата соломы на содержание почвенного органического углерода проявляется постепенно и в значительной степени зависит от качества растительных остатков, гидротермических условий, способа их заделки и продолжительности применения приёма [20].

Поскольку в условиях краткосрочного опыта изменения общего содержания гумуса отражают преимущественно начальные количественные сдвиги, для более полной оценки трансформации органического вещества почвы необходимо учитывать и качественные параметры гумусового состояния. В этом отношении одним из наиболее информативных показателей является групповой состав гумуса, характеризующий соотношение основных групп гумусовых веществ, и позволяющий судить о

направленности процессов гумификации и минерализации, а также о степени стабилизации органического вещества почвы под влиянием различ-

ных систем удобрения. Результаты определения группового состава гумуса в слое 0–30 см под озимой пшеницей представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Влияние удобрений на групповой состав гумуса в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей. (В среднем за 2024-2025 гг.)

Вариант	С общий, %	Гуминовые кислоты		Фульвокислоты		Остаток		Сгк/Сфк
		С, %	% к С общ.	С, %	% к С общ.	С, %	% к С общ.	
Контроль	0,554	0,134	24,3	0,181	32,6	0,239	43,2	0,74
N90P60	0,557	0,135	24,2	0,182	32,6	0,241	43,2	0,74
Навоз, 30 т/га	0,575	0,140	24,3	0,194	33,7	0,249	43,3	0,72
Солома	0,570	0,139	24,3	0,186	32,7	0,245	43,1	0,74
НСР(0.95)	0,015	0,006	-	0,009	-	0,015	-	-

Как показывают данные таблицы 3, в условиях краткосрочного опыта применение удобрений не сопровождалось существенной перестройкой группового состава гумуса, однако оказало определённое влияние на содержание общего углерода гумусовых веществ. На контроле содержание общего углерода, извлекаемого раствором 0,1 М NaOH + 0,1 М Na₄P₂O₇, составляло 0,554%, из которых на долю гуминовых кислот приходилось 24,3% от С общ., фульвокислот - 32,6%, остатка - 43,2%, при отношении Сгк/Сфк 0,74. Вариант с внесением минеральных удобрений в дозе N90P60 практически не отличался от контроля как по содержанию общего углерода (0,557%), так и по соотношению основных групп гумусовых веществ: доля гуминовых кислот составляла 24,2%, фульвокислот - 32,6%, остатка - 43,2%, а значение Сгк/Сфк сохранялось на уровне 0,74. Это свидетельствует о слабом влиянии минеральной системы удобрения на качественное состояние гумуса на начальном этапе наблюдений.

Более заметные изменения установлены в вариантах с органическими удобрениями. При внесении навоза в дозе 30 т/га содержание общего углерода возрастало до 0,575%, что на 0,021%

превышало контроль и было выше НСР_{0.95} (0,015). В варианте с заделкой соломы этот показатель составил 0,570%, что также превышало контроль на 0,016% и соответствовало уровню достоверных различий. Вместе с тем доля гуминовых кислот в составе гумуса в этих вариантах изменялась незначительно и составляла 24,3%. При внесении навоза содержание фульвокислот повышалось до 0,194%, или 33,7% от С общ., а отношение Сгк/Сфк снижалось до 0,72. При внесении соломы показатели группового состава гумуса оставались близкими к контролю: содержание фульвокислот составляло 0,186%, или 32,7% от С общ., остатка - 0,245%, или 43,1%, а отношение Сгк/Сфк сохранялось на уровне 0,74. Следовательно, в краткосрочном аспекте органические удобрения способствовали прежде всего увеличению общего содержания углерода гумусовых веществ, тогда как качественная перестройка их группового состава была выражена слабо. Снижение отношения Сгк/Сфк при внесении навоза, по-видимому, отражает активизацию трансформации свежего органического вещества и относительное возрастание доли более подвижных гумусовых соединений.

В целом полученные результаты согласуются с современными данными, согласно которым в краткосрочных опытах органические удобрения прежде всего увеличивают содержание органического углерода и долю более лабильных гумусовых соединений, тогда как более выраженная стабилизация и перестройка качественного состава гумуса формируются при длительном систематическом применении органических материалов [21–24]. Вместе с тем оценка гумусового состояния почвы важна не только при длительном применении удобрений, но и на начальном этапе их действия, когда формируются первые направленные сдвиги в трансформации органического вещества, во многом определяющие дальнейший характер количественных и качественных изменений гумуса. Несмотря на то, что в краткосрочных опытах эти изменения обычно выражены слабее, они позволяют выявить чувствительность почвы к различным системам удобрения и оценить потенциальную направленность процессов гумификации и минерализации. Для богарных почв юго-востока Казахстана это особенно важно, поскольку в условиях ограниченного увлажнения и дефицита органического материала даже ранние изменения содержания углерода гумусовых веществ и их группового состава могут служить индикаторами устойчивости гумусового состояния почвы и эффективности применяемых агроприёмов. Таким образом, в краткосрочном опыте удобрения влияли преимущественно на количественные показатели гумусового состояния, тогда как качественные изменения группового состава гумуса были выражены значительно слабее.

ВЫВОДЫ

1. В условиях полевого опыта на светло-каштановой почве богарной зоны юго-востока Казахстана органические удобрения оказывали более выраженное положительное влияние на

гумусовое состояние почвы, чем минеральная система удобрения. Наиболее эффективным приёмом было внесение навоза в дозе 30 т/га, тогда как действие соломы проявлялось слабее, а применение минеральных удобрений не сопровождалось существенным улучшением гумусового состояния почвы.

2. Навоз крупного рогатого скота характеризовался более благоприятными качественными свойствами органического вещества, прежде всего более узким отношением C:N, что создавало лучшие условия для его трансформации и гумификации. Солома культур зернового севооборота отличалась более широким отношением C:N, что обуславливало её более медленное разложение и менее выраженное влияние на гумусовое состояние почвы.

3. Результаты двухлетних исследований показали, что органические удобрения способствовали увеличению содержания гумуса и общего углерода гумусовых веществ, однако их влияние на групповой состав гумуса было выражено значительно слабее. Существенной перестройки соотношения гуминовых кислот, фульвокислот и остатка за период наблюдений не установлено.

4. Наиболее заметные изменения качественного состояния гумуса отмечены при внесении навоза, что проявлялось увеличением общего углерода гумусовых веществ и снижением отношения $S_{гк}/S_{фк}$, отражающим активизацию трансформации свежего органического вещества. Полученные результаты показывают, что уже на начальном этапе применения органических материалов формируются направленные изменения, позволяющие судить о потенциальной устойчивости гумусового состояния почвы и возможности более выраженной перестройки количественных и качественных показателей гумуса при их длительном систематическом применении.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данная статья опубликована в рамках программно-целевого финансирования научных исследований Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2024-2026 годы по программе ИРН BR22885097 «Обеспечение рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в интенсивном земледелии на основе новых подходов в сохранении и воспроизводстве плодородия почв».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Докучаев В.В. Русский чернозём. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 636 с.
2. Кононова М. М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. - М.: АН СССР, 1963. - 315 с.
3. Бельчикова Н. П., Кононова М. М. Групповой и фракционный состав гумуса почв. - М.: Наука, 1975. - 221 с.
4. Орлов Д.С. Органическое вещество почв аридных территорий и его трансформация // Почвоведение. – 2004. – № 6. – С. 643–652.
5. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н. Влияние систем удобрения на содержание и качество гумуса почв // Почвоведение. - 2002. - № 4. - С. 451–460.
6. Панников В. Д., Коровин В. Н. Удобрения и гумус почв. - М.: Колос, 1982. - 192 с.
7. Кузнецов М.С., Яковлев А.С. Солома в земледелии и её влияние на плодородие почвы. - М.: Агропромиздат, 1990. - 176 с.
8. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. - М.: Изд-во МГУ, 1990. - 325 с.
9. Kögel-Knabner I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter // Soil Biology and Biochemistry. – 2002. – Vol. 34, № 2. – P. 139–162. – DOI: 10.1016/S0038-0717(01)00158-4.
10. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Управление деструкцией и гумификацией пожнивных остатков зерновых культур с использованием микробиологического препарата Экстрасол // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 3. – С. 103–108. – DOI: 10.15389/agrobiology.2012.3.103.
11. Кравченко, Р. В., Куприченков, М. Т. Растительные остатки и плодородие почв [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - № 79(05). - С. 392–401. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/45.pdf> (дата обращения: 12.03.2026).
12. Altieri M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems // Agriculture, Ecosystems & Environment. - 1999. - Vol. 74, № 1–3. - P. 19–31. - DOI: 10.1016/S0167-8809(99)00028-6.
13. Poeplau C., Don A. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis // Agriculture, Ecosystems & Environment. - 2015. - Vol. 200. - P. 33–41. - DOI: 10.1016/j.agee.2014.10.024.
14. Donisa C., Mocanu R., Steinnes E. Distribution of some major and minor elements between fulvic and humic acid fractions in natural soils // Geoderma. - 2003. - Vol. 111, № 1–2. - P. 75–84. - DOI: 10.1016/S0016-7061(02)00254-9.
15. ГОСТ 17.4.4.02–2017. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического анализа. - М.: Стандартинформ, 2018.
16. ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества. - М.: Изд-во стандартов, 1992.

17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
18. Balík J., Suran P., Sedlár O., Černý J., Kulhánek M., Procházková S., Asrade D.A., Smatanová M. The effect of long-term farmyard manure and mineral fertilizer application on the increase in soil organic matter quality of Cambisols // *Agronomy*. – 2023. – Vol. 13, № 12. – Art. 2960. – DOI: 10.3390/agronomy13122960.
19. Kumari M., Sheoran S., Prakash D., Yadav D.B., Yadav P.K., Jat M.K., Ankit, Apurva. Long-term application of organic manures and chemical fertilizers improve the organic carbon and microbiological properties of soil under pearl millet-wheat cropping system in North-Western India // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, № 3. – Art. e25333. – DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e25333.
20. Xin J., Yan L., Cai H. Response of soil organic carbon to straw return in farmland soil in China: A meta-analysis // *Journal of Environmental Management*. – 2024. – Vol. 366. – Art. 121051. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.121051.
21. Sedlár O., Balík J., Černý J., Kulhánek M., Smatanová M. Long-term application of organic fertilizers in relation to soil organic matter quality // *Agronomy*. – 2023. – Vol. 13, № 1. – P. 175. – DOI: 10.3390/agronomy13010175.
22. Zhu Y., Zhang M., Han X. et al. Evaluation of the soil aggregate stability under long term manure and chemical fertilizer applications: Insights from organic carbon and humic acid structure in aggregates // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2024.
23. Sedlár O., Balík J., Černý J., Suran P., Kulhánek M., Bihun T. Soil organic matter quality and carbon sequestration potential affected by straw return in 11-year on-farm trials in the Czech Republic // *Agronomy*. – 2025. – Vol. 15. – P. 1277.
24. Skrylnyk Y. et al. Transformation of the qualitative composition of soil organic matter fractions under organic fertilizer application // *Current Research in Environmental Sustainability*. – 2025.

REFERENCES

1. Dokuchaev V. V. Russian Chernozem. – Moscow: Selkhozgiz, 1952. – 636 p.
2. Kononova M. M. Soil Organic Matter: Its Nature, Properties and Methods of Study. – Moscow: Academy of Sciences of the USSR, 1963. – 315 p.
3. Belchikova N. P., Kononova M. M. Group and Fractional Composition of Soil Humus. – Moscow: Nauka, 1975. – 221 p.
4. Orlov D. S. Organic matter of arid soils and its transformation // *Pochvovedenie*. – 2004. – № 6. – P. 643–652.
5. Orlov D. S., Biryukova O. N. Effect of fertilization systems on the content and quality of soil humus // *Pochvovedenie*. – 2002. – № 4. – P. 451–460.
6. Pannikov V. D., Korovin V. N. Fertilizers and Soil Humus. – M.: Kolos, 1982. – 192 p.
7. Kuznetsov M. S., Yakovlev A. S. Straw in Agriculture and Its Effect on Soil Fertility. – M.: Agropromizdat, 1990. – 176 p.
8. Orlov D. S. Humic Acids of Soils and the General Theory of Humification. – M.: Moscow State University Press, 1990. – 325 p.
9. Kögel-Knabner I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2002. – Vol. 34, № 2. – P. 139–162. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00158-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00158-4).

10. Petrov V.B., Chebotar V.K. Management of decomposition and humification of cereal crop residues using the microbiological preparation Extrasol // *Agricultural Biology*. – 2012. – № 3. – P.103–108. - DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2012.3.103rus>.
11. Kravchenko R.V., Kuprichenkov M. T. Plant residues and soil fertility // *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. – 2012. – № 79. – P. 392–401.
12. Altieri M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 1999. – Vol. 74, № 1–3. – P. 19–31. - DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6).
13. Poeplau C., Don A. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops: A meta-analysis // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2015. – Vol. 200. – P. 33–41. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.024>.
14. Donisa C., Mocanu R., Steinnes E. Distribution of some major and minor elements between fulvic and humic acid fractions in natural soils // *Geoderma*. – 2003. – Vol. 111, № 1–2. – P. 75–84. - DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00254-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00254-9).
15. GOST 17.4.4.02–2017. Soils. Methods for Sampling and Preparation of Samples for Chemical Analysis. – M.: Standartinform, 2018.
16. GOST 26213–91. Soils. Methods for Determination of Organic Matter. – Moscow: Publishing House of Standards, 1992.
17. Dospikhov B. A. Methodology of Field Experiment (with the Basics of Statistical Processing of Research Results). – 5th ed. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p.
18. Balík J., Suran P., Sedlář O., Černý J., Kulhánek M., Procházková S., Asrade D. A., Smatanová M. The effect of long-term farmyard manure and mineral fertilizer application on the increase in soil organic matter quality of Cambisols // *Agronomy*. – 2023. – Vol. 13, № 12. – P. 2960. - DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13122960>.
19. Kumari M., Sheoran S., Prakash D., Yadav D. B., Yadav P. K., Jat M. K., Ankit, Apurva. Long-term application of organic manures and chemical fertilizers improve the organic carbon and microbiological properties of soil under pearl millet-wheat cropping system in north-western India // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, № 3. – Art. e25333. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25333>.
20. Xin J., Yan L., Cai H. Response of soil organic carbon to straw return in farmland soil in China: A meta-analysis // *Journal of Environmental Management*. – 2024. – Vol. 366. – P. 121051. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121051>.
21. Sedlář O., Balík J., Černý J., Kulhánek M., Smatanová M. Long-term application of organic fertilizers in relation to soil organic matter quality // *Agronomy*. – 2023. – Vol. 13, № 1. – P. 175. - DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13010175>.
22. Zhu Y., Zhang M., Han X. et al. Evaluation of the soil aggregate stability under long term manure and chemical fertilizer applications: Insights from organic carbon and humic acid structure in aggregates // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2024. – Vol. 376. – P. 109217. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109217>.
23. Sedlář O., Balík J., Černý J., Suran P., Kulhánek M., Bihun T. Soil organic matter quality and carbon sequestration potential affected by straw return in 11-year on-farm trials in the Czech Republic // *Agronomy*. – 2025. – Vol. 15, № 6. – P. 1277. - DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15061277>.
24. Skrylnyk Y., Popirny M., Kutova A., Krylach S. Transformation of the qualitative composition of soil organic matter in podzolic chernozem under the application of composts // *Geoderma Regional*. – 2025. – P. e01043. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025.e01043>.

ТҮЙІН

В.Н. Гусев^{1*}, С.Б. Кененбаев^{1*}, Е.Қ. Жүсіпбеков¹, К.У. Рүстемова¹
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫНДАҒЫ ТӘЛІМІ ЖЕР ТОПЫРАҒЫНДАҒЫ
ГУМУС МӨЛШЕРІ МЕН ТОПТЫҚ ҚҰРАМЫНА АСТЫҚ АУЫСПАЛЫ ЕГІС
ЖАҒДАЙЫНДА ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ӘСЕРІ

¹«Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС,
040909, Алматы облысы, Қарасай ауданы, Алмалыбақ ауылы, Ерлепесов көшесі, 1,
Қазақстан, *e-mail: agfaagro@mail.ru, serikkenenbayev@mail.ru

Зерттеудің мақсаты Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы тәлімі астық ауыспалы егісі жағдайында ашық қара-қоңыр топырақтағы гумус мөлшері мен оның топтық құрамына көңнің, сабанның және минералдық тыңайтқыштардың әсерін бағалау болды. Органикалық тыңайтқыштардың топырақтың гумустық күйіне минералдық тыңайтқыш жүйесіне қарағанда анағұрлым айқын оң әсер ететіні анықталды. Ең жоғары әсер күздік бидайға көң енгізгенде байқалды (1,67–1,70%-дан 1,74%-ға дейін). Сабанды топыраққа сіңіру гумус мөлшеріне неғұрлым бәсең және барлық жағдайда бірдей статистикалық тұрғыдан дәлелденбеген әсер көрсетті (1,68%-дан 1,70%-ға дейін). Бақылаумен салыстырғанда минералдық тыңайтқыштарды қолдану бұл көрсеткіште айтарлықтай өзгеріс туғызған жоқ. Тыңайтқыштардың гумустың топтық құрамына әсері оның жалпы мөлшеріне әсерімен салыстырғанда әлсіздеу болды. Ең айқын өзгерістер көң енгізген нұсқада байқалды, мұнда Сгк/Сфк қатынасы бақылаудағы 0,74-пен салыстырғанда 0,72-ге дейін төмендеді. Тәлімі егіншілік жағдайында көңнің топырақтың гумустық жай-күйін сақтаудың ең тиімді факторы болып табылатыны, ал тыңайтқыштарды қолданудың бастапқы кезеңінде анықталған өзгерістер органикалық материалдарды ұзақ мерзімді қолдану жағдайында органикалық заттардың кейінгі трансформациясының бағытын сипаттайтын индикаторлар ретінде қарастырылуы мүмкін екені көрсетілді.

Түйінді сөздер: гумус, гумустың топтық құрамы, ашық қара-қоңыр топырақ, көң, сабан, тәлімі егіншілік, астық ауыспалы егісі.

SUMMARY

V.N. Gusev^{1*}, S.B. Kenenbayev^{1*}, E.K. Zhushupbekov¹, K.U. Rustemova¹
HUMUS CONTENT AND GROUP COMPOSITION IN RAINFED SOIL OF SOUTHEASTERN
KAZAKHSTAN UNDER THE INFLUENCE OF FERTILIZERS IN A GRAIN CROP ROTATION

¹«Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing» LLP,
040909, Almaty, Region, Karasai District, Almalybak, Yerlepesov St., 1, Kazakhstan,
*e-mail: agfaagro@mail.ru, serikkenenbayev@mail.ru

The aim of the study was to assess the effect of manure, straw, and mineral fertilizers on the humus content and fractional composition of humus in light chestnut soil under a rainfed grain crop rotation in southeastern Kazakhstan. It was found that organic fertilizers had a more pronounced positive effect on the humus status of the soil than the mineral fertilizer system. The most distinct effect was observed after manure application under winter wheat, where humus content increased from 1.67–1.70% to 1.74%. Straw incorporation had a more moderate and not always statistically significant effect on humus content, increasing it from 1.68% to 1.70%. The application of mineral fertilizers did not cause significant changes in this indicator compared with the control. The effect of fertilizers on the fractional composition of humus was less pronounced than their effect on total humus content. The most noticeable changes were recorded under manure application, where the Cha/Cfa ratio decreased to 0.72 compared with 0.74 in the control. It was shown that under rainfed farming conditions, manure is the most effective factor for maintaining the humus status of the soil, while the changes identified at the initial stage of fertilizer application may be regarded as indicators of the direction of subsequent organic matter transformation under the long-term application of organic materials.

Keywords: humus, fractional composition of humus, light chestnut soil, manure, straw, rainfed farming, grain crop rotation.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Гусев Виталий Николаевич - ведущий научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-7309-5790>, e-mail: agfaagro@mail.ru

2. Кененбаев Серик Барменбекович - главный научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-1745-8475>, e-mail: serikkenenbayev@mail.ru

3. Жусупбеков Ербол Капарович – старший научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-9177-8982>, e-mail: erbol.zhusupbekov@mail.ru

4. Рустимова Карлыга Усенгалиевна - младший научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, магистр сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-5086-2790>, e-mail: karligaw_91@bk.ru

ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

MPNТИ 87.21.09

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_3_32

Р.Х. Рамазанова^{1*}, А.С. Вырахманова^{1*}, М.К. Жумагулова¹, С.Н. Дуйсеков¹,А.Д. Газизов¹, Д.Л. Дауров², Ж.Б. Сунатуллаев³**ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА ТЯЖЁЛЫМИ
МЕТАЛЛАМИ: ОЦЕНКА ФОРМ, ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА И
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ**¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им.У.У. Успанова», 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан,

*e-mail: raushasoil88@mail.ru, asem-v80@mail.ru

²РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений»,

050040, Алматы, ул. Тимирязева, 45, Казахстан

³НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»,
050010, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан

Аннотация. Техногенное загрязнение почв тяжёлыми металлами является одним из ключевых факторов экологического риска в промышленных регионах Восточно-Казахстанской области. В работе представлена комплексная оценка агроэкологического состояния почв в зонах влияния горнометаллургических предприятий с анализом валовых и подвижных форм потенциально токсичных элементов. Обследование охватило 28 121 га вблизи крупных промышленных объектов. Определены агрохимические и физико-химические свойства почв, а также содержание Pb, Zn, Cu и Cd. Рассчитаны интегральные показатели загрязнения и экологического риска, выполнено пространственное зонирование. Установлено, что максимальная аккумуляция металлов приурочена к верхним горизонтам почвы и зонам влияния промышленных выбросов. Наиболее опасными элементами являются свинец и кадмий, при этом кадмий характеризуется высокой токсичностью и мобильностью. Полученные результаты формируют основу для экологического зонирования и разработки систем мониторинга и ремедиации.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, почвы, Восточный Казахстан, загрязнение, подвижные формы, экологический риск, ГИС.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный покров является одним из наиболее уязвимых компонентов природной среды в условиях интенсивного промышленного освоения территорий. В отличие от атмосферного воздуха и поверхностных вод, почвы обладают выраженной аккумуляционной способностью и выступают долгосрочным депо загрязняющих веществ, что обуславливает инерционность восстановления и повышенные риски вторичного загрязнения [1, 2].

Восточно-Казахстанская область относится к индустриально развитым регионам Казахстана и характеризуется высокой концентрацией горно-обогати-

тельных и металлургических производств. В таких условиях диагностика загрязнения требует учёта не только валового содержания металлов, но и доли подвижных форм, определяющих миграционную способность и потенциальную биодоступность элементов [3].

Почвенный покров Восточно-Казахстанской области испытывает значительную антропогенную нагрузку, формирующую устойчивый поток пыле-газовых загрязнений. При этом существенная часть выбросов распространяется на прилегающие сельскохозяйственные территории, что создаёт риск накопления тяжёлых металлов в агроландшафтах и последующего вовлече-

ния их в трофические цепи. Поэтому оценка валового содержания тяжёлых металлов и их подвижных форм, которые определяют степень биодоступности элементов и их способность к миграции в системе «почва–растение» является безусловно важной. Из тяжёлых металлов подвижные формы Cd, Zn и Cu являются наиболее информативными показателями техногенного воздействия и потенциального экологического риска, особенно в условиях изменения кислотно-щелочного состояния почв и снижения содержания органического вещества.

В ряде работ подчёркивается необходимость использования интегральных индексов загрязнения и методов пространственного анализа для выявления локальных «горячих точек» и ранжирования территорий по уровню риска [4-8].

Несмотря на наличие отдельных исследований, для техногенно напряженных зон Восточного Казахстана сохраняется научно-прикладной пробел в наличии сопоставимых мониторинговых данных, объединяющих единый перечень определяемых показателей, профильную оценку распределения ТМ по слоям почвы и пространственное картографирование загрязнения в привязке к конкретным промышленным источникам [9].

Цель исследования – оценить степень загрязнения и пространственно-профильное распределение подвижных форм Pb, Zn, Cu и Cd в почвах зон потенциального влияния промышленных объектов Восточно-Казахстанской области, включая прилегающие сельскохозяйственные угодья, и провести сравнительную оценку экологического риска.

Научная новизна исследования заключается в формировании единого массива данных по территориям, прилегающим к семи промышленным объектам Восточно-Казахстанской области,

включающего результаты определения подвижных форм Pb, Zn, Cu и Cd, оценку их вертикального и пространственного распределения, расчёт индексов загрязнения и потенциального экологического риска, а также картографирование подвижных форм металлов. Применённый подход обеспечивает сопоставимость результатов между обследованными территориями и позволяет выделить участки, требующие первоочередного почвенно-экологического мониторинга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлись почвы территорий, прилегающих к промышленным объектам Восточно-Казахстанской области, включая сельскохозяйственные угодья. Маршрутное обследование проводилось в 2024–2025 гг. на территории общей площадью 28 121 га.

Сеть точек отбора формировали с учётом пространственной неоднородности почвенного покрова, характера землепользования, расположения промышленных объектов, направления господствующих ветров и особенностей рельефа. При выборе точек особое внимание уделяли участкам, расположенным в предполагаемых направлениях переноса пылегазовых выбросов, а также понижениям рельефа, в которых возможно локальное накопление загрязняющих веществ (рисунок 1).

В 2024 году обследовано 133 точки, в 2025 году – 77, всего за указанный период – 210 точек. В разрезе обследованных территорий количество точек составило: в районе Риддерского металлургического завода – 26 и 8 соответственно, Николаевской обогатительной фабрики – 15 и 10, Иртышской редкоземельной компании – 19 и 11, Иртышского медеплавильного завода – 22 и 15, Белоусовского горно-обогатительного комбината – 17 и 14, Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината – 16 и 9, Ульбинского металлургического завода – 18 и 10 точек.

Из общего числа 210 обследованных точек 77 расположены на пахотных угодьях, 133 – на иных обследованных территориях. Местоположение точек фиксировали средствами спутниковой навигации в системе координат WGS 84 (EPSG:4326).

Для определения содержания тяжёлых металлов и оценки их вертикального распределения почвенные пробы отбирали из слоёв 0–5, 5–20 и 20–50 см. В каждой точке из каждого слоя отбирали одну индивидуальную почвенную пробу.

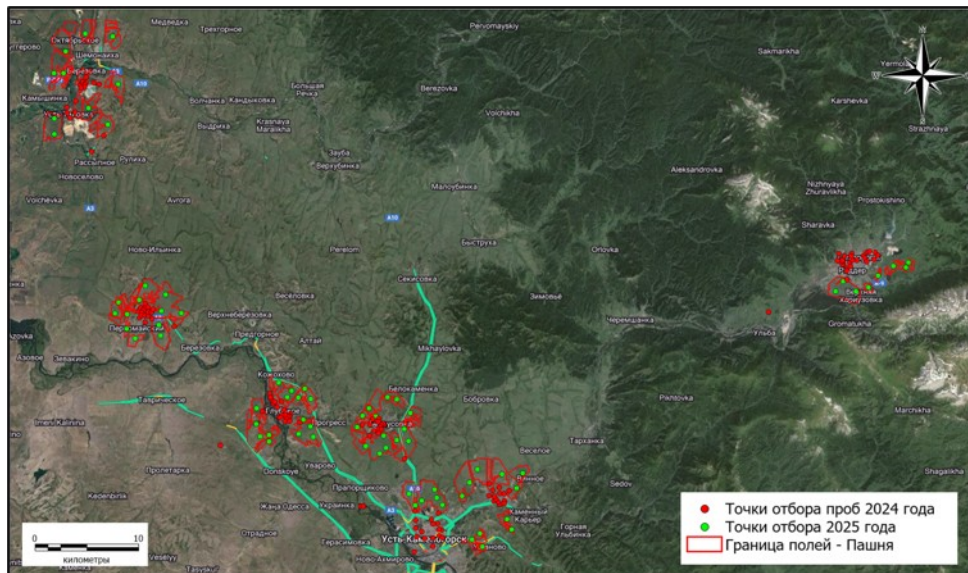


Рисунок 1 – Схема расположения точек отбора почвенных проб в зонах влияния промышленных объектов Восточно-Казахстанской области в 2024-2025 гг.

Полевые повторности в пределах одной точки не предусматривались, поскольку каждая точка являлась самостоятельной единицей пространственного наблюдения маршрутного обследования. При отборе всех трёх слоёв в 210 точках фактическое количество почвенных проб составляло 630. Фоновый участок выбран на пахотных угодьях ТОО «Восточно-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция» в Глубоковском районе Восточно-Казахстанской области, координаты 50.03683137°N 82.59759025°E. Участок расположен на расстоянии 5 км от ближайшего промышленного объекта, вне зоны непосредственного воздействия промышленных выбросов, автомобильных дорог с интенсивным движением, мест складирования отходов и других выявленных локальных источ-

ников загрязнения. Почвенный покров представлен тёмно-каштановыми легкосуглинистыми почвами. На участке отобрано 12 почвенных проб. Выбор фонового участка был обусловлен однородностью почвенного покрова, отсутствием установленных локальных источников загрязнения и сопоставимостью почвенных условий с обследованными тёмно-каштановыми пахотными почвами.

Отбор и подготовку почвенных проб проводили в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». Полевые исследования включали рекогносцировочное обследование, ана-

лиз картографических и спутниковых материалов, описание условий расположения точек, их координатную фиксацию и отбор почвенных проб.

Для построения карт использовался метод пространственной интерполяции данных с последующей классификацией значений по установленным градациям, по принципу ближайшей точки. Для оценки вариабельности показателей использовались статистические методы, включая расчёт коэффициентов вариации и средних значений с учётом доверительных интервалов.

Физико-химическая и агрохимическая характеристика почвы фонового участка проводилась отдельно для слоёв 0–20 и 20–40 см, соответствующих пахотному и подпахотному горизонтам для общей характеристики почвенных условий и не включалась в оценку содержания тяжёлых металлов.

Определение физико-химических и агрохимических показателей почвы включало: сумму поглощённых оснований (по Каппену), карбонаты (по Е.В. Аринушкиной в модификации П.Г. Грабарова), pH потенциометрически, гранулометрический состав (по Качинскому), органическое вещество по ГОСТ 26213-84, легкогидролизуемый азот (по Тюрину и Кононовой), подвижные формы фосфора и калия (по Мачигину, ЦИНАО).

Подвижные формы тяжёлых металлов Cu, Zn, Cd и Pb определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе AA – 6200 фирмы «Shimadzu» (Япония). В качестве экстрагента использовали ацетатно-аммонийный буферный раствор (pH 4,8) при соотношении почва: раствор 1:10. Полученные уровни оценивали по группировке И.Г. Важенина, включающей фоновый, слабый, умеренный, средний, повышенный, высокий и очень высокий уровни [10]. Данная группировка применялась как сравнительная шкала, её

градации не рассматривались в качестве предельно допустимых концентраций.

Содержание элементов определяли по резонансным линиям при длинах волн 324,7; 213,8; 228,8 и 283,3 нм соответственно. Градуировочные графики строили по стандартным растворам: для Cu, Zn и Pb – 0,5; 1,0 и 2,0 мг/л, для Cd – 0,1; 0,25 и 0,5 мг/л. В качестве холостой пробы использовали ацетатно-аммонийный буфер (pH 4,8), в качестве контрольного раствора – раствор Cu с концентрацией 2,0 мг/л. Каждые 10 проб выполняли параллельное определение дубликата.

Потенциальный экологический риск загрязнения почв оценивали с использованием адаптированного метода Хокансона [11]. Расчёты выполняли отдельно для каждой пробы по содержанию подвижных форм Zn, Cu, Cd и Pb. Коэффициент загрязнения определяли по формуле:

$$C_f^i = \frac{C_i}{C_0^i},$$

где C_i – содержание подвижной формы i -го металла в пробе, мг/кг; C_0^i – принятое референтное содержание: Zn – 22,0; Cu – 1,5; Cd – 2,0 и Pb – 1,2 мг/кг.

Индивидуальный коэффициент потенциального экологического риска рассчитывали по формуле:

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i,$$

где коэффициенты токсического отклика T_r^i составляли 1 для Zn, 5 для Cu и Pb и 30 для Cd. Суммарный индекс определяли по формуле:

$$RI = E_r^{Zn} + E_r^{Cu} + E_r^{Cd} + E_r^{Pb}.$$

Значения E_r^i классифицировали следующим образом: <40 – низкий, 40–<80 – умеренный, 80–<160 – значительный, 160–<320 – высокий и ≥320 – очень высокий риск. Для RI использовали градации: <150 – низкий, 150–<300 – умеренный, 300–<600 – значительный и ≥600 – очень высокий риск.

Результаты группировали по слоям 0-5, 5-20 и 20-50 см и представляли как медиану, межквартильный диапазон Q1-Q3 и диапазон «min-max». Дополнительно рассчитывали процент образцов в каждой категории RI.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Физико-химические показатели почвы могут способствовать сорбции и закреплению тяжёлых металлов. Вместе

с тем фактическая подвижность элементов определяется совокупностью свойств почвы и химическими особенностями каждого металла [12, 13]. Темно-каштановая легкосуглинистая почва фонового участка характеризовалась слабощелочной реакцией среды 8,09 и 8,17. Содержание гумуса с глубиной снижалось с 3,08 до 2,67% (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-химические и агрохимические показатели темно-каштановой почвы фонового участка

Показатель	Слой почвы, см	
	0-20	20-40
Гумус, %	3,08 ± 0,07	2,67 ± 0,09
Легкогидролизующий N, мг/кг	68,48 ± 2,05	60,67 ± 1,43
Подвижный P ₂ O ₅ , мг/кг	27,58 ± 1,47	17,08 ± 0,88
Обменный K ₂ O, мг/кг	527,08 ± 8,65	396,67 ± 16,87
pH	8,09 ± 0,03	8,17 ± 0,02
CO ₂ карбонатов, %	4,64 ± 0,23	5,15 ± 0,29
Поглощенный Ca, мг-экв/100 г почвы	16,60 ± 0,17	16,33 ± 0,31
Поглощенный Mg, мг-экв/100 г почвы	3,30 ± 0,30	3,24 ± 0,29
Поглощенный Na, мг-экв/100 г почвы	0,060 ± 0,006	0,056 ± 0,006
Поглощенный K, мг-экв/100 г почвы	0,36 ± 0,01	0,13 ± 0,02
Физическая глина, %	28,63±4,24	36,43±4,14

Примечание – представлены средние значения и их стандартные ошибки; n=24 для каждого слоя.

Содержание легкогидролизующего азота, подвижного фосфора и обменного калия характеризует почвы как высоко и среднеобеспеченные. В составе поглощенных катионов преобладали кальций – 16,60 и 16,33 мг-экв/100 г почвы соответственно по слоям. Содержание поглощенного натрия – низкое. Доля частиц физической глины составила 28,63-36,43%, что соответствует легкосуглинистому гранулометрическому составу.

Содержание подвижных форм Zn, Cu, Cd и Pb в темно-каштановых пахотных почвах характеризовалось выраженной пространственной изменчивос-

тью, степень которой различалась в зависимости от элемента и глубины отбора (таблица 2).

Наибольшая пространственная вариабельность установлена для подвижной формы Zn. Коэффициент вариации составлял 140,9% в слое 0-5 см и 173,4% в слое 5-20 см при диапазонах содержания 1,2-112,0 и 0,7-153,0 мг/кг соответственно. В слое 20-50 см среднее содержание Zn снижалось до 5,0 мг/кг, а коэффициент вариации – до 88,8%. Высокие значения коэффициента вариации и широкие диапазоны свидетельствуют о выраженной пространственной неоднородности и наличии

локальных участков повышенного содержания цинка.

Среднее содержание подвижной формы Cu снижалось с 2,5 мг/кг в слое 0–5 см до 2,1 мг/кг в слое 20–50 см. В верхних двух слоях отмечалась высокая пространственная изменчивость: коэффициенты вариации составляли 111,8 и 116,7% соответственно.

Среднее содержание подвижной формы Cd составляло 1,7, 1,6 и 1,5 мг/кг соответственно в слоях 0–5, 5–20 и 20–50 см. Коэффициент вариации находился в пределах 42,6–47,2%, что указывает на меньшую пространственную изменчивость содержания Cd в пределах от-

дельных слоёв по сравнению с Zn и Cu. Незначительные различия между средними значениями свидетельствуют о слабо выраженной профильной дифференциации подвижного Cd.

Среднее содержание подвижной формы Pb составляло 2,4 мг/кг в слоях 0–5 и 5–20 см и 2,2 мг/кг в слое 20–50 см.

Коэффициент вариации изменялся от 54,3 до 62,3%. Незначительное уменьшение средних значений с глубиной не позволяет сделать однозначный вывод о преимущественной аккумуляции Pb только в поверхностном слое без анализа сопряжённых данных по отдельным точкам.

Таблица 2 – Вариационно-статистические показатели содержания подвижных форм тяжёлых металлов в слоях пахотных темно-каштановых почв, мг/кг

Металлы	Слои почвы, см	n	M±m	Q1-Q3	V, %
Zn	0-5 см	77	10,5±1,7	1,2÷112,0	140,9
Cu		77	2,5±0,3	0,6÷20,1	111,8
Cd		77	1,7±0,1	0,6÷3,4	43,2
Pb		77	2,4±0,2	0,3÷7,6	62,3
Zn	5-20 см	77	10,8±2,14	0,7÷153,0	173,4
Cu		77	2,4±0,32	0,4÷20,4	116,7
Cd		77	1,6±0,08	0,3÷3,8	42,6
Pb		77	2,4±0,17	0,3÷7,3	60,3
Zn	20-50 см	77	5,0±0,50	0,7÷22,3	88,8
Cu		77	2,1±0,20	0,7÷12,4	81,4
Cd		77	1,5±0,08	0,3÷3,5	47,2
Pb		77	2,2±0,14	0,3÷8,6	54,3

Примечание – n – число обследованных точек на пахотных угодьях; M – среднее арифметическое; m – стандартная ошибка среднего; Q1-Q3 – межквартильный интервал (пределы колебания); V – коэффициент вариации. Показатели рассчитаны отдельно для каждого слоя почвы.

Среднее содержание подвижной формы Zn соответствовало умеренному уровню в слоях 0–5 и 5–20 см и слабому уровню в слое 20–50 см. Средние концентрации подвижной формы Cu во всех исследованных слоях соответствовали умеренному уровню. Содержание подвижного Cd во всех слоях характеризовалось высоким уровнем, а содержание Pb – средним уровнем в слоях 0–5 и 5–20 см и умеренным уровнем в слое 20–50 см.

Оценка по средним значениям не отражает выраженной неоднородности

обследованных территорий. Диапазоны содержания Zn, Cu и Pb охватывали градации от фонового до очень высокого уровня, а Cd – от умеренного до очень высокого уровня.

Таким образом, наиболее выраженная пространственная неоднородность была характерна для цинка и меди. Кадмий и свинец отличались меньшей вариабельностью в пределах отдельных слоёв и слабо выраженной профильной дифференциацией средних значений.

С учётом широких диапазонов и высоких коэффициентов вариации средние значения следует рассматривать совместно с медианами, межквартильными интервалами и распределением проб по установленным градациям содержания. По средним значениям наиболее выраженная профильная дифференциация установлена для подвижной формы Zn: в слоях 0–5 и 5–20 см содержание элемента было сопоставимым, тогда как в слое 20–50 см оно уменьшалось более чем в два раза. Для Cu и Cd отмечалось постепенное снижение средних значений с глубиной. Содержание Pb в слоях 0–5 и 5–20 см было

одинаковым и незначительно уменьшалось в слое 20–50 см. Пространственное распределение подвижных форм металлов в поверхностном слое 0–5 см представлено на рисунке 2.

Картографические материалы показывают мозаичный характер распределения подвижных форм тяжёлых металлов. В пределах обследованных территорий выявлены локальные участки, отнесённые к более высоким картографическим классам содержания металлов. Пространственная конфигурация этих участков различалась в зависимости от элемента и обследуемой территории.

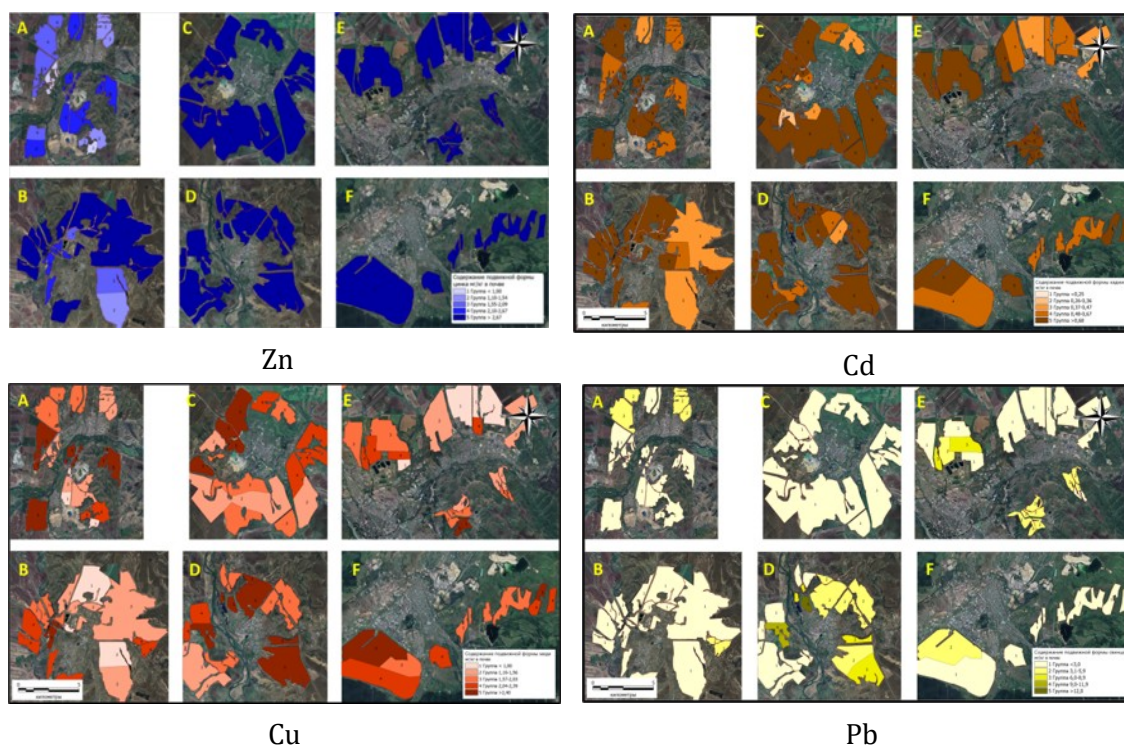


Рисунок 2 - Пространственное распределение подвижной формы тяжелых металлов в слое почвы 0–5 см по объектам: А – Николаевская обогатительная фабрика, В – Иртышская редкоземельная компания, С – Иртышский медеплавильный завод, Д – Белоусовский горно-обогатительный комбинат, Е – Ульбинский металлургический завод и Титано-магниевого комбинат, Ф – Риддерский металлургический завод

Расположение отдельных участков с повышенными концентрациями в пределах зон потенциального влияния промышленных объектов согласуется с предположением о техногенном поступлении металлов. Вместе с тем пространственное совпадение само по себе не позволяет однозначно установить источник загрязнения. На распределение подвижных форм металлов могли также влиять направление переноса пылевых выбросов, особенности рельефа, характер землепользования, транспортная нагрузка и природная неоднородность почвенного покрова. Полученные карты следует рассматривать как инструмент выделения участков первоочередного мониторинга, а не как самостоятельное доказательство происхождения загрязнения.

Для интегральной оценки степени техногенного воздействия были рассчитаны коэффициент загрязнения (Cf),

коэффициент потенциального экологического риска отдельного элемента (E_r) и суммарный индекс экологического риска (RI). Интегральные показатели, представленные в таблице 3, свидетельствуют о формировании в пределах промышленной зоны г. Риддера очень высокого уровня экологического риска. Результаты показывают выраженное уменьшение риска с глубиной: доля образцов с $RI \geq 600$ снижается с 41,18% в слое 0–5 см до 8,82% в слое 20–50 см. Это указывает на преимущественное накопление подвижных форм тяжёлых металлов в поверхностном слое почвы.

Анализ индивидуальных коэффициентов потенциального экологического риска по объединённым данным 2024–2025 гг. показал, что в поверхностном слое 0–5 см наибольшее медианное значение E_r^i установлено для Cd – 156,00, далее следовали Pb – 77,29, Cu – 33,83 и Zn – 25,82.

Таблица 3 – Распределение значений суммарного индекса потенциального экологического риска (RI) по слоям почвы и категориям риска в промышленной зоне (на примере Риддерского металлургического завода)

Слой, см	n	Медиана RI	Q1-Q3	min-max	RI < 150, %	150–<300, %	300–<600, %	RI ≥ 600, %
0-5	34	385,91	57,40 – 1759,22	25,45 – 8739,85	38,24	8,82	11,76	41,18
5-20	34	189,55	41,60 – 719,03	21,16 – 6787,12	47,06	14,71	8,82	29,41
20-50	34	123,69	42,53 – 324,84	20,92 – 6430,11	52,94	14,71	23,53	8,82

С увеличением глубины медианные значения риска всех исследованных металлов снижались. В слое 20–50 см медианные значения E_r^i составили 42,00 для Cd, 29,38 для Pb, 9,50 для Zn и 8,83 для Cu. Одновременно медиана суммарного индекса RI уменьшилась с 385,91 в слое 0–5 см до 123,69 в слое 20–50 см. Полученные результаты свидетельствуют о преимущественном накоплении подвижных форм тяжёлых метал-

лов в поверхностном слое почвы и о ведущем вкладе Cd в формирование типичного уровня потенциального экологического риска. Значительное превышение максимальных значений над медианными, особенно для Pb и Cu, указывает на пространственную неоднородность загрязнения и наличие отдельных локальных участков с экстремально высоким уровнем риска (таблица 4).

Таблица 4 – Распределение индивидуального потенциального экологического риска тяжёлых металлов (E_r^i) по слоям почвы в зоне влияния Риддерского металлургического завода

Металлы	0–5 см медиана (Q1–Q3)	0–5 см, min–max	5–20 см, медиана (Q1–Q3)	5–20 см, min–max	20–50 см, медиана (Q1–Q3)	20–50 см, min–max
Zn	25,82 (1,32–83,74)	0,22 – 200,68	11,52 (0,90 – 63,56)	0,17 – 192,95	9,50 (0,41 – 31,94)	0,08 – 174,27
Cu	33,83 (7,50 – 219,92)	2,67 – 3923,33	21,00 (5,75 – 133,92)	1,67 – 3156,67	8,83 (6,67 – 37,75)	2,33 – 1513,33
Cd	156,00 (29,25 – 667,50)	13,50 – 2685,00	67,50 (23,25 – 222,38)	6,00 – 2400,00	42,00 (21,00 – 115,88)	6,00 – 930,00
Pb	77,29 (10,10 – 455,21)	3,75 – 8316,67	32,50 (9,69 – 123,44)	2,92 – 2850,00	29,38 (7,71 – 67,71)	3,33 – 6041,67

Примечание: Данные представлены как медиана (Q1–Q3) и диапазон минимальных и максимальных значений; для каждого металла и слоя $n=34$

Выявленное снижение значений E_r^i и RI с глубиной характерно для аэротехногенного загрязнения: металл-содержащие частицы промышленных выбросов преимущественно осаждаются на поверхности почвы, а затем частично мигрируют в нижележащие горизонты под влиянием почвенно-химических и гидрологических процессов [14].

Полученные результаты также согласуются с данными других исследований техногенных территорий, где показано, что верхние гумусовые горизонты выступают основным аккумулятором тяжёлых металлов, тогда как глубинные горизонты отражают интегральный эффект длительного воздействия и миграционных процессов [15].

Пространственный анализ распределения тяжёлых металлов позволил выявить выраженную мозаичность загрязнения и наличие локальных «горячих точек». Для ряда объектов выявлена асимметрия ареолов загрязнения, обусловленная направлением господствующих ветров, особенностями рельефа и гидрографической сети. Это подтверждает необходимость учёта пространственных факторов при экологи-

ческой оценке почв и планировании мониторинга. Полученные карты могут рассматриваться как основа для экологического зонирования территорий и приоритизации природоохранных мероприятий.

Практическое значение полученных результатов заключается в возможности использования выявленных закономерностей для оптимизации системы мониторинга почв, разработки мероприятий по снижению техногенной нагрузки и рационального использования сельскохозяйственных земель. Выделение зон повышенного экологического риска позволяет целенаправленно планировать природоохранные мероприятия и минимизировать потенциальные последствия загрязнения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвы Восточно-Казахстанской области в зонах влияния промышленных объектов характеризуются выраженной техногенной трансформацией. Максимальная аккумуляция загрязняющих элементов приурочена к верхним горизонтам почвы, что указывает на преимущественно атмосферный путь поступления поллютантов. На примере

почв территорий, прилегающих к Риддерскому металлургическому заводу, выявлено, что медиана суммарного индекса экологического риска (RI) с глубиной снижается с 385,91 (в слое 0–5 см) до 123,69 (в слое 20–50 см), а доля образцов с очень высоким риском ($RI \geq 600\%$) сокращается с 41,18% до 8,82%. Главным фактором экологической опасности является кадмий, отличающийся наибольшим медианным коэффициентом риска в поверхностном слое (156,00). При этом свинец формирует экстремальные локальные пики риска до 8 316,67, а цинк характеризуется максимальной пространственной вариабельностью с коэффициентом вариации до 173,4%.

Пространственный анализ и расчёт интегральных индексов загрязнения позволили выделить зоны повышенного экологического риска и ранжировать территории по степени техногенной нагрузки. Реальный уровень экологической опасности определяется не только валовым содержанием металлов, но и свойствами почв, регулирующими их подвижность и биодоступность.

Полученные результаты обосновывают необходимость развития системы почвенного мониторинга, применения дифференцированных мер по снижению экологических рисков и восстановлению почв на техногенно нагруженных территориях.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данное исследование профинансировано в рамках программно-целевого финансирования научных исследований Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2024-2026 годы по программе ИРН BR24992837 «Комплексный экологический мониторинг Восточно-Казахстанской области для устойчивого развития аграрного сектора и улучшения качества окружающей среды».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rouhani A., Gutiérrez M., Newton R.A., Al Souki K.S. An overview of potentially toxic element pollution in soil around lead-zinc mining areas // *Environmental Reviews*. - 2024. - Vol. 33. - P. 1-16. - DOI: 10.1139/er-2024-0052.
2. Yang Q., Li Z., Lu X., Duan Q., Huang L., Bi J. A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment // *Science of the Total Environment*. - 2018. - Vol. 642. - P. 690-700. - DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.068.
3. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение // *Почвоведение*. - 2007. - № 9. - С. 1112-1119.
4. Зырин Н.Г., Чеботарева Н.А. К вопросу о формах соединений меди, цинка, свинца в почвах и доступность их для растений // *Содержание и формы соединений меди, цинка, свинца в почвах и доступность их для растений*. М.:Изд-во МГУ, 1979. - С. 350-386.
5. Salim Y., Yerimbetova A., Baiduisenova T., Uspabayeva A., Abildayeva R., Balgabekova A., Ashirbayeva S., Tleukeyeva A. Soil Pollution with Heavy Metals in the Turkestan Region // *Journal of Ecological Engineering*. - 2023. - Vol. 24. - № 2. - P. 31-38. - DOI: 10.12911/22998993/156801.

6. Junusbekov M. M. et al. Ecological assessment of soil contamination by heavy metals affected in the past by the lead-zinc mining and processing complex in Kentau, Kazakhstan // *Environmental Monitoring and Assessment*. - 2023. - Т. 195. - № 5. - P. 586.
7. Ferreira S.L.C., da Silva J.B., dos Santos I.F., de Oliveira O.M.C., Cerda V., Queiroz A.F.S. Use of pollution indices and ecological risk in the assessment of contamination from chemical elements in soils and sediments - Practical aspects // *Trends in Environmental Analytical Chemistry*. - 2022. - Vol. 35. - P. e00169. - DOI: 10.1016/j.teac.2022.e00169.
8. Liu Z., Wang L., Yan M., Ma B., Cao R. Source apportionment of soil heavy metals based on multivariate statistical analysis and the PMF model: A case study of the Nanyang Basin, China // *Environmental Technology & Innovation*. - 2024. - Vol. 33. - P. 103537. - DOI: 10.1016/j.eti.2024.103537.
9. Cornu S., Keesstra S., Bispo A., Fantappie M., van Egmond F., Smreczak B., Wawer R., Pavlu^o L., Sobocka J., Bakacsi Z., Farkas-Ivanyi K., Molnar S., Møller A.B., Madenoglu S., Feiziene D., Oorts K., Schneider F., da Conceição Gonçalves M., Mano R., et al. National soil data in EU countries, where do we stand? // *European Journal of Soil Science*. - 2023. - Vol. 74. - № 4. - P. e13398. - DOI: 10.1111/ejss.13398.
10. Важенин И.Г. Методические рекомендации по обследованию и картографированию почвенного покрова по уровням загрязненности промышленными выбросами. - М., 1987. - 27 с.
11. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach // *Water Research*. - 1980. - Vol. 14. - № 8. - P. 975-1001. - DOI: 10.1016/0043-1354(80)90143-8.
12. Шабанов М.В., Маричев М.С. Адсорбция Zn, Cd, Pb, Cu в почвах, подверженных техногенной активности, на примере Красноуральского промузла // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. - 2020. - Vol. 5. - № 1. - С. 1-11. - DOI: 10.21685/2500-0578-2020-1-5.
13. Харина А.Г., Алешина Л.В. Аккумуляция тяжелых металлов в почвах Свердловской области // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. - 2022. - Т. 333. - № 2. - С. 173-183. - DOI: 10.18799/24131830/2022/2/3330.
14. Daurov D., Zhambakin K., Daurova A., Sapakhova Z., Isgandarov I., Ramazanova R., Zhumagulova M., et al. Assessment of heavy metal accumulation in soils and dominant agricultural crops in an industrial environment of Ridder, East Kazakhstan Region // *Plants*. - 2026. - Vol. 15. - № 6. - P. 983. - DOI: 10.3390/plants15060983.
15. Loska K., Wiechuła D., Korus I. Metal contamination of farming soils affected by industry // *Environment International*. - 2004. - Vol. 30. - № 2. - P. 159-165. - ISSN 0160-4120. - DOI: 10.1016/S0160-4120(03)00157-0.

REFERENCES

1. Rouhani A., Gutiérrez M., Newton R.A., Al Souki K.S. An overview of potentially toxic element pollution in soil around lead-zinc mining areas // *Environmental Reviews*. - 2024. - Vol. 33. - P. 1-16. - DOI: 10.1139/er-2024-0052.
2. Yang Q., Li Z., Lu X., Duan Q., Huang L., Bi J. A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment // *Science of the Total Environment*. - 2018. - Vol. 642. - P. 690-700. - DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.068.

3. Ilyin V.B. Tyazhelye metally v sisteme pochva-rastenie // Pochvovedenie. - 2007. - № 9. - P. 1112-1119.
4. Zyrin N.G., Chebotareva N.A. K voprosu o formakh soedineniy medi, tsinka, svintsa v pochvakh i dostupnost' ikh dlya rasteniy // Soderzhanie i formy soedineniy medi, tsinka, svintsa v pochvakh i dostupnost' ikh dlya rasteniy. - M.: Izd-vo MGU, 1979. - P. 350-386.
5. Salim Y., Yerimbetova A., Baiduisenova T., Uspabayeva A., Abildayeva R., Balgabekova A., Ashirbayeva S., Tleukeyeva A. Soil Pollution with Heavy Metals in the Turkistan Region // Journal of Ecological Engineering. - 2023. - № 24(2). - P. 31-38. - DOI: 10.12911/22998993/156801.
6. Junusbekov M.M., et al. Ecological assessment of soil contamination by heavy metals affected in the past by the lead-zinc mining and processing complex in Kentau, Kazakhstan // Environmental Monitoring and Assessment. - 2023. - Vol. 195. - № 5. - P. 586.
7. Ferreira S.L.C., da Silva J.B., dos Santos I.F., de Oliveira O.M.C., Cerda V., Queiroz A.F.S. Use of pollution indices and ecological risk in the assessment of contamination from chemical elements in soils and sediments - Practical aspects // Trends in Environmental Analytical Chemistry. - 2022. - Vol. 35. - P. e00169. - DOI: 10.1016/j.teac.2022.e00169.
8. Zhongpei L., Lu W., Mingjiang Y., Ben M., Runxiang C. Source apportionment of soil heavy metals based on multivariate statistical analysis and the PMF model: A case study of the Nanyang Basin, China // Environmental Technology & Innovation. - 2024. - Vol. 33. - P. 103537. - DOI: 10.1016/j.eti.2024.103537.
9. Cornu S., Keesstra S., Bispo A., Fantappie M., van Egmond F., Smreczak B., Wawer R., Pavlu° L., Sobocka J., Bakacsi Z., Farkas-Ivanyi K., Molnar S., Møller A.B., Madenoglu S., Feiziene D., Oorts K., Schneider F., da Conceiç~ao Gonçalves M., Mano R., ... Chenu C. National soil data in EU countries, where do we stand? // European Journal of Soil Science. - 2023. - Vol. 74. - № 4. - P. e13398. - DOI: 10.1111/ejss.13398.
10. Vazhenin I.G. Metodicheskie rekomendatsii po obsledovaniyu i kartografirovaniyu pochvennogo pokrova po urovnyam zagryaznennosti promyshlennymi vybrosami. - M., 1987. - 27 p.
11. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach // Water Research. - 1980. - Vol. 14. - № 8. - P. 975-1001. - DOI: 10.1016/0043-1354(80)90143-8.
12. M.V. Shabanov, M.S. Marichev. Adsorbtsiya Zn, Cd, Pb, Cu v pochvakh, podverzhennykh tekhnogennoy aktivnosti, na primere Krasnoural'skogo promuzla // Russian Journal of Ecosystem Ecology. - 2020. - Vol. 5. - № 1. - P. 1-11. - DOI: 10.21685/2500-0578-2020-1-5.
13. Kharina A.G., Aleshina L.V. Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov v pochvakh Sverdlovskoy oblasti // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. - 2022. - Vol. 333. - № 2. - P. 173-183. - DOI: 10.18799/24131830/2022/2/3330.
14. Daurov D., Zhambakin K., Daurova A., Sapakhova Z., Isgandarov I., Ramazanova R., Zhumagulova M., et al. Assessment of heavy metal accumulation in soils and dominant agricultural crops in an industrial environment of Ridder, East Kazakhstan Region // Plants. - 2026. - Vol. 15. - № 6. - P. 983. - DOI: 10.3390/plants15060983.
15. Krzysztow L., Danuta W., Irena K. Metal contamination of farming soils affected by industry // Environment International. - 2004. - Vol. 30. - № 2. - P. 159-165. - ISSN 0160-4120. - DOI: 10.1016/S0160-4120(03)00157-0.

ТҮЙІН

Р.Х. Рамазанова^{1*}, А.С. Вырахманова^{1*}, М.К. Жумагулова¹, С.Н. Дуйсеков¹,

А.Д. Газизов¹, Д.Л. Дауров², Ж.Б. Сунатуллаев³

ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ТЕХНОГЕНДІК
ЛАСТАНУЫ: ТҮРЛЕРІН, ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПТІ ЖӘНЕ КЕҢІСТІК ҚҰРЫЛЫМЫН
БАҒАЛАУ

¹«Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, 050060, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75В, Қазақстан,

²«Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты» ШЖҚ РМК, 050040, Алматы, Тимирязев көшесі, 45, Қазақстан

³«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КеАҚ, 050010, Алматы, Абай даңғылы, 8, Қазақстан, *e-mail: raushasoil88@mail.ru, asem-v80@mail.ru

Топырақтың ауыр металдармен техногендік ластануы Шығыс Қазақстан облысының индустриялық өңірлеріндегі экологиялық қауіптің негізгі факторларының бірі болып табылады. Жұмыста потенциалды уытты элементтердің жалпы және жылжымалы түрлері талдау жүргізіле отырып, тау-кен металлургиялық кәсіпорындарының әсер ету аймақтарындағы топырақтардың агроэкологиялық жағдайына кешенді бағалау ұсынылған. Зерттеу ірі өнеркәсіптік нысандарға жақын орналасқан 28 121 гектар аумақты қамтыды. Топырақтың агрохимиялық және физика-химиялық қасиеттері, сондай-ақ Pb, Zn, Cu және Cd мөлшері анықталды. Ластанудың интегралдық көрсеткіштері мен экологиялық қауіп деңгейі есептеліп, аумақты кеңістіктік аймақтарға бөлу жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде ауыр металдардың ең жоғары жинақталуы топырақтың беткі қабаттарында және өнеркәсіптік шығарындылар әсер ететін аймақтарда байқалатыны анықталды. Cd ең қауіпті элемент болып табылды. Алынған нәтижелер экологиялық аудандастыруды жүргізу және мониторинг пен ремедиация жүйелерін әзірлеу үшін негіз болып табылады.

Түйінді сөздер: ауыр металдар, топырақтар, Шығыс Қазақстан, ластану, жылжымалы түрлері, экологиялық тәуекел, ГАЗ.

SUMMARY

R.H. Ramazanova^{1*}, A.S. Vyrakhmanova^{1*}, M.K. Zhumagulova¹, S.N. Duisekov¹,

A.D. Gazizov¹, D.L. Daurov², Zh.B. Sunatullaev³

TECHNOGENIC POLLUTION OF SOILS IN EASTERN KAZAKHSTAN WITH HEAVY METALS:
ASSESSMENT OF FORMS, ENVIRONMENTAL RISK, AND SPATIAL STRUCTURE

¹LLP «Kazakh Scientific Research Institute of Soil Science and Agrochemistry
named after U.U. Uspanov», 050060, Almaty, al-Farabi ave., 75 B, Kazakhstan

²Institute of Plant Biology and Biotechnology, 050040, Almaty, Timiryazev St., 45,
Kazakhstan

³«Kazakh National Agrarian Research University» JSC, 050010, Almaty, Abay Ave., 8,
Kazakhstan, *e-mail: raushasoil88@mail.ru, asem-v80@mail.ru

Technogenic soil pollution with heavy metals is one of the key factors of environmental risk in the industrial regions of the East Kazakhstan region. The paper presents a comprehensive assessment of the agro-ecological condition of soils in the zones of influence of mining and metallurgical enterprises with the analysis of gross and mobile forms of potentially toxic elements. The survey covered 28,121 hectares near large industrial facilities. The agrochemical and physicochemical properties of soils, as well as the content of Pb, Zn, Cu and Cd, have been determined. Integral indicators of pollution and environmental risk have been calculated, spatial zoning has been performed. It has been established that the maximum accumulation of metals is timed to the upper soil horizons and the zones of influence of industrial emissions. The most

dangerous element is Cd. The results obtained form the basis for environmental zoning and the development of monitoring and remediation systems.

Keywords: heavy metals, soils, East Kazakhstan, pollution, mobile forms, environmental risk, GIS.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Рамазанова Раушан Хамзаевна – Председатель Правления, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-2059-709X>, e-mail: raushasoil88@mail.ru

2. Вырахманова Асем Сабиткановна – ученый секретарь, PhD, <https://orcid.org/0000-0002-6295-653X>, e-mail: asem-v80@mail.ru

3. Жумагулова Молдир Кайрболатовна – научный сотрудник, PhD, <https://orcid.org/0000-0001-9392-3688>, e-mail: zhumagulova.mk@mail.ru

4. Дүйсеков Сәкен Нұржанұлы – научный сотрудник отдела мелиорации засоленных почв, магистр, <https://orcid.org/0009-0001-9041-4893>, e-mail: sakenduissekov033@gmail.com

5. Газизов Айдын Долдашевич – научный сотрудник отдела мелиорации засоленных почв, <https://orcid.org/0009-0006-8763-5632> e-mail: gaziz.aydin@gmail.com

6. Дауров Диас Ламзарович – ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и биотехнологии, PhD, <https://orcid.org/0000-0003-3073-4577>, e-mail: dias.daurov@gmail.com

7. Сунатуллаев Жанибек Ботирұлы – PhD докторант 2 курса кафедры почвоведения, агрохимии и экологии, <https://orcid.org/0009-0003-0315-0055>, e-mail: janibek.sun@bk.ru

MPHTI 34.35.51; 68.35.00; 68.05.43

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_3_46

**Y. Tugunova¹, M. Altynbayeva¹, Zh. Abilda¹, R. Kanat^{1,2}, A. Begaly¹, D. Kairkhanov¹,
I. Isgandarov¹, E. Isakova³, Kh. Choi^{1*}**

**ARTICLE TOPIC: COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SOIL AND FLORA
CONTAMINATION BY HEAVY METALS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE
NIKOLAEVSKAYA ENRICHMENT PLANT**

¹*Institute of Plant Biology and Biotechnology, 050040, Almaty, Timiryazev st., 45,
Kazakhstan, *e-mail:choikhanylbek@gmail.com*

²*Tanir Research Laboratory, 050060, Almaty, Al-Farabi Ave, 75B, Kazakhstan*

³*Altai Botanical Garden, 071303, Ridder, Ermakova st., 1, Kazakhstan*

Abstract. Agricultural lands in East Kazakhstan region cover a significant area, with large portions of pasture and cropland situated in close proximity to operating industrial facilities. Despite this, no comprehensive integrated assessment combining remote sensing, ground-based soil monitoring, and flora survey had previously been conducted for the zone of influence of the Nikolaevskaya enrichment plant. This study aimed to fill that gap by a 40-year land cover analysis (1985-2024) using publicly available satellite data processed in Google Earth Engine with soil sampling and vegetation surveys across 17 sites. Soil analyses revealed not only elevated heavy metal concentrations but also a sharp pH decrease, conditions under which heavy metals become significantly more mobile and available for plant uptake. Technosol formation was observed at multiple sampling points, indicating a permanent transformation of the natural soil profile. The flora survey recorded 72 species from 62 genera, with ruderal and synanthropic species dominating disturbed habitats and native species persisting only at control points more distant from the facility. Taken together, these findings point to ongoing ecosystem degradation and raise concrete concerns for the regional food chain given the pastureland and cropland adjacent to the plant.

Keywords: heavy metals, soil contamination, East Kazakhstan, technogenic soil, remote sensing.

INTRODUCTION

The environment has a significant impact on human living conditions. Long-term exposure to anthropogenic factors ultimately leads to the destruction of the natural ecosystem and the formation of a technogenic environment, which is characterized by a deterioration in the qualitative properties of environmental objects. Environmental monitoring is necessary to identify environmental risks that local populations and living organisms may face [1]. Previous studies have proven that high concentrations of Zn, Pb, Cd, As, and Cu are found in plants growing near heavy industrial enterprises [2]. This creates a certain food chain for the transfer of heavy metals (HMs) from environmental elements to the human body [3]. Most HMs have carcinogenic and embryogenic effects

on humans and plants [4]. This includes the effects of Cd, Pb and As, which are associated with harmful effects on the cardiovascular, nervous, reproductive and renal systems, and can lead to the development of cancer [5].

Soils significantly impacted by anthropogenic factors differ highly from normal soils. They exhibit a shift in pH toward alkalinity, a reduced oxidation-reduction potential, and high levels of organic matter, N, K, and P [6]. Urban soils accumulate pollutants, including HMs, and contain large quantities of foreign materials. Soil plays an important role in the ecological balance but can pose a health hazard due to the high concentrations of heavy metals [7]. Agricultural land in Kazakhstan occupies 114 million hectares, accounting for 43% of the country's total

land area, of which 12.3% (14 million hectares) is located in the East Kazakhstan region (EKR) [8].

This is the third-largest amount of land in the country used for agricultural purposes. The EKR's agricultural lands are primarily pastures, as the sown area, according to the Kazakhstan Statistics Agency, is 642,000 hectares. This means that in addition to the transfer of HMs along the soil-plant-human chain, this leads to HM intoxication in grazing livestock, which then enters the human body via livestock products along the soil-plant-animal-human chain. According to mapping data from the FAO [9] and the USDA Foreign Agricultural Service [10], the Nikolaevskaya enrichment plant is located throughout EKR's agricultural lands. Given this, the need for research is urgent.

Ground-based monitoring of soil pollution with HM is based on the study of wind patterns, the particle size of sludge waste, and the organic and mineral composition of the soil (to study the capture of heavy metals in the crystalline structure of the soil) [11]. This allows to determine the horizontal and vertical migration of HMs relative to the source, which is used to provide an ecological assessment of the soil condition [12]. However, comprehensive, large-scale monitoring of the impact of man-made sources of air pollution in the EKR has not been conducted yet.

The use of remote sensing provides significant support for environmental and agricultural monitoring. The size of large areas can be estimated based on the visual interpretation of satellite images and the obtained biophysical variables. Reliable information on the environmental situation in the EKR is essential for municipal authorities, as well as the ministries of agriculture, ecology, and health, to make decisions and develop strategies for environmental stabilization, sustainable agricultural development, and improving the health of the region's population. In addition, such studies reveal the impact of

anthropogenic sources on wild flora, enabling measures to conserve the biodiversity of this unique region.

In this article, the object of the study is the soil cover, including arable land, adjacent to the "Nikolaevskaya enrichment plant" industrial facility, located in the EKR. The research was structured around three objectives: 1) conducting environmental monitoring using modern GIS and remote sensing methods and technologies to support short-, medium-, and long-term planning and adaptation measures to natural and anthropogenic changes and consequences; 2) studying the impact of technogenic zones on the environment using ground-based monitoring methods; 3) studying the species composition and dominant species of wild flora in zones affected by identified hazardous pollution sources.

MATERIALS AND METHODS

Study site and industrial facility

The study object is the soil cover and arable lands adjacent to the Nikolaevskaya enrichment plant, located near the village of Ust-Talovka, Shemonakhinskiy district, East Kazakhstan region. The plant is operated by KazMinerals LLP, a subsidiary of Vostoktsvetmet LLP. It was commissioned in 1980 and processes ores from the Artemyevsky, Orlovsky, and Irtyshsky mines, with a capacity of approximately 2.2 million tonnes of ore per year. The main products are copper, zinc, and lead concentrates. The primary pollutants emitted by the facility are copper, lead, zinc, and sulfuric acid vapour used in lead processing.

Physical-geographical characteristics

The study area is located in the north-eastern part of the Kazakhstani Altai and the Irtysh River basin. The terrain includes mountains, foothills, plains, and depressions. Soils range from chernozems to dark and light chestnut soils. The climate is sharply continental, with large daily and annual temperature swings.

Remote sensing and land-use mapping

Biophysical parameters and land-use data were collected as key inputs for

ecological assessment. A regionally adapted soil-vegetation cover classification was developed to distinguish arable and anthropogenically affected lands from natural cover types [13]. Various input data options were tested, including multi-

spectral bands, vegetation indices, water and soil indices, and radar polarisation indices. A pixel-based random forest classifier with 100 decision trees was used for this purpose (figure 1).

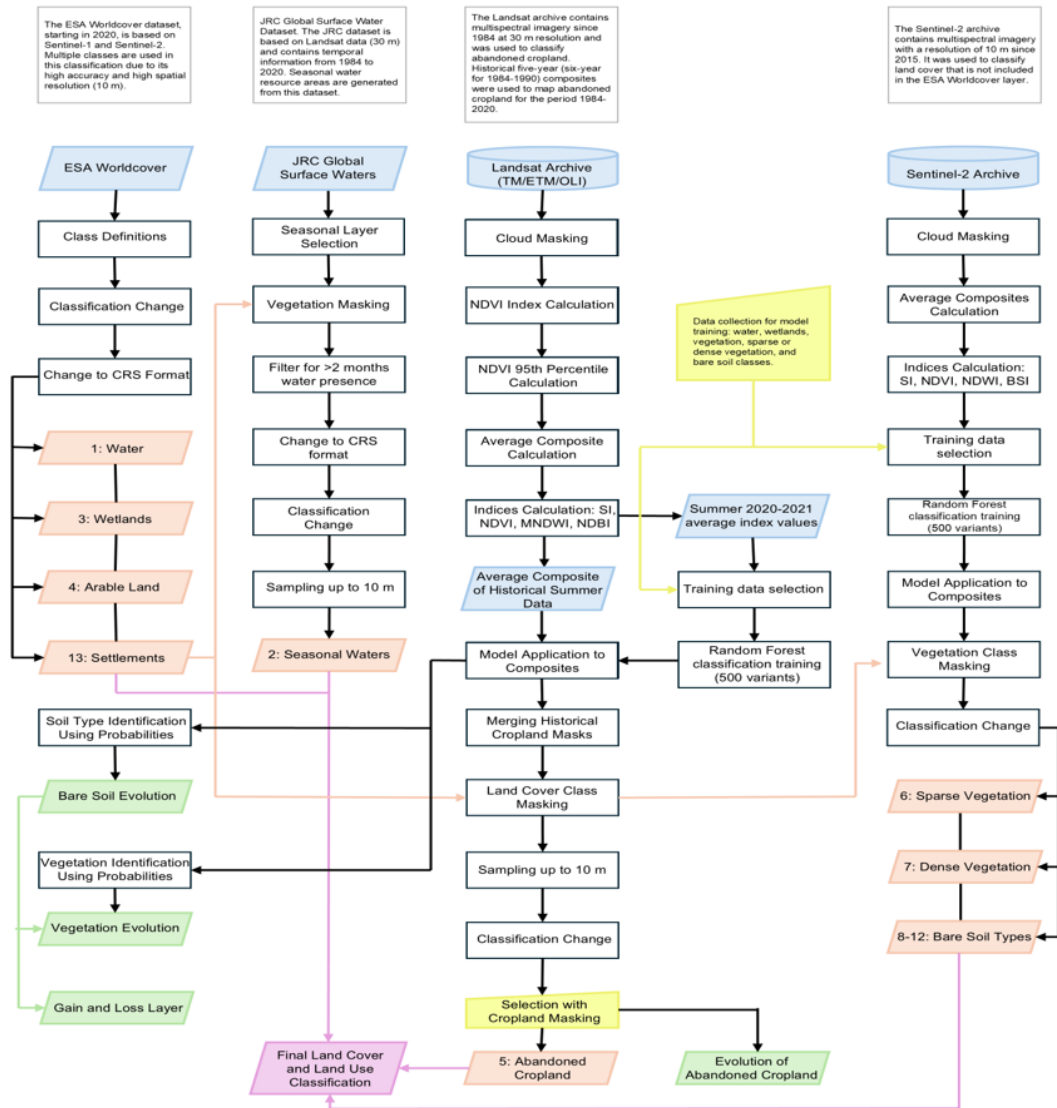


Figure 1 - Classification scheme of regional vegetation cover, considering the specification and classes of vegetation of interest in the area of interest

The resulting classification was used to identify agricultural areas and to map crop types in greater detail, as well as to assess soil-vegetation cover for signs of anthropogenic disturbance.

A temporal analysis covering approximately 40 years (1985-2024) was con-

ducted to track environmental and anthropogenic changes in EKR. Maps from earlier periods were combined with regional expert knowledge to evaluate trends in agriculture, soil degradation, water availability, and air quality. Particular attention was paid to abandoned fields and their

subsequent trajectories, such as full degradation, conversion to pasture, or recovery of natural vegetation. A dedicated mapping workflow was developed for this purpose.

For soil-vegetation cover mapping and the identification of cultivated lands during cropping seasons from 2020 to 2024, a dynamic code was written in Google Earth Engine [14] using Sentinel-2 time-series data. For the 1985-2024 period, Landsat archive data were used. Five-year composites were applied in the time-series analysis to produce more stable results, as the area of interest is frequently cloud-covered.

Figure 1 shows the data sources and all necessary pre-processing steps, as well as the classification steps.

Soil sampling design and field procedures

The field survey was conducted by interpreting map-based versions obtained

using GPS receivers. On this basis, soil profiles were established and soil samples were collected. The survey also included a reconnaissance phase, and profile and description point locations were selected to achieve maximum spatial coverage of the study area.

Soil samples were collected from all study sites in accordance with the Soil Sampling Standard Operating Procedure ENV 3.13. Systematic random sampling was used, dividing the study area into smaller sampling zones using a square grid with 500 m spacing. The number of samples was determined by the size of the area, with a minimum of 30 samples per land-use category to support subsequent statistical analysis. Sampling points were set in eight directions around the plant, at two distance ranges: within 500 m and more than 500 m away (figure 2).



Figure 2 - Soil sampling points at the Nikolaevskaya enrichment plant and zone of influence

Soil samples were collected at two depths, 0-10 cm and 30-40 cm, for chemical analysis.

During an expedition in October 2024, agricultural areas within the zone of technogenic influence of the Nikolaevskaya enrichment plant were monitored. The geolocations of croplands were recorded using a Garmin GPSMAP 66s.

The following GPS coordinates correspond to the two sampling points at the Nikolaevskaya enrichment plant, Shemonaikhinskiy District:

Point 1: N 50°35.4176, E 81°53.2148.

Point 2: N 50°35.4892, E 81°52.8846.

GPS coordinates of vegetation survey locations (17 sites including control points) are listed in table 1.

Table 1 - GPS coordinates of vegetation survey locations at the Nikolaevskaya enrichment plant

№	Location	Latitude	Longitude
1	GPS №26	50°35.9075	81°53.2816
2	GPS №27	50°35.4892	81°52.8846
3	GPS №28	50°35.4176	81°53.2148
4	GPS №29	50°35.4212	81°53.2949
5	GPS №30	50°35.3408	81°54.9838
6	GPS №31	50°35.4328	81°54.2778
7	GPS №0172	50°35.2602	81°53.1613
8	GPS №0173	50°35.1113	81°53.0591
9	GPS №0174	50°35.2001	81°52.5524
10	GPS №0175	50°35.0398	81°52.6439
11	GPS №0176	50°33.9831	81°51.9451
12	GPS №0177	50°33.0830	81°51.8720
13	GPS №0178	50°33.0139	81°50.8734
14	GPS №0179	50°32.6072	81°51.2286
15	GPS №0180	50°33.4568	81°50.8376
16	GPS №0194	50°31.1753	81°55.5703
17	GPS №0195	50°29.9037	81°54.0129

Laboratory analytical methods

Soil chemical analysis was carried out using standard methods accepted in soil science, agrochemistry, and ecology. Aggregate composition was determined by sieve analysis. Cation exchange capacity was measured by the method of E.V. Bobko and D.L. Askinazi, as modified by P.G. Grabarov and Z.A. Uvarova. The sum of exchangeable bases was determined by the Kappen method. Carbonates were measured by the method of E.V. Arinushkina, as modified by P.G. Grabarov. Soil pH was determined by potentiometry. Particle size distribution was determined by the Kachinsk method. Organic matter content

was measured according to GOST 26213-91. Humus composition was determined by the method of V.V. Ponomareva and T.A. Plotnikova [15]. Easily hydrolysable nitrogen was measured by the Tyurin-Kononova method. Mobile forms of phosphorus and potassium were determined by the Machigin method (TsINAO). Heavy metals extractable with an ammonium acetate buffer solution (pH 4.8) were determined by atomic emission spectrometry.

Collection and description of wild flora

Wild flora was collected and described using route-reconnaissance and semi-

stationary methods [16]. Routes were laid out across areas affected by technogenic impact, and annual expeditions were conducted along these routes in five stages, each lasting ten days. Field work included herbarium collection, sample gathering for laboratory analysis, photography, and phytocoenose description. Transects of varying configurations were laid out to assess the current state of populations at the population-organism level.

Plant community descriptions followed the methodology of B.A. Bykov [16]. Geographic, taxonomic, biological, and ecological analyses were conducted according to the methods of A.I. Tolmachev [17], R.V. Kamelin [18], and L.Ya. Kurochkina [19]. Genus and species names follow Plants of the World Online (POWO, 2022), and

authorship follows the International Plant Names Index (IPNI, 2022).

RESULTS AND DISCUSSION

Mapping of agricultural areas and assessment of soil-vegetation cover in East Kazakhstan region

The application of the developed classification workflow to the EKR produced a regionally adapted land-cover map distinguishing agricultural, anthropogenically disturbed, and natural vegetation areas across the study zone (figure 3). The 40-year temporal analysis (1985-2024) confirmed the persistence of agricultural land use in the immediate vicinity of the Nikolaevskaya enrichment plant throughout the observation period, underlining the chronic nature of the exposure risk.

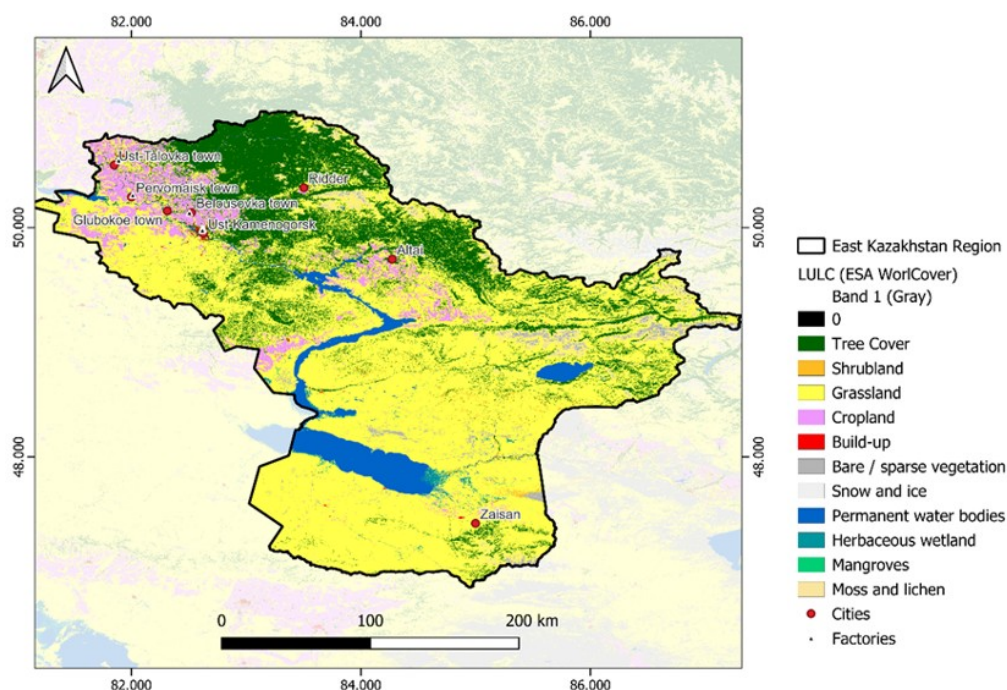


Figure 3 - ESA WorldCover information layer for East Kazakhstan region

Agrochemical and physico-chemical soil properties, background heavy metal content in undisturbed soils, and total and mobile heavy metal content in the zone of influence

The soil profile of undisturbed and uncontaminated soil was sampled and results were entered into a database that

includes the following soil properties: humus, CO₂, Ca, Mg, Na, N, P, K, particle size distribution, and the content of total and mobile forms of heavy metals.

Humus content in the upper soil layers shows relatively low variability. In the 0-5 cm layer it ranges from 1.98% to

8.02%. The content of mobile forms of P and K range from medium to high levels. The soil pH was slightly acidic at the surface, but decreased sharply with depth, reaching very acidic values of 2.51–2.66. Exchangeable Ca is the dominant cation in the soil, which is typical for most fertile soils. Some sampling points showed elevated heavy metal concentrations: Zn at 4510 mg/kg soil, Cd at 36 mg/kg and Cu at

2572 mg/kg (plant territory, point T-33). At several sampling points, the formation of technogenic soil with deposited layers was observed.

Comparison of heavy metal concentrations between uncontaminated reference soil and the most heavily affected sampling points are presented in table 2 and reveal the scale of contamination.

Table 2 - Heavy metal concentrations in reference soil and at maximum contamination point (T-33), mg/kg

Metal	Reference soil 0-20 cm (mean $\pm$ SD)	Reference soil 20-40 cm (mean $\pm$ SD)	Maximum recorded (point T-33)	Ratio T-33 / reference
Zn	307.3 $\pm$ 45.2	245.6 $\pm$ 112.3	4510	14.7x
Cu	46.2 $\pm$ 5.6	38.6 $\pm$ 5.1	2572	55.6x
Cd	4.96 $\pm$ 2.69	4.12 $\pm$ 2.37	36	7.3x

In reference dark chestnut agricultural soil (sampled from uncontaminated cropland), total Zn stood at 307.3 $\pm$ 45.2 mg/kg and total Cd at 4.96 $\pm$ 2.69 mg/kg, these values are themselves elevated above typical geochemical background for this soil type, likely reflecting the regional history of diffuse industrial atmospheric deposition in East Kazakhstan. Against this already-elevated baseline, peak concentrations recorded at point T-33 represent exceedances of 14.7-fold for Zn (4510 mg/kg), 55.6-fold for Cu (2572 mg/kg), and 7.3-fold for Cd (36 mg/kg). The spatial pattern of contamination showed a decline with increasing distance from the facility,

consistent with aerial deposition as the primary dispersal pathway.

Species diversity of plant communities at the study sites

The composition of the vegetation cover was surveyed at 17 locations across different parts of the plant territory, including control points. The dominant species recorded at Nikolaevskaya enrichment plant are listed in the Supplementary table 3.

The total number of plant species recorded at the time of the survey at the Nikolaevskaya enrichment plant was 72 species from 62 genera. Of these, 16 were woody species, including 9 trees and 7 shrubs.

Supplementary table 3 - Species recorded at disturbed habitats of the Nikolaevskaya enrichment plant

Genus	Species Name	Common Name
Acer	<i>Acer negundo</i> L.	Box elder
Achillea	<i>Achillea millefolium</i> L.	Common yarrow
Agrimonia	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.	Hairy agrimony
Agropyron	<i>Agropyron desertorum</i> (Fisch. ex Link) Schult.	Desert wheatgrass
Arctium	<i>Arctium tomentosum</i> Mill.	Woolly burdock

Continuation of table 3

Artemisia	<i>Artemisia absinthium</i> L.	Common wormwood
	<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	Austrian wormwood
	<i>Artemisia dracunculus</i> L.	Tarragon
	<i>Artemisia gmelinii</i> Weber ex Stechm.	Gmelin's wormwood
	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Common mugwort
Berteroa	<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	Hoary alyssum
Betula	<i>Betula pendula</i> Roth	Silver birch
	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	Downy birch
Bidens	<i>Bidens tripartita</i> L.	Three-part beggarticks
Bromus	<i>Bromus inermis</i> Leyss.	Smooth brome
Bunias	<i>Bunias orientalis</i> L.	Turkish wartycabbage
Calamagrostis	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	Wood small-reed
Cannabis	<i>Cannabis ruderalis</i> Janisch.	Wild hemp
Caragana	<i>Caragana frutex</i> (L.) K. Koch	Shrubby caragana
Carduus	<i>Carduus crispus</i> L.	Curly plumeless thistle
Carlina	<i>Carlina biebersteinii</i> Bernh. ex Hornem.	Bieberstein's carline thistle
Carum	<i>Carum carvi</i> L.	Caraway
Chenopodium	<i>Chenopodium album</i> L.	Fat hen
Cichorium	<i>Cichorium intybus</i> L.	Common chicory
Cirsium	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Creeping thistle
	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Spear thistle
Convolvulus	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Field bindweed
Crataegus	<i>Crataegus chlorocarpa</i> Lenne et K. Koch	Green-fruited hawthorn
	<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	Siberian hawthorn
Dactylis	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Cock's-foot
Dracocephalum	<i>Dracocephalum nutans</i> L.	Nodding dragonhead
Echinops	<i>Echinops tricholepis</i> Schrenk	Globe thistle
Echium	<i>Echium vulgare</i> L.	Common viper's bugloss
Elytrigia	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	Common couch grass
Eryngium	<i>Eryngium planum</i> L.	Flat sea holly
Euphorbia	<i>Euphorbia</i> sp.	Spurge
Festuca	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	Meadow fescue
Filipendula	<i>Filipendula vulgaris</i> Moench	Dropwort
Fragaria	<i>Fragaria viridis</i> Duchesne	Green strawberry
Geum	<i>Geum urbanum</i> L.	Wood avens
Gypsophila	<i>Gypsophila altissima</i> L.	Tall gypsophila
Heteropappus	<i>Heteropappus altaicus</i> (Willd.) Novopokr.	Altai heteropappus
Hypericum	<i>Hypericum elongatum</i> Ledeb.	Elongated St John's wort
	<i>Hypericum perforatum</i> L.	Common St John's wort
Lavatera	<i>Lavatera thuringiaca</i> L.	Garden tree mallow
Leonurus	<i>Leonurus glaucescens</i> Bunge	Motherwort
Lonicera	<i>Lonicera tatarica</i> L.	Tatarian honeysuckle
Malus	<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	Siberian crab apple
Matricaria	<i>Matricaria</i> sp.	Chamomile
Melilotus	<i>Melilotus albus</i> Medik.	White melilot
Padus	<i>Padus avium</i> Mill.	Bird cherry
Phlomoideis	<i>Phlomoideis tuberosa</i> (L.) Moench	Tuberous phlomoideis
Plantago	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Ribwort plantain
Poa	<i>Poa pratensis</i> L.	Kentucky bluegrass

Continuation of table 3

Populus	<i>Populus balsamifera</i> L.	Balsam poplar
	<i>Populus nigra</i> L.	Black poplar
Rosa	<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	Prickly rose
	<i>Rosa spinosissima</i> L.	Burnet rose
Rubus	<i>Rubus caesius</i> L.	Dewberry
Rumex	<i>Rumex confertus</i> Willd.	Russian dock
Salvia	<i>Salvia stepposa</i> Schost.	Steppe sage
Serratula	<i>Serratula coronata</i> L.	Saw-wort
Setaria	<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	Green bristlegrass
Sonchus	<i>Sonchus arvensis</i> L.	Field milk thistle
Spiraea	<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	St John's wort-leaved spiraea
Stipa	<i>Stipa</i> sp.	Feather grass
Tragopogon	<i>Tragopogon orientalis</i> L.	Eastern goat's beard
Trifolium	<i>Trifolium hybridum</i> L.	Alsike clover
Ulmus	<i>Ulmus pumila</i> L.	Siberian elm
Valeriana	<i>Valeriana officinalis</i> L.	Common valerian
Verbascum	<i>Verbascum songaricum</i> Schrenk	Dzungarian mullein
Vicia	<i>Vicia sepium</i> L.	Bush vetch

The soil acidification pattern of near-neutral pH in the upper horizon (6.0–7.5) but a sharp drop to acidic pH (2.51–2.66) at depth, is characteristic of sulfide ore processing environments, where SO₂ emissions and acid leachate from tailings drive progressive subsurface acidification [2, 20]. Under such conditions, the mobility of heavy metals increases substantially. Soil acidification has been shown to increase metal mobility in the order Cd > Zn > Pb, with Cd retaining high mobility at up to 70% of its total concentration even under near-neutral pH conditions [20]. This places the Nikolaevskaya enrichment plant zone in a particularly critical risk category: Cd concentrations at point T-33 (36 mg/kg) already exceed the regional agricultural soil background by 7.3-fold, and continued subsurface acidification is likely to further increase bioavailability over time.

The magnitude of Zn and Cu contamination at peak points is directly comparable to values reported in a parallel assessment of soils adjacent to the Ridder metallurgical complex, another major polymetal-

lic processing facility within the same region, where Zn reached 4415 mg/kg, Cu reached 1177 mg/kg, and Cd reached 179 mg/kg [21]. Taken together, the findings confirm that extreme multi-metal soil contamination is a regional pattern in EKR rather than a site-specific anomaly. Notably, even the reference soils sampled at uncontaminated cropland suggests that diffuse atmospheric deposition from regional industrial activity has already affected the broader agricultural landscape beyond the direct influence zone of individual facilities.

The vegetation data support this picture of broad ecosystem transformation. The dominance of *Artemisia* spp., *Cirsium* spp., and *Bunias orientalis* in disturbed habitats is consistent with patterns documented for industrially impacted landscapes across the region, where ecologically plastic and stress-tolerant ruderal taxa progressively replace native steppe communities under conditions of chronic heavy metal exposure and soil disturbance [21, 22]. The 72 species recorded across 17 sites, while numerically diverse, rep-

resent a functionally impoverished flora dominated by weedy generalists rather than the native meadow-steppe assemblages characteristic of undisturbed EKR landscapes.

The combined soil and vegetation data indicate that the Nikolaevskaya enrichment plant has created a gradient of ecosystem degradation extending beyond its immediate boundaries. The presence of technogenic soils at multiple sampling points, characterized by deposited layers that disrupt the natural soil profile, suggests that these changes are not temporary, but represent long-term, likely irreversible pedogenic transformations driven by sustained industrial activity. Given that agricultural croplands and extensive pasturelands are located adjacent to the affected area, heavy metal contamination through both soil and plant pathways poses tangible risks to the regional food chain, particularly via the soil-plant-livestock-human pathway.

CONCLUSION

The Nikolaevskaya enrichment plant operates within an agricultural landscape that has never previously been subject to a systematic assessment. This study showed that the technogenic influence of the facility has produced measurable and serious

changes to both soil properties and vegetation across the surrounding area.

Ground-based soil sampling confirmed the presence of significant heavy metal contamination in the vicinity of the facility. A sharp decrease in soil pH with depth to values of 2.51-2.66 was recorded, indicating ongoing acidification likely connected to the industrial process. At these pH levels, heavy metals become significantly more mobile and available for plant uptake. The formation of technogenic soil with deposited layers at several sampling points reflects a substantial transformation of the natural soil profile under prolonged technogenic pressure.

The vegetation data confirms this. The 72 species recorded may appear diverse, but the composition is dominated by ruderals and synanthropic species and reflects the replacement of natural plant communities under anthropogenic pressure. Native species held their ground only at control points further from the source.

These findings call for systematic remediation assessment and the establishment of long-term ecological monitoring for the zone, particularly given the scale of adjacent pasturelands used for livestock grazing.

FUNDING

This work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, program number BR24992837 «Integrated ecological monitoring of the East Kazakhstan region for agricultural sustainable development and environmental enhancement».

REFERENCES

1. Hamad A.A., Alamer K.H., Alrabie H.S. The accumulation risk of heavy metals in vegetables grown in contaminated soil // Baghdad Science Journal. -2021. -Vol. 18, № 3. - P. 471–479.
2. Adnan M., Xiao B., Xiao P., Zhao P., Li R., Bibi S. Research progress on heavy metals pollution in the soil of smelting sites in China // Toxics. -2022. -Vol. 10, № 5. - P. 231.
3. Uddin M.M., Zakeel M.C.M., Zavahir J.S., Marikar F.M., Jahan I. Heavy metal accumulation in rice and aquatic plants used as human food: A general review // Toxics. -2021. -Vol. 9, № 12. - P. 360.
4. Huang J.L., Li Z.Y., Mao J.Y., Chen Z.M., Liu H.L., Liang G.Y., Zhang D.B., Wen P.J., Mo Z.Y., Jiang Y.M. Contamination and health risks brought by arsenic, lead and cadmium in a

water-soil-plant system nearby a non-ferrous metal mining area // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. -2024. -Vol. 270. - P. 115873.

5. Wu Y., Qi M., Yu H., Li G., An T. Assessment of internal exposure risk from metals pollution of occupational and non-occupational populations around a non-ferrous metal smelting plant // *Journal of Environmental Sciences*. -2025. -Vol. 147. - P. 62–73.

6. Dror I., Yaron B., Berkowitz B. The human impact on all soil-forming factors during the Anthropocene // *ACS Environmental Au*. -2021. -Vol. 2, № 1. - P. 11–19.

7. Angon P.B., Islam M.S., Kc S., Das A., Anjum N., Poudel A., Suchi S.A. Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: Soil, plants and human food chain // *Heliyon*. -2024. -Vol. 10, № 7. -P. e28357.

8. Infograficheskiy spravochnik APK Kazakhstana 2022 [Infographic handbook of the agro-industrial complex of Kazakhstan 2022] [Electronic resource]. – Eldala, 2022. – Access mode: <https://eldala.kz/spectemy/16691-infograficheskiy-spravochnik-apk-kazakhstana-za-2022-god> (accessed: 20.05.2024).

9. Earth Observation [Electronic resource] // FAO. – Access mode: <https://www.fao.org/giews/earthobservation/country/index.jsp?code=KAZ> (accessed: 20.05.2024).

10. Kazakhstan – Crop Production Maps [Electronic resource] // USDA. – Access mode: https://ipad.fas.usda.gov/rssiws/al/kz_cropprod.aspx (accessed: 20.05.2024).

11. Patra A., Singh S.K., Chattopadhyay A., Sharma V.K., Rekwar R.K. Chemical fractionations and mobility of heavy metals in soils of eastern Uttar Pradesh // *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. -2021. -Vol. 91, № 5. - P. 761–766.

12. Cupara N., Durovic D., Nikolic I., Milasevic I., Bajic B. Assessment of ecological and health risk in agricultural soil near the mine of lead and zinc in Pljevlja municipality (Montenegro) // *Fresenius Environmental Bulletin*. -2022. -Vol. 31. - P. 9036–9044.

13. Eisfelder C., Boemke B., Gessner U., Sogno P., Alemu G., Hailu R., Mesmer C., Huth J. Cropland and crop type classification with Sentinel-1 and Sentinel-2 time series using Google Earth Engine for agricultural monitoring in Ethiopia // *Remote Sensing*. -2024. -Vol. 16. - P. 866.

14. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone // *Remote Sensing of Environment*. -2017. -Vol. 202. - P. 18–27.

15. Determination of quantitative and qualitative characteristics of humus using various methods and interpretation of the results obtained: Methodological guidelines. -Tomsk: TSU Publishing House, 2020. -56 p.

16. Bykov B.A. *Geobotanika [Geobotanics]*. -Alma-Ata: Nauka, 1978. - 288 p.

17. Tolmachev A.I. O nekotorykh kolichestvennykh sootnosheniyah vo florah zemnogo shara // *Vestnik LGU. Ser. biol.* -1970. -Vol. 15. - P. 62–74.

18. Kamelin R.V. *Materialy po istorii flory Azii (Altajskaya gornaya strana): monografiya [Materials on the history of the flora of Asia (Altai Mountain country)]*. -Barnaul: Alt. un-t, 1998. -240 p.

19. Kurochkina L.Ya., Diarov M.D., Shabanova L.V., Karibaeva K.N., Makulbekova G.B. i dr. *Flora i rastitel'nost' Kazakhstana [Flora and vegetation of Kazakhstan]*. -Almaty: Gylym, 1990. -215 p.

20. Kicińska A. Changes in soil pH and mobility of heavy metals in contaminated soils // *European Journal of Soil Science*. -2022. -Vol. 73, № 1. - P. e13203.

21. Daurov D., Zhambakin K., Daurova A., Sapakhova Z., Isgandarov I., Ramazanov R., Zhumagulova M., Sumbembayev A., Abilda Z., Toishimanov M., Kanat R., Shamekova M. Assessment of Heavy Metal Accumulation in Soils and Dominant

Agricultural Crops in an Industrial Environment of Ridder, East Kazakhstan Region // Plants. -2026. -Vol. 15, № 6. - P. 983.

22. Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A. et al. Accumulation of heavy metals by forb steppe vegetation according to long-term monitoring data // Arid Ecosystems. -2018. -Vol. 8. - P. 190–202.

ТҮЙІН

Ю. Тугунова¹, М. Алтынбаева¹, Ж. Абилда¹, Р. Канат^{1,2}, А. Бегалы¹, Д. Кайрханов¹,
И. Исгандаров¹, Е. Исакова³, Х. Чой^{1*}

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SOIL AND FLORA CONTAMINATION BY HEAVY METALS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE NIKOLAEVSKAYA ENRICHMENT PLANT

¹Өсімдіктер биологиясы мен биотехнологиясы институты,

050040, Алматы, Тимирязев көшесі, 45, Қазақстан,

*e-mail: choikhanylbek@gmail.com

²Tanir Research Laboratory, 050060, Алматы, Әл-Фараби даңғылы, 75В, Қазақстан

³Алтай ботаникалық бағы, 071303, Риддер, Ермаков көшесі, 1, Қазақстан

Шығыс Қазақстан облысындағы ауылшаруашылық алқаптары айтарлықтай аумақты алып жатыр, сонымен бірге жайылымдық және егістік жерлердің үлкен бөлігі қолданыстағы өнеркәсіптік кәсіпорындарға жақын орналасқан. Осыған қарамастан, Николаев тау-кен байыту комбинатының әсер ету аймағы үшін бұрын қашықтықтан зондтау, жердегі топырақ мониторингі және флораны зерттеуді біріктіретін кешенді интеграцияланған бағалау жүргізілмеген. Бұл зерттеу Google Earth Engine жүйесінде өңделген жалпыға қолжетімді спутниктік деректерді пайдалана отырып, 17 учаскедегі топырақ үлгілерін және өсімдіктерді зерттеу арқылы 40 жылдық (1985-2024) жер жамылғысын талдау арқылы бұл олқылықты толтыруға бағытталған. Топырақ талдаулары ауыр металдардың концентрациясының жоғарылауымен қатар рН деңгейінің күрт төмендеуін, яғни ауыр металдардың өсімдіктерге сіңуі үшін айтарлықтай қозғалмалы және қолжетімді болатын жағдайды көрсетті. Бірнеше сынама алу нүктелерінде техногенді топырақ түзілуі байқалды, бұл табиғи топырақ профиінің қайтымсыз өзгеруін көрсетеді. Флораны зерттеу барысында 62 туыстан 72 түр тіркелді, рудеральды және синантропты түрлер бұзылған тіршілік ету орталарында басым, ал жергілікті түрлер тек нысаннан алыс бақылау нүктелерінде сақталды. Жалпы алғанда, бұл зерттеулер экожүйенің деградациясының жалғасып жатқанын көрсетеді және өсімдікке іргелес жайылымдар мен егістік алқаптарды ескере отырып, аймақтық азық-түлік тізбегіне қатысты нақты алаңдаушылық тудырады.

Түйінді сөздер: ауыр металдар, топырақтың ластануы, Шығыс Қазақстан, техногенді топырақ, қашықтан зондтау.

РЕЗЮМЕ

Ю. Тугунова¹, М. Алтынбаева¹, Ж. Абилда¹, Р. Канат^{1,2}, А. Бегалы¹, Д. Кайрханов¹,
И. Исгандаров¹, Е. Исакова³, Х. Чой^{1*}

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И ФЛОРЫ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ НИКОЛАЕВСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

¹Институт биологии и биотехнологии растений, 050040, Алматы,

ул. Тимирязева, 45, Казахстан, *e-mail: choikhanylbek@gmail.com

²Tanir Research Laboratory, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан

³Алтайский ботанический сад, 071303, Риддер, ул. Ермакова, 1, Казахстан

Сельскохозяйственные земли Восточно-Казахстанской области занимают значительную площадь, при этом большая часть пастбищ и пахотных угодий расположена вблизи действующих промышленных объектов. Несмотря на это, ранее не проводилось

комплексного исследования, объединяющего данные дистанционного зондирования, полевые анализы почв и изучение флоры для зоны влияния Николаевской обогатительной фабрики. Целью данной работы было восполнить этот пробел путём анализа землепользования за 40 лет (1985–2024 гг.) с использованием открытых спутниковых данных, обработанных в Google Earth Engine, а также результатов отбора почвенных проб и геоботанических описаний на 17 участках. Анализ почв показал не только повышенные концентрации тяжёлых металлов, но и заметное снижение pH, при котором металлы становятся более подвижными и легче поглощаются растениями. На ряде участков зафиксировано формирование технозёмов, что указывает на устойчивое изменение природного почвенного профиля. В ходе исследования флоры было выявлено 72 вида из 62 родов; на нарушенных территориях преобладают рудеральные и синантропные виды, тогда как аборигенные виды сохраняются в основном на контрольных участках, удалённых от предприятия. В целом полученные результаты свидетельствуют о продолжающейся деградации экосистем и вызывают обоснованные опасения для региональной пищевой цепи, учитывая расположение пастбищ и сельскохозяйственных угодий в непосредственной близости от предприятия.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, загрязнение почв, Восточный Казахстан, техногенная почва, дистанционное зондирование.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

1. Yuliya Tugunova - Research assistant of the laboratory of breeding and biotechnology, BSc, <https://orcid.org/0009-0006-1037-1480>, - e-mail: y.tugunova@ipbb.kz

2. Milana Altynbayeva - Research assistant of the laboratory of breeding and biotechnology, BSc, <https://orcid.org/0009-0004-3018-2893>, - e-mail: almimu333@gmail.com

3. Zhanar Abilda - Senior researcher of the laboratory of breeding and biotechnology, MSc, PhD candidate, <https://orcid.org/0000-0001-8505-5243>, - e-mail: zemaletta@gmail.com

4. Rakhim Kanat - Research assistant of the laboratory of breeding and biotechnology, BSc, MSc candidate, <https://orcid.org/0009-0009-2418-5920>, - e-mail: udinjate.tt0ey@8shield.net

5. Abylay Begaly - Research assistant of the laboratory of breeding and biotechnology, BSc, MSc candidate, <https://orcid.org/0009-0009-2848-336X>, - e-mail: a.begaly@ipbb.kz

6. Daulet Kairkhanov - Research assistant of the laboratory of breeding and biotechnology, BSc, MSc candidate, <https://orcid.org/0009-0006-1017-1980>, - e-mail: d.kairkhanov@ipbb.kz

7. Iskander Isgandarov - Research assistant of the laboratory of breeding and biotechnology, BSc, <https://orcid.org/0009-0001-4386-3303>, - e-mail: i.isgandarov@ipbb.kz

8. Elena Isakova - Senior Researcher, MSc, PhD candidate, <https://orcid.org/0000-0002-9056-6504>, - e-mail: lana12378@bk.ru

9. Khanylbek Choi - Research assistant of the laboratory of breeding and biotechnology, BSc, MSc candidate, <https://orcid.org/0009-0005-6091-4028>, - e-mail: choikhanylbek@gmail.com

АГРОХИМИЯ

ГРНТИ 68.33.29

DOI:10.51886/1999-740X_2026_3_59

Б.У. Сулейменов^{1*}, С.И. Танирбергенов^{1*}, М.Ж. Кушанова¹, А.Т. Макашева¹,М.Р. Тулегенова¹**ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЖЕТИСУ***¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан,***e-mail: beibuts@mail.ru, tanir_sem@mail.ru*

Аннотация. Сероземы светлые юго-востока Казахстана характеризуются низким содержанием гумуса, слабой структурностью и влагоемкостью, что обуславливает их сравнительно невысокий уровень естественного плодородия и продуктивность сельскохозяйственных культур. В условиях интенсификации земледелия актуальной задачей является поиск экологически безопасных и экономически эффективных способов повышения урожайности кукурузы. В настоящем исследовании проведена оценка влияния органического гуминового удобрения Атмас на рост, развитие и урожайность кукурузы. Установлено, что применение гуминового удобрения стимулирует развитие растений и повышает подвижность элементов питания в ризосфере. Это обеспечивает более интенсивное формирование корневой системы, улучшает усвоение макро- и микроэлементов, способствует повышению устойчивости растений к стрессовым факторам засушливого климата. В результате урожайность зерна возросла до 13,2-15,9 т/га, обеспечивая прибавку от 4,7 до 26,1% по сравнению с контролем. Таким образом, органическое гуминовое удобрение Атмас является эффективным средством повышения продуктивности кукурузы в условиях светлых сероземов, обеспечивая устойчивое формирование урожая, улучшение агрохимических свойств почвы и повышение экономической эффективности возделывания культуры.

Ключевые слова: светлый серозем, макроэлементы, гуминовое удобрение, кукуруза на зерно, урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза на зерно относится к числу ключевых сельскохозяйственных культур как в мировом масштабе, так и в странах СНГ, включая Казахстан. Согласно данным международной статистики, общая площадь посевов кукурузы составляет около 162 млн га, а годовой объем производства зерна превышает 850 млн тонн. Средняя урожайность культуры составляет 5,2 т/га. Лидирующими производителями кукурузы выступают США (около 37% мирового объема) и Китай (21%). Основные направления использования кукурузы охватывают продовольственный, кормовой и промышленный секторы [1].

Площадь посевов кукурузы в Казахстане в 2025 г. составила около 160 тыс. га. Основными регионами ее

выращивания являются Алматинская область (52,6 тыс. га), область Жетісу (около 42 тыс. га), Туркестанская (40 тыс. га) и Жамбылская области (18 тыс. га). Урожай кукурузы используется как для получения зерна (около 60%), так и для кормовых, перерабатывающих целей (около 40%) - в частности, для производства крахмала, патоки и комбикормов [2].

Для реализации потенциала культур в зональной адаптивно-ландшафтной системе земледелия необходимо внедрение новых инновационных средств химизации, к которым относят гуминовые удобрения, обладающие широким спектром действия. В их составе имеются гуминовые кислоты, фульвокислоты, соли этих кислот - гуматы и фульваты, а также гумины -

прочные соединения гуминовых кислот и фульвокислот с почвенными минералами. Применение гуминовых препаратов способствует улучшению качества, обеспечивает экологическую чистоту продукции [3].

Соли гуминовых и фульвокислот усиливают поглощение кислорода в растительных клетках, стимулируют образование корневой системы, повышают проницаемость клеточной мембраны, активируют внутриклеточные ферменты у растений, улучшают их дыхание, усиливают поступление азота, фосфора, калия, железа, а также способствуют повышению общей устойчивости растений к широкому спектру неблагоприятных факторов [4, 5].

Гуминовые препараты способствуют повышению биологической активности почвы, обусловленную особенностями гидротермического режима почв, величиной pH, запасами и доступностью органического вещества и элементов питания, численностью и составом микрофлоры, ферментативным пулом [6, 7].

Применение разнообразных удобрений, с учетом местных агрономических условий, значительно улучшает качество гумуса и способствует устойчивому земледелию. Эффективное использование этих ресурсов без ущерба для окружающей среды является важнейшей задачей для агрономов и фермеров Республики Казахстан.

Ранее проведены исследования по изучению влияния некорневой подкормки органическим гуминовым удоб-

рением на рост, развитие и урожайность озимой пшеницы, риса, сои и сахарной свеклы [8-10].

По результатам ранее проведенных исследований получен патент на полезную модель № 8251 от 14.07.2023 г. «Способ повышения продуктивности сельскохозяйственных культур» на основе применения органического гуминового удобрения. Авторы: Сулейменов Б.У., Кайсанова Г.Б., Танирбергенов С.И., Ибраева М.А.

Цель исследований: оценить влияние органического гуминового удобрения Атмас на агрохимические показатели светлого серозема, рост и развитие растений, структуру урожая, урожайность зерна кукурузы и экономическую эффективность его возделывания в условиях орошения области Жетісу.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены в Кербулакском районе области Жетісу в ТОО «Кызылшоқы» на богарных светлых сероземах (44,15825°N, 77,60174°E) в 2025 г. (рисунок 1). Культура кукуруза, гибрид ПО937.

Светлые сероземы обладают почвенным профилем, сходным с профилем обыкновенных сероземов, однако характеризуются более светлой окраской (светло-серой, местами с буроватым оттенком) и меньшей мощностью гумусового горизонта. Содержание гумуса в них составляет 0,8–1,0%, а карбонатный горизонт залегает несколько выше по сравнению с обыкновенными сероземами.

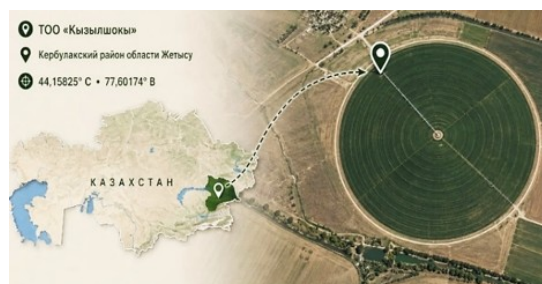


Рисунок 1 – Место проведения полевых опытов

Преобладающими гранулометрическими разновидностями являются легкосуглинистые и супесчаные почвы. На покатых подгорных равнинах формируются ксероморфные сероземы. Их профиль отличается укороченной мощностью и щебенчатостью; галечник или щебень залегают неглубоко - на глубине 40–120 см. Значительная часть сероземов, развитых на выровненном рельефе в условиях лессовидных пород, распаханна и используется под орошение [11].

Гибрид кукурузы П0937. Оригинатор: Pioneer Overseas Corporation (USA). Это позднеспелый, высокоурожайный гибрид зернового типа ФАО580, рекомендованный для орошаемых условий Казахстана. Он отличается высокой устойчивостью к полеганию и отличными показателями зерна. Основная характеристика гибрида П0937, тип зерновой, зубовидный, вегетационный период 134 дня, высота растений 231,5 см, Высота прикрепления початка 89,5 см, форма початка цилиндрическая, средней длины. Цвет зерна желтый. Масса 1000 зерен 261 г. Выход зерна из початка 85,3%, содержание крахмала 70,4%, белка 6,5%, жира 4%, сухое вещество 43,7% [12].

В Кербулакском районе области Жетісу на опытном поле ТОО «Қызылшоқы» заложен однофакторный полевой опыт с 4 уровнями удобрения. Схема опыта состоит из 5 вариантов: 1) Контроль без удобрений, 2) Атмас 1 (обработка почвы), 3) Атмас 2 (обработка почвы + 1 некорневая подкормка), 4) Атмас 3 (обработка почвы + 2 некорневые подкормки), 5) Атмас 4 (обработка почвы + 3 некорневые подкормки).

Площадь делянок 30 м² (2,5х12), повторность трехкратная.

Посев кукурузы П0937 проведен 06 мая 2025 г., предшественник – сахарная свекла. Норма высева 60-76 тыс. шт./га, масса семян 20-25 кг/га. Всходы появились 16 мая. Фенологические наблюде-

ния проводились в течении вегетации от всходов до уборки урожая. Учет биологического урожая зерна проведен 09 сентября. Полив кукурузы в течении вегетации проведен 8 раз установкой фрегат Atlantis 6 (Турция). Тип системы полива круговая, производительность 300 м³/час. Рекомендуемая норма полива для кукурузы 350-400 м³/га.

Органическое гуминовое удобрение Атмас применяли под предпосевную культивацию почвы и использовали для трехкратной некорневой подкормки растений в фазы 3–6 и 8–10 листьев, а также в период бутонизации. Расход гуминового удобрения 1 л/га, рабочий раствор 250 л/га.

Органическое гуминовое удобрение Атмас получено из бурого угля леонардита с добавлением сапропеля, рыбной муки и хлопкового жмыха, содержит N - 1,05%, P₂O₅ - 1,5%, K₂O - 6,17%, гуминовые кислоты 15,46%.

Для анализа агрохимического состава почвы использованы аналитические методы, подробно изложенные в руководстве по общему анализу почв Аринушкиной Е.В [13]. Определение гумуса по ГОСТ 26213-91; легкогидролизуемого азота по методу Тюрина-Кононовой; подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина, ГОСТ 26205-91; pH водный по ГОСТ 26423-85. Определение валовых форм азота по методу Къельдаля; фосфора по методу Гинзбург-Щегловой; калия по методу Смита. Определение гранулометрического состава почвы по методу Качинского. Поглощенные основания Са и Mg по методу Аринушкиной в модификации Грабарова; Na и K по методу Каратаева и Маметова в модификации Грабарова. Статистическую обработку результатов проводили методом однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA). Различия между вариантами оценивали при уровне значимости $p < 0,05$. Данные представлены как среднее значение $\pm$ стандартное откло-

нение ($n=3$). Для оценки существенности различий между вариантами рассчитывали НСР₀₅.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодно-климатические условия Кербулакского района области Жетісу.

Климат Кербулакского района резко континентальный, характеризуется жарким и засушливым летом, холодной малоснежной зимой, а также умеренно-влажными весной и осенью. Среднегодовая температура воздуха колеблется от -4°C в зимние месяцы до $+32^{\circ}\text{C}$ летом. Годовое количество атмосферных осадков - около 250–350 мм, что обуславливает необходимость применения орошения при возделывании сельскохозяйственных культур.

Вегетационный период кукурузы на зерно (май-август 2025 г.) проходил в условиях повышенного теплового фона: среднемесячная температура воздуха

повышалась от $17,2^{\circ}\text{C}$ в мае до $25,1^{\circ}\text{C}$ в августе, что на $3-4^{\circ}\text{C}$ выше среднеемноголетних значений (таблица 1). Такая температурная аномалия способствовала ускорению темпов роста растений, но при недостатке влаги могла приводить к стрессовым состояниям, особенно в фазах выметывания метелки и цветения, когда формируется урожай зерна.

Повышенные температуры в сочетании с низкой влажностью воздуха усиливают транспирацию, сокращают период налива зерна и требуют регулярного орошения для поддержания оптимальных условий роста. В целом, климатические особенности района создают высокий потенциал для возделывания кукурузы, в условиях выращивания влаго- и термоустойчивых гибридов, а также применении адаптированных агротехнологий.

Таблица 1 - Метеоданные по станции «Сарыозек», 2025 г.

Годы	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура воздуха, °C												
2025	-7,4	-7,5	2,7	13,4	17,2	22,6	25,1	21,5	16,0	7,0	5,0	-2
Средне-много-летние	-10	-7,8	3,0	9,3	14,4	20,0	21,7	20,0	13,9	5,6	-2,2	-7,8
Атмосферные осадки, мм												
2025	18,4	8,6	30,9	19,8	28,0	10,0	7,0	28,0	20,0	28,0	40,0	25,0
Средне-много-летние	10,0	9,9	5,1	17,8	25,4	17,8	15,2	10,2	12,7	12,7	5,6	2,7

Атмосферные осадки в период вегетации кукурузы (май-август 2025 г.). В мае 2025 года количество атмосферных осадков составило 28,0 мм, что превышает среднеемноголетние показатели (25,4 мм) и обеспечивает благоприятные условия для прорастания семян и начального роста растений. Однако в последующие месяцы наблюдалось резкое снижение влагообеспеченности: в июне выпало лишь 10 мм, а

в июле 7 мм осадков, что в 2,5 раза меньше среднеемноголетних значений, 17,8 и 15,2 мм соответственно.

Такое уменьшение количества осадков в середине вегетационного периода может привести к усилению засушливых условий, особенно в фазах выметывания и цветения, когда растения испытывают повышенную потребность во влаге. Увеличение температурного стресса, также может снизить

интенсивность фотосинтеза и ускорение созревания зерна, негативно сказаться на его массе и качестве.

Для компенсации дефицита влаги в этот период применяли регулярное орошение, а также проводили некорневую подкормку растений для повышения устойчивости кукурузы к жаре и засухе.

Влияние органического гуминового удобрения на агрохимические показатели светлого серозема.

Для оценки агрохимических свойств светлого серозема в условиях Кербулакского района были отобраны почвенные образцы по слоям 0-20 и 20-40 см. По результатам проведенных исследований содержание общего азота - 0,082%, валового фосфора - 0,152%, валового калия - 2,615%. Содержание карбонатов - 2%, а реакция почвенной среды характеризовалась как слабощелочная (рН 7,53). Сумма поглощенных

оснований составила 12,99 мг-экв/100 г почвы, при этом около 66% приходилось на обменный кальций. По гранулометрическому составу исследуемая почва супесчаная

Согласно принятой градации, светлые сероземы характеризуются очень низким содержанием гумуса. В пахотном слое контрольного варианта содержание общего гумуса составляло 0,68% (таблица 2). Содержание легкогидролизуемого азота в исследуемых вариантах варьировало от 33,6 до 35,2 мг/кг, что соответствовало низкой степени обеспеченности почвы данным элементом. Содержание подвижного фосфора составляло 18,0–20,4 мг/кг и характеризовалось средней степенью обеспеченности. Обеспеченность почвы обменным калием оценивалась как очень высокая: его содержание в вариантах опыта находилось в пределах 701-702 мг/кг почвы.

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика светлого серозема

Вариант	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг		
		N лг.	P ₂ O ₅	K ₂ O
Исходное содержание перед посевом				
Контроль	0,68 ± 0,16	33,6 ± 0,1	18,0 ± 0,1	702± 14
Атмас - 1	0,73 ± 0,02	33,8 ± 0,2	18,0 ± 0,1	702 ± 17
Атмас - 2	0,77 ± 0,03	34,4 ± 0,1	18,5 ± 0,1	701 ± 15
Атмас - 3	0,86 ± 0,10	34,6 ± 0,8	19,6 ± 0,2	702 ± 6
Атмас - 4	0,91 ± 0,06	35,2 ± 0,3	20,4 ± 0,3	702 ± 11
Перед уборкой урожая				
Контроль	0,74 ± 0,01	31,6 ± 0,1	16,8 ± 1,0	701 ± 1
Атмас - 1	0,77 ± 0,01	35,0 ± 0,7	17,3 ± 0,5	700 ± 13
Атмас - 2	0,78 ± 0,09	34,7 ± 0,8	17,2 ± 0,3	702 ± 13
Атмас - 3	0,78 ± 0,07	35,7 ± 0,4	18,0 ± 0,1	702 ± 14
Атмас - 4	0,80 ± 0,01	33,6 ± 0,6	17,7 ± 0,3	702 ± 13

Содержание гумуса и макроэлементов в период от посева до уборки кукурузы имеет тенденцию к снижению, обусловленные потреблением растениями доступных форм азота, фосфора и калия.

По данным Grzyb A. и др. [14] содержание гумуса также может изменяться в зависимости от условий воз-

делывания и применения удобрений. Снижение содержания гумуса в почве обусловлено минерализацией органических соединений под действием почвенной микрофлоры, активным поглощением элементов питания корневой системой кукурузы, а также недостаточным поступлением пожнивных и корневых остатков.

Feng X. И др. [15] считают, что при внесении жидкого гуминового удобрения гуминовые кислоты переходят в почвенный раствор, где их функциональные группы ($-\text{COOH}$, $-\text{OH}$) диссоциируют и взаимодействуют с минеральной частью почвы. Основным механизмом - сорбция на глинистых минералах и оксидах Fe и Al с участием электростатических связей, лигандного обмена и «катионных мостиков» (особенно Ca^{2+}). Гуминовые вещества закрепляются на минеральных поверхностях, формируя органо-минеральные комплексы, что повышает устойчивость и плодородие почвы.

По данным Fan Yang и др. [16] формирование органо-минеральных ассоциаций изменяет поверхностные свойства почвенных коллоидов, способствует повышению их сорбционной ёмкости и регулирует удержание и доступность элементов минерального питания. Одновременно взаимодействие гуминовых веществ с минеральными частицами и катионами способствует формированию и стабилизации почвенных агрегатов, что может улучшать водно-воздушный режим и условия развития корневой системы.

По данным наших исследований, к периоду уборки кукурузы содержание общего гумуса в пахотном слое снижалось до 0,74–0,80% по сравнению с исходным уровнем (таблица 1). На вариантах с одно-, двух- и трехкратной некорневой подкормкой кукурузы (2-5) наблюдается повышение гумуса от 0,78% до 0,80%, соответственно.

На контрольном варианте без применения удобрений в пахотном слое количество легкогидролизуемого азота 31,6 мг/кг. На вариантах с некорневой подкормкой удобрением Атмас содержание азота выше от 33,6 до 35,0 мг/кг (таблица 1).

Drinkwater L.E. и др. [17] считают, что содержание легкогидролизуемого

азота в почве закономерно уменьшается от момента посева до периода созревания культур. Это связано с активным потреблением азота растениями, микробиологическими процессами и возможными потерями через вымывание или денитрификацию.

На контрольном варианте опыта в пахотном слое к фазе созревания кукурузы происходит уменьшение содержания подвижного фосфора до 16,8 мг/кг по сравнению с исходным содержанием 18,0 мг/кг. На остальных изучаемых вариантах с некорневой подкормкой удобрением Атмас содержание подвижного фосфора выше и находится на уровне 17,2–18,0 мг/кг. Grant C.A., и др. [18] подтверждают, что содержание подвижного фосфора в почве снижается в течение вегетации кукурузы из-за активного потребления в ранние фазы роста и развития.

В динамике содержания обменного калия в почве при возделывании кукурузы наблюдается закономерное снижение от исходного уровня до фазы созревания. Этот процесс обусловлен биологическим потреблением элемента растениями, физико-химическими превращениями в почве и влиянием агротехнических факторов [19].

На легких песчаных почвах Кербулакского района кукуруза активно поглощает калий на протяжении всего вегетационного периода, особенно в фазе бутонизации и цветения для регуляции водного режима и фотосинтеза, и уменьшается к периоду уборки. Некорневая подкормка способствует поддержанию обменного калия на уровне 702 мг/кг, так как калий подвержен вымыванию в нижние горизонты, особенно при орошении.

Влияние органического гуминового удобрения на рост, развитие и урожайность кукурузы.

Кукуруза на зерно характеризуется мощным стеблем, хорошо развитой

корневой системой, крупным початком с плотным расположением зерен, и выраженной метелкой, все эти морфологические признаки способствуют высокой урожайности и устойчивости к стрессам.

Метаанализ и полевые опыты Zixin Zhang и др. [20] показали, что гуминовые удобрения стимулируют раннее развитие генеративных органов

кукурузы, улучшают формирование початков и повышают урожайность зерна.

По данным наших исследований высота растений кукурузы в зависимости от фаз развития увеличивается от 13 до 198 см на контрольном варианте. Высота растений в зависимости от кратности некорневой подкормки находится на одном уровне (таблица 3).

Таблица 3 – Количество растений, высота растений по фазам развития кукурузы

Вариант	Количество растений, шт/м ²	Высота растений, см				
		Всходы	4-6 листьев	8-10 листьев	Выметывание	Уборка
Контроль	6	13	35	76	120	198
Атмас - 1	6	13	38	80	120	199
Атмас - 2	6	13	38	80	120	199
Атмас - 3	6	13	39	80	120	199
Атмас - 4	6	13	41	83	122	206

Основные показатели структуры початка кукурузы длина, диаметр, количество рядов и зерен зависят от генетических особенностей гибрида, густоты стояния растений, схемы размещения, условий питания, влагообеспеченности и температуры в фазу цветения и налива зерна [21].

Характеристика початков по вариантам полевого опыта в зависимости применения кратности некорневой подкормки представлена в таблице 4. Так, на контрольном варианте ширина початка составила 4,61 см,

а длина 20,80 см. На вариантах с некорневой подкормкой эти показатели выше: ширина от 4,68 до 5,05 см длина от 21,67 до 23,27 см.

В зависимости от размера початка изменяется и количественная характеристика. Количество рядов находится в пределах от 18,0 на контроле до 18,2 штук на изучаемых вариантах некорневой подкормки. Наблюдается увеличение количество семян в початке по всем вариантам опыта - от 698,5 (контроль) до 721,4 штук.

Таблица 4 – Основные показатели структуры початка кукурузы

№	Вариант	Ширина, см	Длина, см	Количество рядов, шт.	Количество зерен, шт.
1	Контроль	4,61	20,80	18,0	698,5
2	Атмас - 1	4,68	21,67	18,2	709,0
3	Атмас - 2	4,65	21,70	18,2	716,6
4	Атмас - 3	4,86	22,15	18,2	720,6
5	Атмас - 4	5,05	23,27	18,2	721,4

Структура початка влияет на показатели урожайности кукурузы. По данным наших исследований масса 1000 зерен кукурузы в контроле

составляет от 330 г до 406 г (таблица 5). На вариантах (2-5) с кратной некорневой подкормкой вес 1000 зерен выше от 360 до 406 г.

Таблица 5 – Урожайность кукурузы на зерно

№	Вариант	Масса 1000 зерен, г	Урожай зерна, т/га	Прибавка,	
				т/га	%
1	Контроль	330	12,6 ± 0,2	-	-
2	Атмас - 1	360	13,2 ± 0,1	0,6	4,7
3	Атмас - 2	360	14,0 ± 0,5	1,4	11,1
4	Атмас - 3	382	14,9 ± 0,3	2,3	18,3
5	Атмас - 4	406	15,9 ± 0,3	3,3	26,1
НСР ₀₅			1,56		

Некорневая подкормка органическим гуминовым удобрением оказала влияние на формирование урожая зерна кукурузы. Так, урожай зерна кукурузы на контрольном варианте без удобрений составил 12,6 т/га. Урожай зерна повышался от кратности некорневой подкормки от 13,2±0,1 до 15,9±0,3 т/га, при этом прибавка урожая составила от 0,6 до 3,3 т/га, в процентном выражении 4,7-26,1%.

Экономическая эффективность гуминовых удобрений при возделывании кукурузы.

Для расчета эффективности удобрения в агрономии используют систему показателей, отражающих влияние удобрений на урожай, питание растений и состояние почвы.

При возделывании кукурузы применяли гуминовые удобрения для обработки почвы и некорневой подкормки кукурузы. Стоимость 1 л органического гуминового удобрения Атмас состав-

ляет 15 тыс. тенге. Затраты на некорневую подкормку удобрением Атмас – 10 тыс. тенге/га. Закупочная цена 1 тонны зерна кукурузы 65 тыс. тенге.

Для оценки эффективности применения удобрений проведены расчеты по результатам наших исследований. Для расчета учитывали дополнительный урожай, стоимость прибавки зерна по вариантам опыта, затраты на приобретение и применение удобрений, условно чистый доход и рентабельность.

По результатам наших исследований наибольший условно чистый доход 114,5 тыс. т/га Тенге/га и рентабельность 115% получена на варианте Атмас – 4 с обработкой почвы и 3-х кратной некорневой подкормки кукурузы органическим гуминовым удобрением (таблица 6). На остальных вариантах с предпосевной и 1-2-х кратной некорневой подкормке рентабельность ниже 56-99%.

Таблица 6 – Экономическая эффективность некорневой подкормки кукурузы на зерно

Варианты опыта	Дополнительный урожай, т/га	Стоимость урожая, тыс. т/га	Общие затраты на некорневую подкормку, тыс. т/га	Условно чистый доход, тыс. т/га	Рентабельность, %
Атмас-1	0,6	39,0	25,0	14,0	56
Атмас-2	1,4	91,0	50,0	41,0	82
Атмас-3	2,3	149,5	75,0	74,5	99
Атмас-4	3,3	214,5	100,0	114,5	115

Применение гуминовых веществ на критическом этапе вегетации зерно-

вых культур может служить эффективным приемом повышения их урожай-

ности. Данная технология отличается простотой применения, экологической безопасностью и относительно низкими затратами, что обуславливает ее перспективность для повышения экономической эффективности производства зерна [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что внесение гуминового органического удобрения Атмас в почву в сочетании с однократной, двукратной и трехкратной некорневой подкормкой оказывает положительное влияние на свойства почвы, рост, развитие и урожайность кукурузы.

Гуминовые вещества способствовали повышению подвижности элементов питания, обеспечили более благо-

приятные условия для роста и развития кукурузы.

Применение гуминового удобрения в сочетании с некорневыми подкормками обеспечило достоверное увеличение урожайности зерна. Наибольший эффект наблюдался при двух- и трехкратной обработке, где прибавка урожая составила 18,3-26,1% по сравнению с контролем.

Оптимальной технологией для условий Кербулакского района является комбинированное применение гуминового удобрения в почву и двух-, трехкратная некорневая подкормка, что обеспечивает устойчивое повышение урожайности кукурузы при засушливом климате региона.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данная статья опубликована в рамках программно-целевого финансирования научных исследований Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2024-2026 годы по программе ИРН BR22885097 «Обеспечение рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в интенсивном земледелии на основе новых подходов в сохранении и воспроизводстве плодородия почв».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мировое производство кукурузы. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.yara.kz/crop-nutrition/maize/key-facts/world-production/> - Дата обращения: 26.07.2026.
2. Аграрный сектор [Электронный ресурс] Казахстан увеличил посевы кукурузы. - Режим доступа: <https://agrosector.kz/agriculture-news/kazakhstan-uvelichil-posevy-kuku-ruzy.html>. - Дата обращения: 26.07.2026.
3. Гармаш Н.Ю., Гармаш Г.А. Методические подходы к оценке качества гуминовых препаратов // Агрохимический вестник. - 2012. - №4. - С. 17-19.: - URL: <https://cyberleninka.ru/article/-n/metodicheskie-podhody-k-otsenke-kachestva-guminovyh-preparatov>.
4. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере. - Москва: Наука, 1997. - 237 с. - URL: https://www.studmed.ru/orlov-ds-otv-red-guminovye-veschestva-v-biosfere_9bdd72760ea.html.
5. Тихонов В.В., Якушев А.В., Завгородняя Ю.А., Бызов В.А., Демин В.В. Действие гуминовых кислот на рост бактерий // Почвоведение. - 2010. - №3. - С. 333-341. - URL: <https://naukarus.com/deystvie-guminovyh-kislot-na-rost-bakteriy>
6. Курманбаев А.А., Сүндет Т.Р. Концепция почвенного здоровья и современные индикаторы здоровья почв // Почвоведение и агрохимия. - 2023. - №2. - С. 91-106. - URL: https://doi.org/10.51886/1999-740X_2023_2_91.

7. Karabayev K.B., Suleimenov B.U., Smanov A.Zh., Zhakatayeva A.N., Ustemirova A.M., Zhassybayeva G.D., Dutbayev A.O. Growth and productivity of porumben corn hybrids with the Application of Bioecogum in southeast Kazakhstan // SABRAO Journal of Breeding and Genetics. - 2024. - Vol. 56. - No. 2. - P. 673-680. - DOI: 10.54910/sabrao2024.56.2.19.

8. Suleimenov B., Kaisanova G., Suleimenova M., Tanirbergenov S. Influence of organic humic fertilizer «Tumat» on the productivity of sugar beet // Agronomy. - 2024. - Vol. 14. - Art. 1100. - P. 1-21. - DOI: 10.3390/agronomy14061100.

9. Сулейменов Б., Танирбергенев С., Зәріп З., Мұсаева Қ., Кайсанова Г. Применение гуминовых удобрений при возделывании сои, озимой пшеницы и сахарной свеклы в условиях юго-востока Казахстана // Izdenister Natigeler. - 2025. - № 1 (105). - С. 439-451. - DOI: 10.37884/1-2025/47.

10. Ибраева М.А., Абай А.К., Токсейтов Н.М., Сулейменова А.И., Пошанов М.Н. Сравнительное изучение влияния применения биопрепаратов «Тумат» и «Биоэкогум» на гумусное состояние рисово-болотных почв // Почвоведение и агрохимия. - 2022. - №2. - С. 56-74. - DOI: https://doi.org/10.51886/1999-740X_2022_2_56

11. Пачикин К.М., Ерохина О.Г., Адамин Г.К., Ершибулов А.К., Сонгулов Е.Е. Почвы предгорных равнин хребта Малай-Сары и их деградация // Почвоведение и агрохимия. - 2018. - № 4. - С. 5-21.

12. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.kz.corteva.com/products-and-solutions/seeds/corn/p0937.html>. - Дата обращения: 22.07.2026.

13. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: МГУ, 1970. - 489 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://search.rsl.ru/#colf=04.10.2024>. - Дата обращения 22.07.2026.

14. Grzyb A., Wolna-Maruwka A., Niewiadomska A. Environmental Factors Affecting the Mineralization of Crop Residues // Agronomy. - 2020. - Vol. 10. - Art. 121951. - DOI: 10.3390/agronomy10121951.

15. Feng X., Simpson A.J., Simpson M.J. Chemical and mineralogical controls on humic acid sorption to clay mineral surfaces // Organic Geochemistry. - 2005. - Vol. 36. - P. 1553-1566. - DOI: 10.1016/j.orggeochem.2005.06.008.

16. Yang F., Tang C., Antonietti M. Natural and artificial humic substances to manage minerals, ions, water, and soil microorganisms // Chemical Society Reviews. - 2021. - Vol. 50. - № 10. - P. 6221-6239. - DOI: 10.1039/d0cs01363c.

17. Drinkwater L.E., Wagoner P., Sarrantonio M. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses // Nature. - 1998. - Vol. 396. - P. 262-265. - DOI: 10.1038/24376.

18. Grant C.A., Flaten D.N., Tomasiewicz D.J., Sheppard S.C. The importance of phosphorus in crop production and environment // Canadian Journal of Plant Science. - 2001. - Vol. 81. - № 3. - P. 211-228. - DOI: 10.4141/P00-093.

19. Römheld V., Kirkby E.A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects // Plant and Soil. - 2010. - Vol. 335. - P. 155-180. - DOI: 10.1007/s11104-010-0520-1.

20. Zhang Z., Wang J., Zhang K. et al. Integrating field experiments and meta-analysis to decipher the mechanisms underlying the yield-enhancing effect of humic acid on maize // Field Crops Research. - 2026. - Vol. 346. - Art. 110618. - DOI: 10.1016/j.fcr.2026.110618.

21. Sangoi L., Silva P.R.F., Argenta G. Influence of plant density and row spacing on maize grain yield and ear traits // *Agronomy Journal*. - 2002. - Vol. 94. - № 3. - P. 565-571. - DOI: 10.2134/agronj2002.5650.

22. Izquierdo J., Arriagada O., García-Pintos G., Ortiz R., García-Pintos M., García-Pintos M. Humic field biostimulation as a sustainable agricultural practice to increase yield of main grains: evidence from on-farm trials // *Frontiers in Plant Science*. - 2025. - Vol. 16. - Art. 1709876. - DOI: 10.3389/fpls.2025.1709876.

REFERENCES

1. Mirovye proizvodstvo kukuruzy [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.yara.kz/crop-nutrition/maize/key-facts/world-production/>. - Data obrashcheniya: 26.07.2026.

2. Agrarnyj sektor. Kazakhstan uvelichil posevy kukuruzy [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <https://agrosektor.kz/agriculture-news/kazakhstan-uvelichil-posevy-kukuruzy.html>. - Data obrashcheniya: 26.07.2026.

3. Garmash N.Yu., Garmash G.A. Metodicheskie podkhody k otsenke kachestva guminovykh preparatov // *Agrokhimicheskij vestnik*. - 2012. - № 4. - S. 17-19. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/-n/metodicheskie-podhody-k-otsenke-kachestva-guminovykh-preparatov>.

4. Orlov D.S. Guminovye veshchestva v biosfere. - Moskva: Nauka, 1997. - 237 s. - URL: https://www.studmed.ru/orlov-ds-otv-red-guminovye-veschestva-v-biosfere_9bdd72760ea.html.

5. Tikhonov V.V., Yakushev A.V., Zavgorodnaya Yu.A., Byzov B.A., Demin V.V. Deystvie guminovykh kislot na rost bakterij // *Pochvovedenie*. - 2010. - № 3. - S. 333-341. - URL: <https://naukarus.com/deystvie-guminovykh-kislot-na-rost-bakteriy>.

6. Kurmanbaev A.A., Sundet T.R. Kontseptsiya pochvennogo zdorov'ya i sovremennye indikatory zdorov'ya pochv // *Pochvovedenie i agrokhiimiya*. - 2023. - № 2. - S. 91-106. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_91.

7. K.B. Karabayev, B.U. Suleimenov, A.ZH. Smanov, A.N. Zhakatayeva, A.M. Ustemirova, G.D. Zhassaybayeva, A.O. Dutbayev. Growth and productivity of porumben corn hybrids with the Application of Bioecogum in southeast Kazakhstan // *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. - 2024. - Vol. 56. - № 2. - P. 673-680. - DOI: 10.54910/sabrao2024.56.2.19.

8. B. Suleimenov, G. Kaisanova, M. Suleimenova, S. Tanirbergenov. Influence of organic humic fertilizer «Tumat» on the productivity of sugar beet // *Agronomy*. - 2024. - Vol. 14. - Art. 1100. - P. 1-21. - DOI: 10.3390/agronomy14061100.

9. Sulejmenov B., Tanirbergenov S., Zarip Z., Musaeva K., Kajsanova G. Primenenie guminovykh udobrenij pri vzdelyvanii soi, ozimoy pshenitsy i sakharnoj svekly v usloviyakh yugo-vostoka Kazakhstana // *Izdenister Natigeler*. - 2025. - № 1 (105). - S. 439-451. - DOI: 10.37884/1-2025/47.

10. Ibraeva M.A., Abaj A.K., Toksejtov N.M., Sulejmenova A.I., Poshanov M.N. Sravnitel'noe izuchenie vliyaniya primeneniya biopreparatov «Tumat» i «Bioekogum» na gumusnoe sostoyanie risovo-bolotnykh pochv // *Pochvovedenie i agrokhiimiya*. - 2022. - № 2. - S. 56-74. - DOI: 10.51886/1999-740X_2022_2_56.

11. Pachikin K.M., Erokhina O.G., Adamin G.K., Ershibulov A.K., Songulov E.E. Pochvy predgornnykh ravnin khrebta Malaj-Sary i ikh degradatsiya // *Pochvovedenie i agrokhiimiya*. - 2018. - № 4. - S. 5-21.

12. [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.kz.corteva.com/products-and-solutions/seeds/corn/p0937.html>. - Data obrashcheniya: 22.07.2026.
13. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. - Moskva: MGU, 1970. - 489 s. [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <https://search.rsl.ru/#colf=04.10.2024>. - Data obrashcheniya: 22.07.2026.
14. Grzyb A., Wolna-Maruwka A., Niewiadomska A. Environmental Factors Affecting the Mineralization of Crop Residues // *Agronomy*. - 2020. - Vol. 10. - Art. 121951. - DOI: 10.3390/agronomy10121951.
15. Feng X., Simpson A.J., Simpson M.J. Chemical and mineralogical controls on humic acid sorption to clay mineral surfaces // *Organic Geochemistry*. - 2005. - Vol. 36. - P. 1553-1566. - DOI: 10.1016/j.orggeochem.2005.06.008.
16. Yang F., Tang C., Antonietti M. Natural and artificial humic substances to manage minerals, ions, water, and soil microorganisms // *Chem. Soc. Rev.* - 2021. - Vol. 50. - № 10. - P. 6221-6239. - DOI: 10.1039/d0cs01363c.
17. Drinkwater L.E., Wagoner P., Sarrantonio M. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses // *Nature*. - 1998. - Vol. 396. - P. 262-265. - DOI: 10.1038/24376.
18. Grant C.A., Flaten D.N., Tomasiewicz D.J., Sheppard S.C. The importance of phosphorus in crop production and environment // *Canadian Journal of Plant Science*. - 2001. - Vol. 81. - № 3. - P. 211-228. - DOI: 10.4141/P00-093.
19. Römhild V., Kirkby E.A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects // *Plant and Soil*. - 2010. - Vol. 335. - P. 155-180. - DOI: 10.1007/s11104-010-0520-1.
20. Zixin Zhang, Junxi Wang, Kangning Zhang et al. Integrating field experiments and meta-analysis to decipher the mechanisms underlying the yield-enhancing effect of humic acid on maize // *Field Crops Research*. - 2026. - Vol. 346. - Art. 110618. - DOI: 10.1016/j.fcr.2026.110618.
21. Sangoi L., Silva P.R.F., Argenta G. Influence of plant density and row spacing on maize grain yield and ear traits // *Agronomy Journal*. - 2002. - Vol. 94. - № 3. - P. 565-571. - DOI: 10.2134/agronj2002.5650.
22. Izquierdo J., Arriagada O., García-Pintos G., Ortiz R., García-Pintos M., García-Pintos M. Humic field biostimulation as a sustainable agricultural practice to increase yield of main grains: evidence from on-farm trials // *Frontiers in Plant Science*. - 2025. - Vol. 16. - Art. 1709876. - DOI: 10.3389/fpls.2025.1709876.

ТУЙІН

Б.У. Сулейменов^{1*}, С.И. Танирбергенов^{1*}, М.Ж. Кушанова¹, А.Т. Макашева¹,

М.Р. Тулегенова¹

ГУМИН ТЫҢАЙТҚЫШЫНЫҢ ЖЕТІСУ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ
ҚҰНАРЛЫЛЫҒЫНА ЖӘНЕ ЖҮГЕРІ ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

¹Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия

ғылыми-зерттеу институты, 050060, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75В,

Қазақстан, *e-mail: beibuts@mail.ru, tanir_sem@mail.ru

Қазақстанның оңтүстік шығысындағы сұр топырақтың гумустың төмен құрамымен, әлсіз құрылымымен және ылғалдың шектеулі сыйымдылығымен сипатталады. Бұл олардың табиғи құнарлылығының салыстырмалы түрде төмен деңгейін шарттайды және ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін шектейді. Егіншілікті интенсификациялау жағдайында өзекті міндет - жүгерінің астық өнімділігін арттырудың экологиялық таза

және үнемді әдістерін іздеу. Осы зерттеуде Атмас органикалық гумин тыңайтқышының жүгерінің өсуіне, дамуына және өнімділігіне әсері бағаланды. Гуминді тыңайтқышты қолдану өсімдіктердің дамуын ынталандырады және ризосферадағы қоректік заттардың қозғалғыштығын арттырады. Бұл тамыр жүйесінің қарқынды қалыптасуын қамтамасыз етеді, макро және микроэлементтердің сіңуін жақсартады және өсімдіктердің құрғақ климаттық стресстерге төзімділігін арттырады. Нәтижесінде астық өнімділігі 13,2-15,9 т/га дейін өсті, бұл бақылаумен салыстырғанда 4,7-ден 26,1% - ға дейін өсуді қамтамасыз етті. Осылайша, Атмас органикалық гумин тыңайтқышы егіннің тұрақты қалыптасуын, топырақтың агрохимиялық қасиеттерін жақсартуды және дақылдарды өсірудің экономикалық тиімділігін арттыруды қамтамасыз ететін сұр топырақ жағдайында жүгерінің астық өнімділігін арттырудың тиімді құралы болып табылады.

Түйінді сөздер: сұр топырақ, макроэлементтер, гуминді тыңайтқыш, дәнді жүгері, өнімділік.

SUMMARY

B. Suleimenov^{1*}, S. Tanirbergenov^{1*}, M. Kushanova¹, A. Makasheva¹, M. Tulegenova¹
THE EFFECT OF HUMIC FERTILIZER ON SOIL FERTILITY AND CORN YIELD
IN THE CONDITIONS OF ZHETYSU

¹*Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named after*

U.U. Uspanov, Almaty, al-Farabi avenue, 75B, Kazakhstan,

**e-mail: beibuts@mail.ru, tanir_sem@mail.ru*

Light sierozem of the south-east of Kazakhstan are characterized by a low humus content, weak structure and limited moisture capacity, which causes their relatively low level of natural fertility and limits the productivity of agricultural crops. In the context of agricultural intensification, an urgent task is to find environmentally safe and cost-effective ways to increase corn yields for grain. The present study evaluates the effect of organic humic fertilizer Atmos on the growth, development and productivity of corn. It has been established that the use of humic fertilizer stimulates plant development and increases the mobility of nutrients in the rhizosphere. This ensures a more intensive formation of the root system, improves the absorption of macro and microelements and helps to increase the resistance of plants to stress factors of the arid climate. As a result, grain yield increased to 13.2-15.9 t/ha, providing an increase from 4.7 to 26.1% compared with the control. Thus, Atmos organic humic fertilizer is an effective means of increasing corn productivity for grain in light sierozem, ensuring sustainable crop formation, improving the agrochemical properties of the soil and increasing the economic efficiency of crop cultivation.

Keywords: light gray soil, macronutrients, humic fertilizer, corn for grain, yield.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Сулейменов Бейбут Уалиханович – главный научный сотрудник отдела агрохимии, доктор сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0003-0507-8053>, e-mail: beibuts@mail.ru

2. Танирбергенов Самат Исембаевич – заместитель Председателя Правления, PhD, ассоциированный профессор, <https://orcid.org/0000-0002-6403-0984>, e-mail: tanir_sem@mail.ru

3. Кушанова М.Ж. – старший инженер-агрохимик отдела агрохимии, магистр, <https://orcid.org/0009-0000-9012-7504>, e-mail: m.kushanova86@mail.ru

4. Макашева Аклима Талгатовна – инженер-агрохимик отдела агрохимии, магистр, докторант, <https://orcid.org/0009-0009-4571-5767>, e-mail: aklimusha_m@mail.ru

5. Тулегенова Меруерт Рысбековна - инженер-агрохимик отдела агрохимии, <https://orcid.org/0000-0002-4483-2867>, e-mail: meruert.vip@mail.ru

MFTA: 68.35.51:68.37.29

DOI:10.51886/1999-740X_2026_3_72

Э.У. Тайшыбаева^{1*}, Ж.Ж. Мамырбеков¹, А.Т. Айтбаева¹, Б.Д. Зоржанов¹**ЖАҢА КЕШЕНДІ ЫНГ-Э ГЮНТУК БИОЛОГИЯЛЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШЫНЫҢ ҚАУЫН
ДАҚЫЛЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІ МЕН САПАСЫНА ЖӘНЕ ТОПЫРАҚ
ҚҰНАРЛЫЛЫҒЫНА ӘСЕРІ**

¹*«Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ҒЗИ» ЖШС «Қайнар» аймақтық филиалы,
040917, Алматы облысы, Қайнар, Қазақстан, *e-mail: ms.t.elvira701@mail.ru*

Аңдатпа. Берілген мақалада Оңтүстік Кореяда өндірілген Ынг-э Гюнтук биологиялық тыңайтқышының қауын егістерінің топырақ құнарлылығының көрсеткіштеріне, фитосанитарлық жағдайына, қауын өсімдіктерінің өсу үрдістеріне, дақылдың өнімділігіне және өнімнің сапасына әсері бойынша ғылыми нәтижелер келтірілді. Зерттеу барысында биологиялық препараттың қауын өсімдіктерінің фенологиялық даму кезеңдері мен биометриялық көрсеткіштеріне, жемістерінің өнімділігі мен сапалық көрсеткіштеріне әсері зерттеліп, анықталды. Зерттеу нәтижелеріне сәйкес, кешенді биопрепаратты қолдану қауын өсімдіктерінің биомасса қалыптастыруын қарқындатып, өсу үрдістері мен биохимиялық құрылымын жақсартып, топырақта макро- және микроэлементтер мөлшерін арттыратыны анықталды. Биологиялық препараттың қауын егістерінің фитосанитарлық жағдайына әсері анықталып, аса қауіпті нысан қауын шыбынына қарсы биологиялық және шаруашылық тиімділігі бойынша нәтижелер келтірілді. Өсімдіктерді биологиялық кешенмен бүркігенде, қауын шыбынына қарсы биологиялық тиімділік 87,42%, ал топыраққа енгізу арқылы қолданғанда 88,13% құрады. Ынг-э Гюнтук биотыңайтқышы қауын жемістерінің өнімділігін бақылау нұсқасымен салыстырғанда 28,0-32,6% жоғарылатты.

Түйінді сөздер: қауын, биологиялық кешенді тыңайтқыш, топырақ, құнарлылық, өнімділік, сапа көрсеткіштері, биоинсектицид, биологиялық тиімділік, шаруашылық тиімділік.

КІРІСПЕ

Қауын (*Cucumis melo*) Асқабақ ботаникалық тұқымдасына жататын біржылдық шөптесін өсімдік болып табылады. Жемісі көп тұқымды, жемісінің түсі де, пішіні де сортына байланысты әртүрлі болады, орташа салмағы ерте пісетін сорттарда 500 г бастап 2 кг дейін, ал кеш пісетін сорттарда 4-7 кг аралығында болады. Одан да ірі жемістер болуы мүмкін. Қауынның жемісінің құрамында 13-16% құрғақ заттар, 10-18% қант, 0,6% белок, каротин, С, РР және басқа да маңызды дәрумендер мен қоректік заттар бар. Қауын жемісі тұтынушылардың арасында үлкен сұранысқа ие өте дәмді өнім болып саналады. Қауын негізінен балғын күйінде пайдаланылады және сонымен қатар, қайта өңделген түрінде (қауынқақ, қауын тосабы, қауын шырыны және т.б.) тағамға қолданылады [1-4].

Қазақстанда қауынның егістік көлемі 45-50 мың га аралығында. Осы

алқаптардан 850-900 мың тонна көлемінде жалпы өнім алынады. Дақылдың орташа өнімділігі 17-18 т/га құрайды [5]. Қауынның үздік сорттарының өнімділігі 35-40 т/га және одан да көп өнім қалыптастыратынын ескерсек, қазіргі кезде алынып отырған өнімнің 2 еседен аса төмен екені байқалып тұр. Мұнда бірқатар негізгі себептер бар, солардың арасында топырақтың құнарлылығының төмендеуі, тыңайту жүйесінің дұрыс қолданылмауы және аса қауіпті карантиндік зиянкес қауын шыбынының егістіктерді қатты зақымдауы ерекше әсер етіп отыр. Бақша шаруашылығындағы, оның ішінде қауын өндірісіндегі аталған күрделі мәселелерді шешу өте маңызды. Тағы бір өзекті мәселе - қауын жемісінің сапасы. Өнім негізінен балғын күйінде тұтынылатындықтан экологиялық тұрғыдан қауіпсіз болуы шарт. Қауын жемістерінің құрамында пайдалы заттар көп болып, токсикологиялық қалдықтар (нитраттар, ауыр

металдар мен пестицидтердің қалдықтары) болмауы тиіс. Осы бағытта ғалымдар көптеген зерттеулер жүргізді [6-10].

Қазақстанда қауын өндірісі оңтүстік және оңтүстік-шығыс өңірлерде шоғырланған, осы аймақтарда агроклиматтық жағдайлар бақша шаруашылығын жүргізу үшін қолайлы және қауын өсіру дихандар үшін аса тиімді болып, негізгі табыс көзіне айналған. Қазір қауынның түрлі пісу мерзімдері және дәмдік қасиеттерімен ерекшеленетін 20 астам үздік отандық сорттары бар [11]. Жоғары қанттылығымен ерекшеленген қауын өнімдерінің экспорттық әлеуеті де айтарлықтай жоғары. Сонымен қатар, тұтынушылар үшін дәмдік сапасымен қатар, экологиялық қауіпсіз, биохимиялық құрамы байытылған, таза өнімдерді тұтыну маңыздылығы арта түсуде. Елімізде қауын өндірісі дәстүрлі технологиялар, яғни агрохимикаттар (минералдық тыңайтқыштар, пестицидтер) қолдану арқылы жүргізілуде, органикалық бағыт әлі дамыған жоқ. Қауынның өнімділігін күрт арттырып, пісіп-жетілуі мерзімдерін жасанды түрде жеделдету мақсатында агротехникалық шараларды жүйелі бұзу салдарынан сапасыз өніммен улану деректері жиі орын алып отыр. Осы орайда, қауынның экологиялық таза өнімін қалыптастыру мақсатында дәстүрлі бақша өндірісін биологияландыру үшін, жаңа заманауи биологиялық тыңайтқыштар, өсімдіктің өсуін үдеткіштер

мен қорғау жүйелері бойынша зерттеулер жүргізу аса өзекті болып табылады.

Жоғарыда көрсетілген мәселелерді ескере отырып, біздің зерттеулеріміз қауын дақылында жаңа Ынг-э Гюнтук (Оңтүстік Корея) кешенді биологиялық препаратының биологиялық және шаруашылық тиімділігі анықтауға бағытталды. Зерттеу нәтижелері биологиялық бақша өндірісінде жаңа агротехнологияларды жасақтауға мүмкіндік береді.

ӘДІСТЕМЕЛЕР ЖӘНЕ НЫСАНДАР

Зерттеу алқаптарының топырақтары күңгірт қарақоңыр, гранулометриялық құрамы бойынша - орташа саздақ. Топырақтың жыртылатын қабатының қара шірінді мөлшері - 2,9-3,0% құрайды; жалпы азот - 0,18-0,20%; жалпы фосфор - 0,19-0,20% және K_2O - 350-390 мг/кг. Сіңірілген негіздер жиынтығы - 100 г топыраққа 20-21 мг-экв. Көлемдік массасы - 1,1-1,2 кг/см³ Топырақ ерітіндісінің реакциясы - әлсіз-сілтілі, бейтарапқа жақын (рН=7,3-7,4). Топырақ әлсіз және орташа нығыздалған, көлемдік массасы 1,1-1,2 кг/см³ құрайды, ең төменгі су сиымдылығы - 26,6%. Топырақ құрылымы - борпылдақ, суғару барысында және жауын-шашын әсерінен ағып кетуге және суланудан кейін қатты қабық қалыптастыруға бейім келеді. Бұл топырақтың қабатындағы су және ауа түзімдерінің бұзылуына ықпал етіп, бірқалыпты өнім алуға кері әсерін тигізеді (кесте 1).

Кесте 1 - Зерттеу танабы топырағының агрохимиялық көрсеткіштері (күңгірт қарақоңыр)

Тереңдігі, см	Қарашірінді, %	Жалпы формалары, %			Жылжымалы формалары, мг/кг		рН	<0,01 мм кем бөлшектер жиыны, %
		азот	фосфор	калий	фосфор	калий		
0-20	3,03	0,20	0,20	2,3	33	360	7,3	39
20-30	2,90	0,18	0,20	2,4	24	350	7,3	41
30-45	1,80	0,14	0,18	2,2	17	330	7,4	44
45-60	1,40	0,10	0,16	1,9	-	-	-	-

Топырақ құрамы мына әдістер мен ГОСТ арқылы зерттелді: жеңіл гидролизденетін азот, мг/кг - Тюрин-Кононова әдісімен; жылжымалы фосфор (P2O5), мг/кг - ГОСТ 26205-91; алмаспалы калий (K2O), мг/кг - ГОСТ 26205-91; микроэлементтердің жылжымалы формалары (мг/кг) - KZ.07.00.03494-2017 п.13.

Препаратты сынау бойынша ғылыми-зерттеу тәжірибелері бақша экспериментальді зерттеу алқаптарында қауын шыбыны зиянды нысанының болмауына байланысты Алматы облысы, Жамбыл ауданы, «Жаңалық шаруа» қожалығы жағдайында 2024-2025 жж. аралығында қауын дақылында қойылды.

Қауынды себу сұлбасы - 2,8x0,5 м. Егіс алқаптарында қауынға минералды тыңайтқыштар N₁₂₀P₉₀K₉₀ мөлшерінде берілді.

Тәжірибе сұлбалары: T1 - Бақылау (тыңайтқышсыз); T2 - Ынг-э Гюнтук - 10,0 кг/га (топыраққа енгізу); T3 - Ынг-э Гюнтук - 0,6 кг/га (вегетация кезеңінде бүрку); T4 - Нурелл Д, к.э., 0,5 л/га (эталон).

Зерттеулерде қойылған міндеттерді жүзеге асыру үшін бақша шаруашылығында жалпы қабылданған классикалық әдістемелер қолданылды:

- Егістік тәжірибе әдістемесі [12].

- Көкөніс және бақша шаруашылығындағы тәжірибе ісінің әдістемесі [13].

Өсімдік шаруашылығында инсектицидтерді, акарицидтерді, биопрепараттар мен феромондарды тіркеулік сынақтардан өткізу бойынша әдістемелік сілтемелер (Алматы-Ақмола, 1997) [14].

Зерттеу нысандары: қауын дақылы, Ынг-э Гюнтук кешенді биотыңайтқышы, күңгірт қарақоңыр топырақ, қауын шыбыны, қауын өнімі.

Бақша дақылдарының агротехникасы институттың бақша саласындағы жетекші ғалымдарының Қазақстанның оңтүстік-шығыс өңірі үшін әзірлеген ұсыныстарына сәйкес жүзеге асырылды.

Тәжірибе алқаптарында қауынның отандық Жансая сорты өсірілді.

Фенологиялық бақылаулар қауынның келесі фенологиялық фазалары бойынша жүргізілді: көктеп шығу (жекелеген, жаппай), 3-4 нағыз жапырақтар, шатыр фазасы, негізгі сабақшаның пайда болуы, жанама мұртшалардың пайда болуы, аталық гүлдердің гүлдеуі, аналық гүлдердің гүлдеуі, жеміс қалыптастыруы, жемістердің пісіп жетілуі, техникалық пісіп-жетілуі.

Биометриялық зерттеулер келесі параметрлер бойынша жүргізілді: негізгі сабақшаның ұзындығы, жанамасабақшалардың саны, буынаралықтардың ұзындығы, жапырақ сағақтарының ұзындығы, жапырақтардың ені мен ұзындығы, гүлшоғырлар мен жемістердің саны, жемістердің орташа массасы.

Қауын өнімділігін есепке алу жұмыстары жемістерінің техникалық пісіп-жетілуі кезеңінде тұтас әдіспен мөлдектен құрылымын анықтай отырып барлық 4 қайталымнан анықталды.

Алынған зерттеу нәтижелерінің шынайылығын дәлелдеу үшін бір факторлы дисперсиялық талдау (ANOVA) және 95% сенімділік деңгейінде LSD мәндері есептеліп, STATISTICA 10 бағдарламасы бойынша статистикалық талдау жүргізілді.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Өндірушілердің (Оңтүстік Корея) ақпараттары бойынша, Ынг-э Гюнтук кешенді биологиялық препараты екі бағытта жұмыс істейді, атап айтқанда қауын өсімдіктерін қоректендіріп, өсу үрдістерін қарқындатады және қауын шыбынымен күресуде қолданылады, яғни, инсектицидті-қарқындатқыш әсерге ие. Таза биологиялық препарат, экологиялық қауын өндірісінде қолдануға жарамды.

Тәжірибе нұсқалары бойынша жүргізілген биометриялық талдаулар Ынг-э Гюнтук жаңа биологиялық препаратын 10 кг/га мөлшерінде топырақ-

қа енгізгенде қауын өсімдіктерінің негізгі пәлегі 136 см құрап, бақылау нұсқасымен салыстырғанда 32 см ұзарғаны (бақылауда - 104 см), өсімдіктердің жалпы массасы 170 граммға артқаны (800 г және 630 г), пәлектер массасы 227 граммнан 285 граммға жоғарылағаны анықталды. Яғни, сыналған препарат, қауын дақылының жасыл массасының қарқынды дамуына ықпал еткен. Бұны тәжірибеде жалпы өсім-

діктер санының 265 грамман (Т1) 360 граммға артуы (Т2) және өсімдіктердің 1 гектардағы жапырақ аумағының 38,4 мың² данадан 44,6 мың² данаға ұлғаюы да дәлелдейді. Сонымен қатар, есеп жүргізу барысында (техникалық пісіп-жетілуі) жеміс саны Т1 нұсқасымен салыстырғанда 24 данадан 3,8 данаға (Т2), ал олардың массасы 2,8 кг-нан 4,2 кг-ға сәйкесінше артқан (кесте 2).

Кесте 2 - Ынг-э Гюнтук кешенді биотыңайтқышының қауын өсімдіктерінің биологиялық массасының қалыптасуына әсері

Тәжірибе нұсқалары	Негізгі пәлектің ұзындығы, см	Бір өсімдіктің жалпы массасы, г	Жапырақтар массасы, г	Пәлектер массасы, г	Жапырақтар аумағы, см ²	Өсімдіктегі жемістер саны, дана	Жемістердің орташа салмағы, кг
T1	104,00 ± 1,63	630 ± 12,91	265 ± 12,91	227 ± 8,54	38,25 ± 1,71	2,5 ± 0,58	2,8 ± 0,21
T2	125,25 ± 1,71	774 ± 10,80	328 ± 7,26	250 ± 6,45	43,25 ± 0,96	3,2 ± 0,25	3,5 ± 0,08
T3	136,00 ± 1,22	800 ± 6,45	360 ± 3,70	285 ± 3,70	44,60 ± 0,18	3,8 ± 0,14	4,2 ± 0,08

Тыңайтқыштар құрамындағы макро- және микроэлементтердің жылжымалы формалары өсімдіктердің тіршілік әрекетінде айтарлықтай орын алады.

Қауын егістерінде Ынг-э Гюнтук биологиялық тыңайтқышын топыраққа енгізу (10 кг/га) арқылы қолданғанда

топырақ құрамындағы азот, фосфор және калий элементтерінің жылжымалы формалары деңгейі бақылау нұсқасымен салыстырғанда біршама көтерілген. Сонымен қатар, микроэлементтердің деңгейінің артқаны да анықталды (кесте 3).

Кесте 3 - Қауын тәжірибе танаптары топырағының құрамындағы макро- және микроэлементтердің жылжымалы түрлерінің деңгейі

Тәжірибе алқаптары (0-20 см)	Макроэлементтердің жылжымалы формасы, (мг/кг)			Микроэлементтердің жылжымалы формалары, (мг/кг)				
	N	P	K	Zn	Cu	Cd	Pb	Mn
T1	50,6	68	420	0,80	0,00	0,40	0,50	115,80
T2	54,4	73	450	2,10	0,80	0,50	1,00	121,30

Қауын тәжірибе алқаптарын карантиндік нысан - қауын шыбынына қарсы сыналған биопрепаратпен бүрку жұмыстары зиянкестің мониторинг жүргізу арқылы анықталған мерзіміне сәйкес өсімдіктердің жаппай гүлдеу-түйін салуы вегетациялық кезеңінде

0,6 кг/га есебінен жүргізілді. Есепке алу нәтижелері бойынша, Т1 (бүркусіз) нұсқасымен салыстырғанда, зиянкестер санының азаюы 1-тәулікте - 87,77%, 3-тәулікте - 90,24%, 7-тәулікте - 86,82%, 14-тәулікте - 84,85%-ды құрады.

Топыраққа сыналған препаратты 10 кг/га есебінен енгізгенде, қауын шыбынына қарсы биологиялық тиімділік бақылаумен салыстырғанда, 1-тәулікте - 88,20%, 3-тәулікте - 91,22%, 7-тәулікте - 87,43%, 14-тәулікте - 85,66% сәйкесінше құрады. Т4 нұсқасында (эталон) зиянкестер 3-тәулікте - 86,66%-ға, 7-тәулікте - 84,56%-ға, 14-тәулікте - 79,29%-ға азайды, сәйкесінше (кесте 4).

Бір факторлы статистикалық өң-

деу нәтижелері бақылау нұсқасы (Т1) мен сыналған препараттар (Т2-Т4) арасында сенімді айырмашылық болғанын көрсетті (ANOVA, $p \leq 0,05$). Ынг-э Гюнтук кешенді биологиялық препаратын тәжірибелік мақсатта қолданғанда өсімдіктерге және тәжірибе жүргізген ғылыми қызметкерлерге қарсы қандай да бір кері әсері байқалған жоқ. Тәжірибе нұсқалары бойынша өсімдіктердің күйзеліске ұшырауы байқалмады.

Кесте 4 - Ынг-э Гюнтук биологиялық препаратының шаруашылық тиімділігі

Тәжірибе нұсқалары	Қауын дақылының өнімділігі (т/га)					бақылауға қосымша өнім, %
	I	II	III	IV	орташа	
T1	18,0	16,8	15,5	19,7	17,5 ± 1,79	-
T2	21,7	23,5	22,0	22,4	22,4 ± 0,79	28,0
T3	24,0	21,5	23,0	24,3	23,2 ± 1,26	32,6
T4	20,0	21,5	22,0	20,5	21,0 ± 0,91	20,0
Тәжірибе дәлдігі: т%						3,16
EEA 0,95						2,06
LSD ($p < 0,05$): т/га						2,81

Биологиялық тыңайтқыш, өсуді үдеткіш, әрі биоинсектицидтік әсері бар кешенді препаратты топырақ арқылы және вегетациялық кезеңде қауын жапырақтарын бүрку арқылы енгізу, өсімдіктердің өсуінің қарқындылығы мен зиянды нысандардың азаюына ықпал етуіне байланысты, қауын егістерінің шаруашылық тиімділігін жоғарылатты. Кешенді биопрепаратты 10 кг/га (Т2) мөлшерінде топыраққа енгізгенде қауын өнімділігі бақылаумен (Т1) салыстырғанда 28,0% - (бақылауға қосымша) өнімділік көрсеткіші 20,0%-ды құрады. ANOVA және LSD нәтижелері бойынша Т1 мен Т2-Т4 арасындағы айырмашылық статистикалық тұрғыдан жоғары болғанын көрсетті ($p < 0,05$) (кесте 5).

Қауын дақылының сапалық көрсеткіштерінен дәмдік қасиеттері аса үлкен маңызға ие. Шырынды жемістердің татымды болуы өсімдіктерді қоректендіру жүйесіне тікелей байланысты болғандықтан, өнімде құрғақ заттар, жалпы қанттылық, нитрат көрсеткіш-

тері анықталды. Зертханалық талдау нәтижелері бойынша биотыңайтқышты қолданғанда, жеміс өнімдерінде бақылаумен (Т1) салыстырғанда құрғақ заттар, жалпы қанттылық, аскорбин қышқылы сияқты дәмдік қасиеттерді анықтайтын аса маңызды көрсеткіштердің артқаны тіркелді. Бақша дақылдары үшін нитрат көрсеткішінің қалыпты деңгейден артпауы аса маңызды. Белгілі болғандай, қауын өнімдірінің пісіп-жетілуін тездетіп, әрі өнімділігін арттыру мақсатында азот тыңайтқыштары еселеніп беріледі. Салдарынан сапасыз жеміс өнімдерімен улану қаупін тудырады. Біздің зерттеулерде қауын өсімдіктерін қоректендіру үшін биологиялық препарат Ынг-ю Гюнтук кешенін екі әдіспен қолданғанда, жемістердегі нитраттардың 1 кг шикі массаға шаққандағы көрсеткіштері 87,0 және 90,0 мг/кг құрап, рұқсат етілген шектеулі деңгейден ((90 мг/кг) аспады. Яғни, қауын өнімі экологиялық қауіпсіз болып есептеледі (кесте 6).

Кесте 5 - Ынг-э Гюнтук кешенді биопрепараттың қауын егістерінде қауын шыбынына қарсы биологиялық тиімділігі

Тәжірибе нұсқалары	Тәжірибе қайтала- нымдары	10 өсімдіктегі зиянкестер саны (дана)					Есеп жүргізу мерзіміндегі зиянкестер санының төмендеуі (%)			
		бүркуге дейін	есепке алу күндері				тәуліктер бойынша			
		1-	3-	7-	14-	1-	3-	7-	14-	
T1	1	3,1	3,3	3,5	3,8	4,2				
	2	1,9	2,1	2,3	2,5	2,9				
	3	1,8	3,5	3,3	2,6	3,8				
	4	3,2	1,9	3,0	3,7	3,3				-
	Орташа	2,5	2,7	2,9	3,15	3,55	-	-	-	
T2	1	2,5	0,29	0,33	0,40	0,55				
	2	2,8	0,41	0,27	0,48	0,59				
	3	2,1	0,39	0,25	0,45	0,60				
	4	3,2	0,31	0,35	0,43	0,54				
	Орташа	2,65	0,35	0,30	0,44	0,57	87,77	90,24	86,82	84,85
T3	1	3,0	0,30	0,29	0,36	0,50				
	2	2,9	0,34	0,32	0,40	0,54				
	3	3,2	0,29	0,30	0,42	0,48				
	4	2,7	0,35	0,33	0,34	0,56				
	Орташа	2,95	0,32	0,31	0,38	0,52	88,20	91,22	87,43	85,66
T4	1	2,9	0,32	0,35	0,42	0,58				
	2	3,1	0,45	0,41	0,47	0,61				
	3	3,2	0,34	0,36	0,40	0,55				
	4	2,2	0,41	0,40	0,48	0,62				
	Орташа	2,85	0,38	0,38	0,44	0,59	86,66	86,66	84,56	79,29
ANOVA results: W: 0.99										
p-value: < 0.001										

Кесте 6 - Ынг-э Гюнтук кешенді биологиялық препаратының қауын жемістерінің сапалық көрсеткіштеріне әсері

Тәжірибе нұсқалары	Құрғақ заттар, %	Жалпы қант, %	С дәрумені, мг%	Нитраттар мөлшері, мг/кг
T1	14,04	13,8	17,58	84
T2	15,00	14,6	17,89	87
T3	15,56	15,2	18,08	90

Биохимиялық талдау нәтижелері бойынша, биологиялық тыңайтылған жеміс өнімдерінде бақылаумен (T1) салыстырғанда құрғақ заттар 0,96-1,52%, жалпы қант мөлшері 0,8-1,4%, аскорбин қышқылы 0,31-0,5 мг% артып, нитраттар көрсеткіштерінің деңгейі қалыпты болғаны тіркелді - 90 мг/кг дейін (қауын дақылы үшін 1 кг шикі массаға шектеулі рұқсат етілген көрсеткіш).

ҚОРЫТЫНДЫ

Танаптық зерттеу нәтижелері Ынг-э Гюнтук биологиялық кешенді тыңайтқышын қауын дақылының егіс-тігінде қолдану экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді болып табылады. Жаңа Ынг-э Гюнтук биоорганикалық тыңайтқышы қауын өсімдіктерінің биомасса қалыптастыруын

қарқындатып, өсу үрдістері мен биохимиялық құрылымын жақсартты. Тәжірибе танабының топырағында макро-және микроэлементтер мөлшері артты. Ынг-э Гюнтук биотыңайтқышы қауын жемістерінің өнімділігін 28,0-32,6% өсірді. Өнімнің сапасы жақсарып, құрғақ заттар, жалпы қанттың және дәрумендердің мөлшері көбейді. Биопрепарат қауын егістері үшін аса қауіпті карантиндік нысан саналатын қауын шыбынына қарсы жоғары биологиялық тиімділік көрсетті - 87,42%. Қауын өнімділігін арттыру үшін және қауын шыбынына қарсы күресу мақсатында Оңтүстік Кореяда шыққан Ынг-э Гюнтук биотыңайтқышын 0,6 л/га (өсімдіктерді бүрку) және 10,0 кг/га (топыраққа енгізу) нормаларымен қолдану ұсынылады.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Ғылыми-зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2024-2026 жылдарға арналған BR 22885335 «Селекция, тұқым шаруашылығы, биотехнология және инновациялық агротехнология негізінде Қазақстанда картоп, көкөніс және бақша шаруашылығының тұрақты дамуын қамтамасыз ету» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыруы аясында жүзеге асырылды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Эренбург П.М., Гуцалюк Т.Г. Арбузы и дыни. - Алма-Ата: Кайнар, 1976. - 144 с.
2. Борисов В.А., Литвинов С.С., Романова А.В. Качество и лежкость овощей. - М., 2003. - С.436-451.
3. Гуцалюк Т.Г., Айтбаев Т.Е. Научное обеспечение бахчеводства Казахстана: история, современное состояние и перспективы развития. - Алматы, 2012. - 269 с.
4. Дютин К.Е. Генетика и селекция бахчевых культур/ ГНУ ВНИИОБ. - Изд. 2. - Астрахань, 2007. - С. 27-28.

5. Кенжегулова С.О., Серикбай М., Айтбаева А.Т., Кульжанова С.М. Қазақстанның оңтүстік-шығысы жағдайында биоорганикалық тыңайтқыштардың күңгірт-қарақоңыр топырақтың құнарлылық көрсеткіштеріне және қарбыздың өнімділігі мен сапасына әсері // С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық). - 2022. - № 2 (113). - Б. 227-237.
6. Buczkowska H., Sałata A., Nurzyńska-Wierdak R. Melon (*Cucumis melo* L.) Fruit Yield under Irrigation and Mycorrhiza Conditions // *Agronomy*. - 2023. - № 13(6). - P. 1-10. - DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13061559>.
7. Li N., Chen S., Yue W., Yan A. Effects of Combined Application of Vermicompost and Mineral Fertilizers on Melon Quality and Soil Environmental Quality // *Agronomy*. - 2025. - № 15(10). - P. 24-28. - DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15102428>.
8. Farooq M., Baig S., Honey S.F. Evaluation of host susceptibility, preference and offspring performance of *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) on different hosts // *Int. J. Trop. Insect. Sci.* - 2020. - № 40. - P. 93-99. - DOI: <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00056-z>.
9. Абдуллаева Х.З., Рахмонова Г.Р. Интегрированные методы защиты от дынной мухи и её экологические особенности // Бюллетень науки и практики. - 2018. - Т. 4, № 9. - С. 114-116.
10. Айтбаева А.Т., Зоржанов Б.Д., Мамырбеков Ж.Ж., Қошмағамбетова М.Ж., Жакатаева А.Н. Қазақстанның оңтүстік-шығысы жағдайында бақша дақылдары зиянды нысандарына қарсы экологиялық қауіпсіз пестицидтер, биологиялық препараттар мен төзімді сұрыптарды іріктеу және сынау // Вестник КазНУ. - 2022. - № 1 (70). - С. 56-70. - DOI: <https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v70.i1.06>.
11. Қазақстан Республикасында пайдалануға ұсынылған селекциялық жетістіктер Мемлекеттік тізбесі (ресми басылым). - Нұр-Сұлтан, 2022. - 128 б.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - М.: Колос, 1985. - 418 с.
13. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / под ред. В.Ф. Белика. - М., 1992. - 320 с.
14. Методические указания по проведению регистрационных испытаний инсектицидов, акарицидов, биопрепаратов и феромонов в растениеводстве. - Алматы - Акмола, 1997. - С. 11-26.

REFERENCES:

1. Erenburg P.M., Gusalük T.G. *Arbuzy i dyni*. - Alma-Ata: Kainar, 1976. - 144 s.
2. Borisov V.A., Litvinov S.S., Romanova A.V. *Kachestvo i lejkost ovoşei*. - М., 2003. - S. 436-451.
3. Gusalük T.G., Aitbaev T.E. *Nauchnoe obespechenie bahchevodstva Kazahstana: istoria, sovremennoe sostoianie i perspektivy razvitiia*. - Almaty, 2012. - 269 s.
4. Dütün K.E. *Genetika i seleksia bahchevyh kültur/ GNU VNİİOB*. - İzd. 2. - Astrahän, 2007. - S. 27-28.
5. Kenjegulova S.O., Serikbai M., Aitbaeva A.T., Küljanova S.M. Qazaqstannyñ oñtüstik-şyğysy jağdaiynda bioorganikalyq тыңайтқыштардың күңгірт-қарақоңыр топырақтың құнарлылық көрсеткіштеріне және қарбыздың өнімділігі мен сапасына әсері // S.Seifullin atyndaғы Qazaq agrotehnikalyq universitetiniñ Ғылым жаршысы (пәнаралық). - 2022. - №2 (113). - Б. 227-237.

6. Buczkowska H., Sałata A., Nurzyńska-Wierdak R. Melon (*Cucumis melo* L.) Fruit Yield under Irrigation and Mycorrhiza Conditions // *Agronomy*. - 2023. - № 13(6). - P. 1-10. - DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13061559>.
7. Li N., Chen S., Yue W., Yan A. Effects of Combined Application of Vermicompost and Mineral Fertilizers on Melon Quality and Soil Environmental Quality // *Agronomy*. - 2025. - № 15(10). - P. 24-28. - DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15102428>.
8. Farooq M., Baig S., Honey S.F. Evaluation of host susceptibility, preference and offspring performance of *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) on different hosts // *Int. J. Trop. Insect. Sci.* - 2020. - № 40. - P. 93-99. - DOI: <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00056-z>.
9. Abdullaeva H.Z., Rahmonova G.R. Integrirrovannye metody zaşity ot dynnoi muhi i eö ekologicheskie osobennosti // *Bülleten nauki i praktiki*. - 2018. - T. 4, № 9. - S. 114-116.
10. Ajtbaeva A.T., Zorzhanov B.D., Mamyrbekov Zh.Zh., Qoshmagambetova M.Zh., Zhakataeva A.N. Qazaqstanniñ Oñtüstik-Shyğysy Zhağdajynda Baqşa Daqıldary Ziyandy Nysandaryna Qarsy Ekologiyalyq Qauipsiz Pesticidter, Biologiyalyq Preparattar Men Tözimdi Süryptardy Irikteu Zhäne Synau // *Vestnik KazNU*. - 2022. - № 1 (70). - S. 56-70. - DOI: <https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v70.i1.06>.
11. Qazaqstan Respublikasynda Pajdalanuğa Usynylğan Selekciyalyq Zhetistikterdiñ Memlekettik Tizbesi (Resmi Basylym). - Nur-Sultan, 2022. - 128 p.
12. Dosphehov B.A. Metodika Polevogo Opyta (s Osnovami Statisticheskoy Obrabotki Rezultatov Issledovaniy). - M.: Kolos, 1985. - 418 s.
13. Metodika Opytnogo Dela v Ovoshevodstve i Bahchevodstve / Pod Red. V.F. Belika. - M., 1992. - 320 s.
14. Metodicheskie Ukazaniya po Provedeniyu Registratsionnyh Ispytaniy Insekticidov, Akaricidov, Biopreparatov i Ferromonov v Rastenievodstve. - Almaty-Akmola, 1997. - S. 11-26.

РЕЗЮМЕ

Э.У. Тайшыбаева^{1*}, Ж.Ж. Мамырбеков¹, А.Т. Айтбаева¹, Б.Д. Зоржанов¹
ВЛИЯНИЕ НОВОГО КОМПЛЕКСНОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ
ЫНГ-Э ГЮНТУК НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КУЛЬТУРЫ ДЫНИ,
И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ

¹Региональный филиал «Кайнар» ТОО «Казахского НИИ плодовоовощеводства»,
040917, Алматинская область, п. Кайнар, Казахстан,

*e-mail: ms.t.elvira701@mail.ru

Аннотация. В данной статье приведены научные результаты по влиянию биологического удобрения Ынг-э Гюнтук на показатели почвенного плодородия посевов дыни, фитосанитарное состояние, процессы роста и развития растений дыни, продуктивность культуры и качество продукции. В процессе исследований было изучено и определено влияние биологического препарата на фенологические фазы развития и биометрические показатели растений дыни, урожайность и качество плодов. По результатам исследований, соответственно было выяснено, что применение комплексного биопрепарата усиливает формирование биомассы растений дыни, улучшает ростовые процессы и биохимический состав, повышая содержание макро- и микроэлементов в почве. Было установлено влияние биологического препарата на фитосанитарное состояние посевов дыни и приведены результаты по биологической и хозяйственной эффективности против особо опасного объекта - дынной мухи. При обработке растений

биологическим комплексом, биологическая эффективность против дынной мухи составила 87,42%, при использовании способом внесения в почву - 88,13%. Биологическое удобрение Ынг-э Гюнтук повысило урожайность плодов дыни на 28,0-32,6% в сравнении с контролем.

Ключевые слова: дыня, комплексное биологическое удобрение, почва, плодородие, урожайность, показатели качества, биоинсектицид, биологическая эффективность, хозяйственная эффективность.

SUMMARY

E.U. Taishybaeva^{1*}, Zh.Zh. Mamyrbekov¹, A.T. Aitbayeva¹, B.D. Zorzhanov¹

INFLUENCE OF A NEW COMPLEX BIOLOGICAL FERTILIZER YNG-E GYUNTUK ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF MELON CROP AND SOIL FERTILITY

¹*Regional Branch "Kainar", LLP "Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing", 040917, Kainar village, Almaty region, Kazakhstan, *e-mail: ms.t.elvira701@mail.ru*

This article presents the scientific results on the effect of the biological fertilizer "Yng-e Gyuntuk" on soil fertility parameters in melon crops, phytosanitary condition, plant growth and development processes, crop productivity, and fruit quality. The study investigated and established the influence of the biological preparation on the phenological stages of development, biometric characteristics of melon plants, yield, and quality indicators of fruits. The results demonstrated that the application of the complex biopreparation enhances biomass accumulation in melon plants, improves growth processes and biochemical composition, and increases the content of macro- and micronutrients in the soil. The effect of the biological product on the phytosanitary condition of melon crops was also determined, and data on its biological and economic efficiency against a particularly harmful pest - the melon fly are presented. When plants were treated with the biological complex, the biological efficiency against the melon fly reached 87.42%, while soil application resulted in 88.13% efficiency. The biological fertilizer Yng-e Gyuntuk increased melon yield by 28.0-32.6% compared to the control.

Keywords: melon, complex biological fertilizer, soil, fertility, yield, quality indicators, bioinsecticide, biological efficiency, economic efficiency.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

1. Тайшыбаева Эльвира Узаковна - Ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, көкөніс және бақша дақылдары селекциясы бөлімінің жетекші ғылыми қызметкері, <https://orcid.org/0000-0002-3227-719X>, e-mail: ms.t.elvira701@mail.ru

2. Мамырбеков Жарас Жолдыбаевич - PhD докторы, ЖШС «Қайнар» аумақтық филиалының директоры, <https://orcid.org/0000-0002-3702-1871>, e-mail: mamyrbekov.zh70@mail.ru

3. Айтбаева Акбопе Темиржановна - PhD докторы, қауымдастырылған профессор, көкөніс дақылдарын өндіру технологиялары бөлімінің жетекші ғылыми қызметкері, <https://orcid.org/0000-0003-3829-2937>, e-mail: aitbayeva_at@mail.ru

4. Зоржанов Берик Докторханович - PhD докторы, көкөніс дақылдарын өсіру технологиялары бөлімінің меңгерушісі, <https://orcid.org/0000-0002-1552-7505>, e-mail: berik_zorzhanov@mail.ru

ГРНТИ 68.33.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_3_82

С.И. Танирбергенов¹, К.М. Тыныбаева^{1*}, С.О. Базарбаев^{1*}, М.К. Жумагулова¹,
Ж.П. Бимурза^{1,2}, М.Р. Тулегенова¹

**ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ И
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ И
ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ОБЛАСТИ ЖЕТИСУ**

¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан,

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050010, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан,

*e-mail: kurash_88@mail.ru, sultan-13_01@mail.ru

Аннотация. Исследование посвящено оценке влияния минеральных удобрений и биопрепаратов на агрохимические свойства светло-каштановой почвы и продуктивность ярового ячменя в богарных условиях области Жетісу. Цель исследования - оценить влияние различных систем удобрения на агрохимические показатели почвы, рост и урожайность ярового ячменя. Полевой опыт проводили в трехкратной повторности с использованием минерального фона $N_{60}P_{90}K_{80}$ и биопрепаратов БиоЭкоГум, BIOGRANO Forte, BioAzo-Phashit и БиоФос при их самостоятельном и совместном применении. Определяли содержание общего гумуса, нитратного и легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора, обменного калия, карбонатов и реакцию почвенной среды, а также показатели роста растений и урожайность зерна. Применение удобрений не оказало существенного влияния на содержание гумуса и реакцию почвенной среды, но сопровождалось изменениями содержания доступных форм элементов питания. Наибольшее содержание нитратного азота (24,0 мг/кг) и подвижного фосфора (26,5 мг/кг) отмечено при $N_{60}P_{90}K_{80}$ +BioAzo-Phashit. Максимальная высота растений (51,3±1,1 см) сформировалась при $N_{60}P_{90}K_{80}$ +БиоЭкоГум. Наибольшая урожайность зерна (11,3 ц/га) и достоверная относительно контроля прибавка урожая (3,3 ц/га или 41,2%) получены при $N_{60}P_{90}K_{80}$ +BIOGRANO forte. При самостоятельном применении биопрепаратов урожайность составляла 8,87-9,56 ц/га, а прибавки относительно контроля не превышали наименьшую существенную разность. Статистически подтверждено влияние минерального питания на урожайность ярового ячменя, тогда как дополнительное влияние биопрепаратов при их совместном применении с минеральными удобрениями не установлено.

Ключевые слова: яровой ячмень, биопрепараты, минеральные удобрения, светло-каштановая почва, агрохимические показатели, урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является одной из важнейших зерновых культур благодаря высокой адаптивности к различным почвенно-климатическим условиям, короткому вегетационному периоду и универсальности использования. Археогенетические исследования свидетельствуют, что его одомашнивание произошло около 10 тыс. лет назад в регионе Плодородного полумесяца, откуда культура распространилась в Европу и Центральную Азию [1].

В настоящее время ячмень занимает четвертое место в мире по площади посевов среди зерновых культур после пшеницы, риса и кукурузы. По данным FAOSTAT, мировая площадь его посевов составляет около 76 млн га, а производство превышает 150 млн т. В Казахстане в 2024 году площадь посевов ячменя достигла 2,283 млн га, при валовом сборе 3,84 млн т, что подчеркивает его значение для кормовой базы и продовольственной безопасности страны [2].

Продуктивность ячменя во многом зависит от обеспеченности растений доступными формами азота, фосфора и калия. Их интенсивное потребление начинается на ранних этапах роста, поэтому оптимизация системы удобрения является важным фактором формирования урожая и сохранения плодородия почв [3]. Вместе с тем длительное применение только минеральных удобрений не всегда обеспечивает устойчивое повышение продуктивности агроэкосистем, что обуславливает поиск экологически безопасных технологий питания растений.

В связи с этим возрастает интерес к биологическим препаратам, содержащим азотфиксирующие, фосфатмобилизирующие и ростостимулирующие микроорганизмы. Их применение способствует активизации микробиологических процессов в ризосфере, повышению доступности элементов питания, развитию корневой системы, эффективности использования минеральных удобрений и устойчивости растений к абиотическим стрессам [4-7]. Совместное применение биопрепаратов и минеральных удобрений может обеспечивать более эффективное использование азота и фосфора, улучшать агрохимические свойства почвы и повышать урожайность зерновых культур [8].

Научная новизна исследования заключается в установлении дифференцированной эффективности биологических препаратов БиоЭкоГум, BIOGRANO Forte, BioAzoPhashit и БиоФос в сочетании с минеральным фоном $N_{60}P_{90}K_{80}$ на светло-каштановой почве области Жетісу. Наиболее эффективным оказалось сочетание $N_{60}P_{90}K_{80}$ +BIOGRANO Forte, обеспечившее урожайность ярового ячменя 11,3 ц/га, что на 41,2% выше минерального фона. Установлена также различная эффективность препаратов в отношении обеспеченности почвы элементами питания и роста растений.

Цель исследования - оценить эффективность биологических препаратов в сочетании с $N_{60}P_{90}K_{80}$ и определить их влияние на агрохимические свойства светло-каштановой почвы, рост и урожайность ярового ячменя в условиях области Жетісу.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены в 2025 году на опытном поле ТОО «Кызылшоқы» в Кербулакском районе области Жетісу в условиях необеспеченной богары. Почва опытного участка - светло-каштановая.

Координаты опытного участка: $44^{\circ}13'53,9''$ N, $77^{\circ}52'32,1''$ E (рисунок 1).



Рисунок 1 – Карта размещения опытного поля ярового ячменя

Погодные условия в период вегетации ярового ячменя в 2025 году характеризовались повышенным температурным режимом и выраженным дефицитом атмосферных осадков по сравнению со среднегодовыми значениями (таблица 1).

Среднемесячная температура воздуха в апреле составила 14,4°C, что на 1,8°C превышало среднегодовое значение (12,6°C). В мае температура воздуха (17,7°C) практически соответствовала климатической норме (17,9°C). Наиболее существенные отклонения наблюдались в июне и июле, когда средняя температура воздуха достигла соответственно 28,9 и 30,1°C, превысив среднегодовые значения на 3,6 и 2,4°C.

Распределение атмосферных осадков в 2025 году существенно отличалось от среднегодового. В апреле выпало 41,4 мм осадков, что превышало климатическую норму (35,14 мм) на 17,8%. Однако в последующие месяцы отмечался выраженный дефицит влаги. В мае количество осадков составило 19,7 мм, что почти в два раза ниже среднегодового значения (39,32 мм). В июне выпало лишь 8,4 мм осадков против среднегодовых 28,91 мм, а в июле - 4,73 мм при норме 16,73 мм.

Годовое количество атмосферных осадков в 2025 году составило 186,0 мм, что на 106,3 мм (36,4%) ниже среднегодовой нормы (292,3 мм). Это свидетельствует о формировании выражено засушливых условий в течение года.

Таблица 1 – Среднегодовые и фактические значения температуры воздуха и количества атмосферных осадков в период вегетации ярового ячменя

Показатель	Апрель	Май	Июнь	Июль	Сумма осадков за период, мм
Среднегодовая температура воздуха, °C	12,6	17,9	25,3	27,7	-
2025 г.	14,4	17,7	28,9	30,1	-
Отклонение	+1,8	- 0,2	+3,6	+2,4	-
Среднегодовые осадки, мм	35,14	39,32	28,91	16,73	120,1
2025 г.	41,4	19,7	8,4	4,73	74,23

Светло-каштановые почвы формируются в предгорной пустынно-степной зоне на высоте 700–800 м над уровнем моря под эфемероидно-типчаково-полынной растительностью. По гранулометрическому составу они представлены средними и тяжелыми суглинками, мощность гумусового горизонта составляет около 50 см. Характерной особенностью почв является высокая карбонатность: вскипание наблюдается с поверхности, а карбонатные выделения в виде пятен и плесени - с глубины 50–60 см и выше. Грунтовые воды залега-

ют глубоко и не оказывают существенного влияния на почвообразование [9].

Агрохимические показатели почвы до закладки опыта закономерно изменялись по профилю 0–20 и 20–40 см вследствие процессов миграции и аккумуляции элементов питания. Содержание гумуса составляло 1,19% в пахотном и 0,94% в подпахотном слое, характеризуя почву как очень низко гумусную (таблица 2). Содержание нитратного азота в слое 0–20 см составляло 12,3 мг/кг, что соответствует умеренной обеспеченности почвы доступными

формами азота. В подпахотном слое (20-40 см) содержание нитратного азота существенно снижалось и составляло

3,5 мг/кг, это возможно объясняется вымыванием нитратов вниз по профилю.

Таблица 2-Исходные агрохимические показатели светло-каштановой почвы, 2025 г.

Глубина, см	Содержание гумуса, %	Подвижные формы, мг/кг				Валовые формы, %		CO ₂ , %	pH
		N-NO ₃	Nлг	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅		
0-20	1,19	12,3	53	14	318	0,0	0,12	2,02	7,74
20-40	0,94	3,5	50	6	193	0,06	0,12	4,21	7,79

Содержание легкогидролизуемого азота было повышенным и составляло 53 мг/кг в слое 0-20 см и 50 мг/кг в слое 20-40 см, обеспеченность подвижным фосфором была низкой (14 мг/кг) и очень низкой (6 мг/кг), соответственно по слоям. Содержание обменного калия оценивалось как повышенное и низкое (318-193 мг/кг). Валовой азот изменялся от 0,09 до 0,06%, валовой фосфор составлял 0,12%. Содержание CO₂ карбонатов составляло 2,02% в слое 0-20 см и увеличивалось до 4,21% в слое 20-40 см, что свидетельствует об увеличении карбонатности с глубиной почвенного профиля. Реакция почвенного раствора слабощелочная – pH=7,74-7,79.

Анализ почв выполнен по общепринятым методикам и ГОСТам: содержание гумуса - по Тюрину (ГОСТ 26213-91); нитратов ионометрическим методом, легкогидролизуемый азот, метод Тюрина-Кононовой; подвижный фосфор (P₂O₅) и обменный калий (K₂O), по методу Мачигина в модификации ЦИНАО -26205-91; pH (водный) - ГОСТ-26423-85; CO₂ карбонатность почвы - кальцимет-рическим методом.

Объект исследования яровой ячмень - раннеспелый сорт «Байшешек». Вегетационный период 72-79 дней, устойчив к полеганию. Формирует урожайность 12,5-36,0 ц/га. Масса 1000 зерен - 43,7-55,4 г. [10]. Посев ярового ячменя проведен 18.04.2025 г. Норма высева 3,0-3,5 млн всхожих семян на гектар (140-160 кг/га).

Полевой опыт заложен на 10 вариантах в трехкратной повторности, всего 30 учетных делянок. Площадь учетной делянки - 80 м² (8×10 м). Между делянками и повторностями предусматривались защитные полосы шириной 1 м.

Схема опыта: Контроль - без удобрений; N₆₀P₉₀K₈₀ - фон; Фон+БиоЭкоГум; Фон+BIOGRANO Forte; Фон+BioAzoPhashit; Фон+БиоФос; БиоЭкоГум; BioAzoPhashit; BIOGRANO Forte БиоФос.

Норма минеральных удобрений установлена с учетом исходной агрохимической характеристики почвы, обеспеченности доступными элементами питания и рекомендаций по возделыванию ярового ячменя на светло-каштановых почвах области Жетісу.

Азотные удобрения вносили дробно: 30% нормы - до посева и 70% - дробно в период вегетации в виде подкормки. Фосфорные и калийные удобрения вносили при основной обработке почвы. Использовали аммиачную селитру (34% N), аммофос (12% N и 52% P₂O₅) и сульфат калия (50% K₂O).

Биологические препараты применяли путем внекорневого опрыскивания в фазы кущения и выхода в трубку. Нормы расхода составляли: БиоЭкоГум 3,0 л/га; BIOGRANO Forte 1,5 л/га; BioAzoPhashit 2,0 л/га; БиоФос 2,0 л/га. Расход рабочего раствора составлял 200 л/га.

БиоЭкоГум - жидкое гуминовое удобрение на основе вермикомпоста, содержащее 20% гуминовых веществ,

макро- и микроэлементы. BIOGRANO Forte - микробиологический препарат на основе бактерий рода *Bacillus spp.* с концентрацией не менее 1×10^9 КОЕ/мл. BioAzoPhashit содержит азотфиксирующие и фосфатмобилизирующие микроорганизмы. БиоФос представляет собой фосфатмобилизирующий препарат на основе бактерий рода *Pseudomonas spp.*, содержащий 60% органического вещества, 3% общего азота, 30% P_2O_5 и 1,3% K_2O .

Статистическую обработку проводили в программной среде R с использованием дисперсионного анализа по Доспехову [11]. Влияние варианта удобрения и глубины почвы оценивали методом двухфакторного ANOVA с

расчетом F-критерия и p-value. При выявлении достоверных различий применяли критерий Tukey HSD. Взаимосвязи между агрохимическими показателями определяли корреляционным анализом. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Агрохимический анализ светло-каштановой почвы в конце вегетационного периода показал различия между вариантами опыта преимущественно по содержанию доступных форм элементов питания, тогда как содержание общего гумуса и реакция почвенной среды изменялись в сравнительно узком диапазоне (таблица 3).

Таблица 3 - Агрохимическая характеристика светло-каштановой почвы в конце вегетации, 2025 г.

Варианты	Глубина, см	Общ. гумус, %	Подвижные формы, мг/кг				pH
			N-NO ₃	N _{лг.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль – без удобрений	0-20	1,22	9,5	31,3	15,0	310	8,53
	20-40	0,85	3,5	46,2	9,0	245	8,51
N ₆₀ P ₉₀ K ₈₀ (фон)	0-20	1,22	19,4	54,6	17,5	230	8,51
	20-40	0,90	8,1	51,2	7,0	130	8,51
Фон + БиоЭкоГум	0-20	1,22	15,7	61,6	26,0	265	8,53
	20-40	0,90	4,3	57,4	7,0	180	8,51
Фон + BIOGRANOforte	0-20	1,19	7,7	49,0	18,0	330	8,58
	20-40	0,97	5,0	56,0	7,0	175	8,51
Фон + BioAzoPhashit	0-20	1,14	24,0	60,2	26,5	275	8,52
	20-40	0,90	11,0	49,0	17,0	205	8,49
Фон + БиоФос	0-20	1,04	10,0	53,2	26,0	250	8,56
	20-40	0,85	4,3	42,0	11,0	150	8,54
БиоЭкоГум	0-20	1,21	5,8	44,8	14,0	280	8,52
	20-40	0,90	5,4	37,8	7,0	180	8,52
BIOGRANO forte	0-20	1,10	4,4	44,8	14,0	255	8,58
	20-40	0,84	5,5	39,2	7,0	170	8,55
BioAzoPhashit	0-20	1,09	4,6	43,4	11,0	245	8,54
	20-40	0,84	5,9	33,6	5,0	150	8,54
Биофос	0-20	1,08	6,9	64,4	14,0	255	8,65
	20-40	0,88	4,4	43,4	7,5	165	8,49

Содержание общего гумуса изменялось незначительно и составляло 1,04-1,22% в слое 0–20 см и 0,84–0,97% в слое 20–40 см. Существенного влияния минеральных удобрений и биопрепаратов не установлено, что может быть связано с относительной устойчивостью гумусовых соединений и кратковременностью периода исследований. Аналогичные результаты отмечены в зарубежных исследованиях [12], где гумус характеризуется как относительно консервативный показатель плодородия.

Содержание нитратного азота (N-NO_3) варьировало от 4,4 до 24,0 мг/кг в слое 0–20 см и от 3,5 до 11,0 мг/кг в слое 20–40 см. Максимальные значения отмечены при совместном применении $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BioAzoPhashit - 24,0 и 11,0 мг/кг, соответственно, что в 2,5 и 3,1 раза выше контроля. Более низкое содержание доступного азота при самостоятельном применении биопрепаратов указывает на повышение их эффективности на фоне минерального питания. Полученные результаты согласуются с данными [13] о способности азотфиксирующих микроорганизмов активизировать биологическую фиксацию азота и минерализацию органического вещества.

Применение удобрений существенно изменяло содержание доступных форм элементов питания. Максимальное содержание легкогидролизуемого азота отмечено при применении БиоФос (64,4 мг/кг), а среди комбинированных вариантов - при $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + БиоЭкоГум (61,6 мг/кг) и $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BioAzoPhashit (60,2 мг/кг). Наибольшее содержание подвижного фосфора установлено на варианте $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BioAzoPhashit - 26,5 мг/кг в слое 0–20 см и 17,0 мг/кг в слое 20–40 см. Максимальное содержание обменного калия (330 мг/кг) отмечено на варианте $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BIOGRANO Forte. В целом наиболее сбалансированную обеспечен-

ность почвы доступными элементами питания обеспечило сочетание $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BioAzoPhashit.

Статистический анализ подтвердил, что наиболее выраженные различия агрохимических показателей были связаны с глубиной почвы и содержанием подвижного фосфора. Глубина почвы статистически значимо влияла на содержание N-NO_3 ($F=9,012$; $p=0,0149$) и особенно P_2O_5 ($F=50,588$; $p<0,001$): средние значения снижались с 10,80 до 5,74 мг/кг и с 18,20 до 8,45 мг/кг соответственно при переходе от слоя 0–20 к 20–40 см. Для P_2O_5 также установлено статистически значимое влияние варианта удобрения ($F=3,841$; $p=0,0289$). По критерию Тьюки содержание P_2O_5 в варианте $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BioAzoPhashit было статистически значимо выше, чем при самостоятельном применении BioAzoPhashit ($p=0,0283$). В то же время влияние варианта удобрения на содержание общего гумуса ($F=0,980$; $p=0,512$) и $\text{N}_{\text{лг}}$ ($F=2,265$; $p=0,120$) статистически значимым не было.

Полученный результат согласуется с данными литературы о возможности изменения доступности почвенного фосфора при применении фосфатмобилизирующих микроорганизмов [14, 15]. Вместе с тем микробиологические процессы в настоящем исследовании непосредственно не определялись, поэтому установленное различие характеризует изменение агрохимического состояния почвы и не рассматривается как прямое доказательство механизма мобилизации фосфора.

Реакция почвенной среды во всех вариантах оставалась щелочной, pH в конце вегетации составлял 8,49–8,65 при исходных значениях 8,46–8,48, что свидетельствует об отсутствии выраженного изменения реакции среды за период исследования.

Корреляционный анализ агрохимических показателей (рисунок 2) выявил преимущественно положительный

характер взаимосвязей. Наиболее выраженная положительная корреляция отмечена между содержанием N-NO₃ и P₂O₅ ($r=0,75$), а также между P₂O₅ и K₂O ($r=0,67$). Умеренные положительные связи установлены между гумусом и K₂O ($r=0,51$), N_{лг} и P₂O₅ ($r=0,49$), а также N-NO₃ и N_{лг} ($r=0,46$). Для остальных показателей коэффициенты корреляции

были преимущественно низкими. Связи гумуса с N-NO₃ ($r=-0,12$) и N-NO₃ с pH ($r=-0,14$) были отрицательными и очень слабыми. В целом корреляционный анализ указывает на сопряженную изменчивость отдельных показателей питательного режима почвы, однако выявленные связи не следует интерпретировать как причинно-следственные.

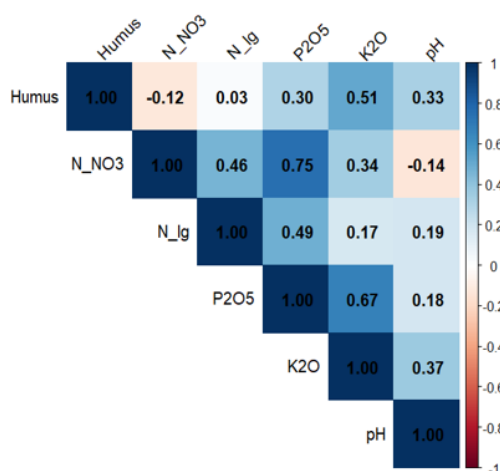


Рисунок 2 - Корреляционная матрица агрохимических показателей светло каштановой почвы

Выявленные различия в обеспеченности почвы доступными элементами обусловили необходимость оценки их влияния на рост и развитие ярового ячменя. Для этого определяли густоту и высоту растений, что позволило оценить прохождение основных фаз вегетации и эффективность изучаемых систем удобрения. Густота растений ярового ячменя варьировала от 181 до 209 шт./м² (таблица 4). Максимальные значения отмечены на минеральном фоне N₆₀P₉₀K₈₀ (209±5,3 шт./м²) и при самостоятельном применении BIOGRANO forte (206±5,3 шт./м²) против 181±4,1 шт./м² на контроле.

Высота растений ярового ячменя в фазу выхода в трубку варьировала от 32,6±0,2 до 37,3±0,8 см. Максимальное значение отмечено при N₆₀P₉₀K₈₀ +

БиоЭкоГум (37,3±0,8 см), несколько ниже - при N₆₀P₉₀K₈₀ + BIOGRANO forte (36,8±0,6 см) и БиоЭкоГум (36,7±0,5 см). Минимальная высота отмечена в вариантах с BioAzoPhashit (32,6±0,3 см). К фазе созревания диапазон значений увеличился: максимальная высота сформировалась при N₆₀P₉₀K₈₀ + БиоЭкоГум (51,3±1,1 см), что на 9,2 см (21,9%) выше контроля. Высокие значения также получены при N₆₀P₉₀K₈₀+BIOGRANO Forte (49,4±1,1 см) и БиоЭкоГум (48,4±0,8 см).

Урожайность ярового ячменя варьировала от 8,0 до 11,3 ц/га (таблица 5). На контроле она составляла 8,0 ц/га, а на фоне N₆₀P₉₀K₈₀ - 9,8 ц/га. Максимальная средняя урожайность получена при N₆₀P₉₀K₈₀ + BIOGRANO forte - 11,3 ц/га, что на 3,3 ц/га, или 41,2%, выше контроля. Сравнительно высокие значения

урожайности получены также при $N_{60}P_{90}K_{80}$ +БиоФос (10,42 ц/га), $N_{60}P_{90}K_{80}$ +БиоЭкоГум (10,3 ц/га) и $N_{60}P_{90}K_{80}$ +BioAzoPhashit (10,2 ц/га). При самостоя-

тельном применении биопрепаратов урожайность находилась в пределах 8,87-9,56 ц/га, а прибавки относительно контроля также не превышали $HC_{0,05}$.

Таблица 4 - Показатели густоты и высоты растений, 2025 г.

Вариант	Количество растений, шт./м ²	Высота в фазу выхода в трубку, см	Высота при созревании, см
Контроль	181 ± 4,1	35,2 ± 0,5	42,1 ± 1,0
$N_{60}P_{90}K_{80}$	209 ± 5,3	34,3 ± 0,4	45,8 ± 1,0
Фон + БиоЭкоГум	192 ± 3,2	37,3 ± 0,8	51,3 ± 1,1
Фон + BIOGRANO Forte	195 ± 3,6	36,8 ± 0,6	49,4 ± 1,1
Фон + BioAzoPhashit	189 ± 3,0	32,6 ± 0,2	47,5 ± 1,0
Фон + БиоФос	184 ± 4,1	33,7 ± 0,4	46,8 ± 0,9
БиоЭкоГум	203 ± 4,3	36,7 ± 0,5	48,4 ± 0,8
BIOGRANO Forte	206 ± 5,3	35,1 ± 0,3	45,0 ± 1,0
BioAzoPhashit	187 ± 4,2	32,6 ± 0,3	42,5 ± 1,0
БиоФос	185 ± 3,6	34,9 ± 0,4	44,9 ± 1,0

Таблица 5 - Урожайность зерна ярового ячменя, 2025 г.

Вариант	Повторности			Средняя урожайность, ц/га	Прибавка	
	1	2	3		ц/га	%
Контроль	8,3	7,8	7,9	8,0	–	–
$N_{60}P_{90}K_{80}$	8,8	9,8	10,7	9,8	1,8	22,1
Фон + БиоЭкоГум	10,8	10,1	10,1	10,3	2,3	29,2
Фон + BIOGRANO Forte	14,1	9,6	10,2	11,3	3,3	41,2
Фон + BioAzoPhashit	10,1	9,7	10,9	10,2	2,2	28,1
Фон + БиоФос	9,50	10,90	10,85	10,42	2,42	30,2
БиоЭкоГум	8,50	9,00	9,40	8,97	0,97	12,1
BIOGRANO Forte	9,30	9,57	9,80	9,56	1,56	19,5
BioAzoPhashit	8,95	8,65	9,30	8,97	0,97	12,1
БиоФос	8,24	9,60	8,76	8,87	0,87	10,8
$HC_{0,05}$				1,68		
P, %				5,9		

Двухфакторный дисперсионный анализ с учетом повторности как блока подтвердил статистически значимое влияние минерального фона $N_{60}P_{90}K_{80}$ на урожайность ($F_{1,18}=18,38$; $p<0,001$). Влияние вида биопрепарата ($F_{4,18}=1,86$; $p=0,162$) и взаимодействие факторов «минеральный фон×биопрепарат» ($F_{4,18}=0,077$; $p=0,988$) статистически значимыми не были. Следовательно, более высокая средняя урожайность отдельных

комбинированных вариантов характеризует тенденцию, но не подтверждает дополнительного эффекта биопрепаратов на минеральном фоне.

Полученные результаты сопоставимы с данными Наумова et al. [16], показавшими различную реакцию ярового ячменя на биоудобрения в полужасушливых условиях Северного Казахстана, а также с результатами Anušauskas et al. [17], установившими в многолет-

нем полевым опыте возможность повышения продуктивности ярового ячменя при применении бактериально инокулированного минерального удобрения. При этом различия между результатами отдельных исследований подтверждают зависимость проявления эффекта биологических препаратов от почвенно-климатических условий и технологии их применения [15-17].

При интерпретации результатов необходимо учитывать засушливые условия 2025 года: за апрель-июль выпало 74,23 мм осадков при среднем многолетнем значении 120,1 мм. В этих условиях статистически подтвержденным фактором повышения урожайности ярового ячменя являлся минеральный фон $N_{60}P_{90}K_{80}$, тогда как более высокие значения отдельных агрохимических и продукционных показателей при совместном применении минеральных удобрений и биопрепаратов следует рассматривать как тенденции, требующие подтверждения в многолетних полевых исследованиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях краткосрочного полевого опыта применение изучаемых систем удобрения сопровождалось изменениями содержания доступных форм элементов питания в светло-каштановой почве. Наиболее высокое содержание $N-NO_3$ и подвижного фосфора отмечено при $N_{60}P_{90}K_{80} + BioAzoPhashit$ -

соответственно 24,0 и 26,5 мг/кг в слое 0-20 см и 11,0 и 17,0 мг/кг в слое 20-40 см. Статистически значимое влияние глубины почвы установлено для $N-NO_3$ ($p = 0,0149$) и P_2O_5 ($p < 0,001$), а влияние варианта удобрения - для содержания P_2O_5 ($p = 0,0289$). Содержание общего гумуса изменялось незначительно, а реакция почвенной среды в течение опыта сохранялась щелочной (рН 8,49-8,65).

Наибольшая средняя урожайность зерна ярового ячменя получена при $N_{60}P_{90}K_{80} + BIOGRANO forte$ - 11,3 ц/га, что на 3,3 ц/га, или 41,2%, выше контроля. Статистический анализ подтвердил влияние минерального фона на урожайность, тогда как самостоятельный эффект вида биопрепарата и взаимодействие факторов «минеральный фон×биопрепарат» статистически не подтверждены.

Таким образом, в условиях одного вегетационного сезона наиболее убедительно проявилось влияние минерального питания на продуктивность ярового ячменя. Более высокие значения отдельных агрохимических показателей и урожайности при совместном применении минеральных удобрений и биопрепаратов следует рассматривать как выявленные тенденции, требующие подтверждения в многолетних полевых исследованиях.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках грантового финансирования молодых ученых Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по проекту ИРН AP27510619 «Влияние экстремальных климатических факторов на трансформацию питательных веществ и динамику плодородия почвы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zohary D., Hopf M., Weiss E. Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. - 4th ed. - Oxford: Oxford University Press, 2012. - 264 p. - ISBN: 978-0-19-954906-1.

2. FAOSTAT. Crops and Livestock Products Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. - 2024. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/en/> - QCL. - Дата обращения: 20.08.2024.
3. Yula V.M., Kaminska V.V., Porodko M.A., Mushyk B.V., Dudka O.F. Features of spring barley plant nutrition under different growing technologies // Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice. - 2025. - № 2. - P. 51-60. - DOI: 10.54651/agri.2025.02.06.
4. Сулейменов Б.У., Сейтменбетова А.Т. Применение жидкого гуминового биопрепарата «БиоЭкоГум» при возделывании зерновых и зернобобовых культур // Почвоведение и агрохимия. - 2022. - № 4. - С. 64-84. - DOI: 10.51886/1999-740X_2022_4_64.
5. Ибраева М.А., Сулейменова А.И., Абай А.К., Токсейтов Н.М. Влияние применения биопрепаратов «Тумат» и «БиоЭкоГум» на плодородие почв и урожайность риса // Почвоведение и агрохимия. - 2023. - № 2. - С. 29-43. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_29.
6. Кененбаев С.Б., Есенбаева Г.Л., Жанбырбаев Е.А., Бектурганов А.Н. Влияние биоудобрений и биопрепаратов на показатели плодородия и продуктивности сероземных почв юго-востока Казахстана // Почвоведение и агрохимия. - 2023. - № 2. - С. 44-56. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_44.
7. Танирбергенов С.И., Сулейменов Б.У., Зәріп З.А. Применение органического гуминового удобрения «Тумат» при возделывании сои // Почвоведение и агрохимия. - 2023. - № 1. - С. 74-85. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_1_74.
8. Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils // SpringerPlus. - 2013. - Vol. 2. - Article 587. - DOI: 10.1186/2193-1801-2-587.
9. Почвы Казахской ССР, выпуск 4, Алма-Атинская область. - Алма-Ата, 1962. - С. 92-94.
10. Айтуганов К.К., Купанов Л.К., Баширов З.С., Ажгалиев Т.Б., Карсыбаев С.К., Кожыхов А.М., Бердыгулов Н.Б. Сборник отечественных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, используемых в Республике Казахстан // Национальный аграрный научно-образовательный центр. - Нур-Султан, 2022. - С. 272.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
12. Li X., Li J., Zhao Z., Zhou K., Zhan X., Wang Y., Liu N., Han X., Li X. Soil Organic Carbon and Humus Characteristics: Response and Evolution to Long-Term Direct/Carbonized Straw Return to Field // Agronomy. - 2024. - Vol. 14. - № 10. - Art. 2400. - DOI: 10.3390/agronomy14102400.
13. Бабак В.А., Жакупов Е.Ж., Пунтус И.А., Фомина А.Н. Лабораторные испытания эффективности биологического удобрения на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий // Сельскохозяйственная биология. - 2024. - Т. 59. - № 1. - С. 142-155. - DOI: 10.15389/agrobiology.2024.1.142eng.
14. Аипова Р., Тазабекова Е., Курманбаев А. Исследование свойств фосфатмобилизирующих бактерий, перспективных для повышения урожайности сельскохозяйственных культур // Вестник КазНУ. Серия биологическая. - 2022. - Т. 90. - № 1. - С. 28-38. - DOI: 10.26577/eb.2022.v90.i1.03.
15. Zhu Y., Xing Y., Li Y., et al. The Role of Phosphate-Solubilizing Microbial Interactions in Phosphorus Activation and Utilization in Plant-Soil Systems: A Review // Plants. - 2024. - Vol. 13. - № 19. - Art. 2686. - DOI: 10.3390/plants13192686.
16. Nauanova A., Shaikhin S., Ospanova S., et al. Enhancing Spring Barley Grain Yield with Local Biofertilizers in the Semi-Arid Steppe Zone of Northern Kazakhstan //

International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. - 2024. - Vol. 19. - № 2. - P. 371-378. - DOI: 10.18280/ijdne.190202.

17. Du Jardin P. Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation // *Scientia Horticulturae*. - 2015. - Vol. 196. - P. 3-15. - DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.

REFERENCES

1. Zohary D., Hopf M., Weiss E. Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. - 4th ed. - Oxford: Oxford University Press, 2012. - 264 p. - ISBN: 978-0-19-954906-1.

2. FAOSTAT. Crops and Livestock Products Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. - 2024. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/> (accessed 20 August 2024).

3. Yula V.M., Kaminska V.V., Porodko M.A., Mushyk B.V., Dudka O.F. Features of spring barley plant nutrition under different growing technologies // *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*. - 2025. - No. 2. - P. 51-60. - DOI: 10.54651/agri.2025.02.06.

4. Suleimenov B.U., Seitmenbetova A.T. Application of the liquid humic biopreparation "BioEcoGum" in the cultivation of grain and leguminous crops // *Soil Science and Agrochemistry*. - 2022. - No. 4. - P. 64-84. - DOI: 10.51886/1999-740X_2022_4_64.

5. Ibraeva M.A., Suleimenova A.I., Abay A.K., Tokseitov N.M. Effect of the application of biopreparations "Tumat" and "BioEcoGum" on soil fertility and rice yield // *Soil Science and Agrochemistry*. - 2023. - No. 2. - P. 29-43. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_29.

6. Kenenbaev S.B., Esenbaeva G.L., Zhanbyrbaev E.A., Bekturganov A.N. Effect of biofertilizers and biopreparations on soil fertility indicators and productivity of sierozem soils in southeastern Kazakhstan // *Soil Science and Agrochemistry*. - 2023. - № 2. - P. 44-56. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_44.

7. Tanirbergenov S.I., Suleimenov B.U., Zarip Z.A. Application of the organic humic fertilizer "Tumat" in soybean cultivation // *Soil Science and Agrochemistry*. - 2023. - № 1. - P. 74-85. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_1_74.

8. Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils // *SpringerPlus*. - 2013. - Vol. 2. - Article 587. - DOI: 10.1186/2193-1801-2-587.

9. Soils of the Kazakh SSR. Issue 4: Alma-Ata Region. - Alma-Ata, 1962. - P. 92-94.

10. Aituganov K.K., Kupanov L.K., Bashirov Z.S., Azhgaliev T.B., Karsybaev S.K., Kozhakhov A.M., Berdygulov N.B. Collection of Domestic Varieties and Hybrids of Agricultural Crops Used in the Republic of Kazakhstan // *National Agrarian Scientific and Educational Center*. - Nur-Sultan, 2022. - 272 p.

11. Dospekhov B.A. Methodology of Field Experiment. - Moscow: Agropromizdat, 1985. - 351 p.

12. Li X., Li J., Zhao Z., Zhou K., Zhan X., Wang Y., Liu N., Han X., Li X. Soil Organic Carbon and Humus Characteristics: Response and Evolution to Long-Term Direct/Carbonized Straw Return to Field // *Agronomy*. - 2024. - Vol. 14. - № 10. - Article 2400. - DOI: 10.3390/agronomy14102400.

13. Babak V.A., Zhakupov E.Zh., Puntus I.A., Fomina A.N. Laboratory testing of the effectiveness of a biological fertilizer based on nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacteria // *Agricultural Biology*. - 2024. - Vol. 59. - № 1. - P. 142-155. - DOI: 10.15389/agrobiology.2024.1.142eng.

14. Aipova R., Tazabekova E., Kurmanbaev A. Study of the properties of phosphate-solubilizing bacteria promising for increasing crop yields // Bulletin of KazNU. Biology Series. - 2022. - Vol. 90. - № 1. - P. 28-38. - DOI: 10.26577/eb.2022.v90.i1.03.

15. Zhu Y., Xing Y., Li Y., et al. The Role of Phosphate-Solubilizing Microbial Interactions in Phosphorus Activation and Utilization in Plant-Soil Systems: A Review // Plants. - 2024. - Vol. 13. - № 19. - Article 2686. - DOI: 10.3390/plants13192686.

16. Nauanova A., Shaikhin S., Ospanova S., et al. Enhancing Spring Barley Grain Yield with Local Biofertilizers in the Semi-Arid Steppe Zone of Northern Kazakhstan // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. - 2024. - Vol. 19. - № 2. - P. 371-378. - DOI: 10.18280/ij dne.190202.

17. Du Jardin P. Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation // Scientia Horticulturae. - 2015. - Vol. 196. - P. 3-15. - DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.

ТҮЙІН

С.И. Танирбергенов¹, К.М. Тыныбаева^{1*}, С.О. Базарбаев^{1*}, М.К. Жумагулова¹,
Ж.П. Бимұрза^{1,2}, М.Р. Тулегенова¹

ЖЕТІСУ ОБЛЫСЫ ЖАҒДАЙЫНДА БИОЛОГИЯЛЫҚ ПРЕПАРАТТАР МЕН
МИНЕРАЛДЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ КЕШЕНДІ ҚОЛДАНУДЫҢ ТОПЫРАҚТЫҢ
АГРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ЖАЗДЫҚ АРПАНЫҢ ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

¹Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-
зерттеу институты, 050060, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75В, Қазақстан
Республикасы,

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, 050010, Алматы,
Абай даңғылы, 8, Қазақстан, *e-mail: kurash_88@mail.ru, sultan-13_01@mail.ru

Зерттеу Жетісу облысының тәлімі жерлері жағдайында минералдық тыңайтқыштар мен биопрепараттардың ашық қара-қоңыр топырақтың агрохимиялық қасиеттеріне және жаздық арпаның өнімділігіне әсерін бағалауға арналған. Зерттеудің мақсаты - әртүрлі тыңайту жүйелерінің топырақтың агрохимиялық көрсеткіштеріне, жаздық арпаның өсуі мен өнімділігіне әсерін бағалау. Далалық тәжірибе үш қайталымда жүргізіліп, N₆₀P₉₀K₈₀ минералдық фоны және БиоЭкоГум, BIOGRANO forte, BioAzoPhashit пен БиоФос биопрепараттары жеке және минералдық тыңайтқыштармен бірге қолданылды. Топырақтағы жалпы қарашірінді, нитратты және жеңіл гидролизденетін азот, жылжымалы фосфор, алмаспалы калий, карбонаттар мөлшері мен топырақ ортасының реакциясы анықталды, сондай-ақ өсімдіктердің өсу көрсеткіштері мен дән өнімділігі есепке алынды. Тыңайтқыштарды қолдану қарашірінді мөлшері мен топырақ ортасының реакциясына айтарлықтай әсер етпегенімен, өсімдіктерге қолжетімді қоректік элементтер мөлшерінің өзгеруімен сипатталды. Нитратты азоттың (24,0 мг/кг) және жылжымалы фосфордың (26,5 мг/кг) ең жоғары мөлшері N₆₀P₉₀K₈₀ + BioAzoPhashit нұсқасында анықталды. Өсімдіктердің ең жоғары биіктігі (51,3±1,1 см) N₆₀P₉₀K₈₀ + БиоЭкоГум нұсқасында қалыптасты. Дәннің ең жоғары өнімділігі (11,3 ц/га) және бақылаумен салыстырғанда статистикалық тұрғыдан нақты қосымша өнім (3,3 ц/га немесе 41,2%) N₆₀P₉₀K₈₀ + BIOGRANO forte нұсқасында алынды. Биопрепараттарды жеке қолданғанда дән өнімділігі 8,87-9,56 ц/га аралығында болды, ал бақылаумен салыстырғандағы қосымша өнім ең төменгі елеулі айырма деңгейінен аспады. Статистикалық талдау минералдық қоректенудің жаздық арпа өнімділігіне әсерін растады, ал биопрепараттарды минералдық тыңайтқыштармен бірге қолданғандағы қосымша әсері статистикалық тұрғыдан анықталған жоқ.

Түйінді сөздер: жаздық арпа, биопрепараттар, минералдық тыңайтқыштар, ашық қара-қоңыр топырақ, агрохимиялық көрсеткіштер, өнімділік.

SUMMARY

S.I. Tanirbergenov¹, K. Tynybayeva^{1*}, S.O. Bazarbayev^{1*}, M.K. Zhumagulova¹,

Zh.P. Bimurza^{1,2}, M.R. Tulegenova¹

EFFECT OF THE COMBINED APPLICATION OF BIOLOGICAL PRODUCTS AND MINERAL FERTILIZERS ON SOIL AGROCHEMICAL PROPERTIES AND SPRING BARLEY PRODUCTIVITY UNDER THE CONDITIONS OF THE ZHETYSU REGION

¹*U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, 050060, Almaty, al-Farabi avenue, 75B, Republic of Kazakhstan,*

²*Kazakh National Agrarian Research University, 050010, Almaty, Abaya Ave., 8, Kazakhstan, *e-mail: kurash_88@mail.ru, sultan-13_01@mail.ru*

This study evaluated the effects of mineral fertilizers and biological products on the agrochemical properties of light chestnut soil and the productivity of spring barley under rainfed conditions in the Zhetysu Region, Kazakhstan. The objective was to assess the effects of different fertilization systems on soil agrochemical properties, plant growth, and grain yield of spring barley. The field experiment was conducted with three replicates using a mineral fertilizer background of N₆₀P₉₀K₈₀ and four biological products - BioEcoGum, BIOGRANO forte, BioAzoPhashit, and BioPhos - applied either alone or in combination with mineral fertilizers. Soil total humus, nitrate nitrogen, easily hydrolysable nitrogen, available phosphorus, exchangeable potassium, carbonates, and soil reaction were determined, along with plant growth parameters and grain yield. Fertilizer application had no substantial effect on total humus content or soil reaction but was associated with changes in the concentrations of available nutrients. The highest nitrate nitrogen (24.0 mg/kg) and available phosphorus (26.5 mg/kg) contents were recorded with N₆₀P₉₀K₈₀ + BioAzoPhashit. The greatest plant height (51.3±1.1 cm) was observed with N₆₀P₉₀K₈₀ + BioEcoGum. The highest grain yield (1.13 t/ha) and a statistically significant yield increase over the untreated control (0.33 t/ha, or 41.2%) were obtained with N₆₀P₉₀K₈₀ + BIOGRANO forte. When applied alone, the biological products produced grain yields ranging from 0.887 to 0.956 t/ha, with yield increases over the control not exceeding the least significant difference. Statistical analysis confirmed a significant effect of mineral fertilization on spring barley grain yield, whereas no significant additional effect of the biological products applied in combination with mineral fertilizers was detected.

Keywords: spring barley, biological preparations, mineral fertilizers, light chestnut soil, agrochemical properties, yield.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Танирбергенов Самат Исембаевич – заместитель Председателя Правления, PhD, ассоциированный профессор, <https://orcid.org/0000-0002-6403-0984>, e-mail: samat.soil.kz@gmail.com

2. Тыныбаева Куралай Мубараковна - научный сотрудник отдела экологии почв, PhD, <http://orchid.org/0000-0002-9956-2139>, e-mail: kurash_88@mail.ru

3. Базарбаев Султан Оразбаевич - младший научный сотрудник отдела агрохимии, PhD, <https://orcid.org/0009-0006-3590-0625>, e-mail: sultan-13_01@mail.ru

4. Жумагулова Молдир Кайрболатовна - научный сотрудник, PhD, <https://orcid.org/0000-0001-9392-3688>, e-mail: zhumagulova.mk@mail.ru

5. Бимурза Жания Пернебекқызы - младший научный сотрудник отдела плодородия и биологии почв, PhD докторант, <https://orcid.org/0009-0001-6600-6507>, e-mail: bimurza0905@gmail.com

6. Тулегенова Меруерт Рысбековна - инженер агрохимик отдела агрохимии, <https://orcid.org/0000-0002-4483-2867>, e-mail: Meruert.vip@mail.ru

ГРНТИ 68.33.29

DOI:10.51886/1999-740X_2026_3_95

Д.С. Харитонов^{1*}, Е.В. Мамыкин¹, П.Е. Назарова¹**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ
ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО (*LINUM USITATISSIMUM* L.)
В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ**¹ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства

им. А.И. Бараева», 021601, Акмолинская обл., Шортандинский район,

п. Шортанды-1, ул. Бараева, 15, Казахстан, *e-mail: danil.xaritonov@inbox.ru

Аннотация. Проведено трёхлетнее сравнительное изучение эффективности применения минеральных удобрений при возделывании льна масличного сорта «Кустанайский янтарь» на чернозёме южном карбонатном в условиях Шортандинского района Акмолинской области при двух технологиях подготовки почвы – традиционной и нулевой – в четырёхпольном плодосменном севообороте. Установлено, что традиционная обработка в первые два года обеспечивала более интенсивное потребление нитратного азота и преимущество в накоплении сухой биомассы, особенно в контрольных вариантах и при ранних фазах развития растений. При нулевой технологии наблюдалась тенденция к большему сохранению нитратов в почве к уборке и более высокая вариабельность показателей роста. К третьему году различия в накоплении биомассы и урожайности между технологиями в вариантах с оптимизированным минеральным питанием статистически нивелировались. В нулевой технологии при локальном рядковом внесении фосфора (P20) в сочетании с азотом урожайность достигла 15,8-16,2 ц/га, что сопоставимо с показателями традиционной технологии (16,5-17,9 ц/га).

Ключевые слова: лён масличный (*Linum usitatissimum* L.), нулевая технология, традиционная обработка почвы, минеральные удобрения, нитратный азот, подвижный фосфор, урожайность, чернозём южный, Северный Казахстан.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур при одновременной минимизации антропогенной нагрузки на почвенные ресурсы является одной из ключевых задач современного земледелия, особенно в условиях возрастающей изменчивости климата, деградации пахотных земель и необходимости рационального использования энергетических и водных ресурсов [1-3].

В этом контексте особую актуальность приобретает разработка и совершенствование ресурсосберегающих агротехнологий, способных обеспечивать стабильную урожайность при сохранении и воспроизводстве почвенного плодородия [4, 5]. Важнейшим элементом таких систем является обработка почвы, которая кардинальным образом влияет на водный, воздушный, питательный и биологический режимы аг-

роценоза. Сравнительная оценка эффективности традиционной (отвальной) и нулевой (No-Till) технологий в сочетании с различными системами минерального питания для конкретных почвенно-климатических зон и культур представляет значительный научный и практический интерес [6].

Лён масличный (*Linum usitatissimum* L.) – важная техническая культура, имеющая большое значение для производства растительного масла, кормов и других продуктов. Его продуктивность в значительной степени определяется точным соответствием агротехнологии биологическим требованиям, особенно в критические периоды начального роста, когда растение чувствительно к обеспеченности влагой и элементами питания [7]. Переход на нулевую технологию возделывания изменяет физико-химические и биологические свойства почвы, что требует адаптации

всей системы земледелия, и в первую очередь – корректировки системы применения удобрений [8]. Однако вопросы, связанные с особенностями динамики азота и фосфора, формированием биомассы и конечной урожайностью льна масличного в зависимости от способа обработки почвы и схемы питания в условиях Северного Казахстана, остаются недостаточно изученными в среднесрочной перспективе.

Научная новизна настоящего исследования заключается в проведении комплексного трёхлетнего мониторинга, в ходе которого в едином эксперименте изучалась сопряжённая динамика нитратного азота и подвижного фосфора в почве, накопление сухой биомассы по фазам развития и урожайность льна масличного при применении традиционной и нулевой технологий обработки в сочетании с различными способами и нормами внесения минеральных удобрений в плодосменном севообороте.

Цель исследования: состояла в сравнительной оценке влияния указанных агроприёмов на агрохимические свойства чернозёма южного, рост, развитие и продуктивность льна масличного в условиях Шортандинского района Акмолинской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования проводились в течение трёх лет (2023-2025 гг.) на базе ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева». Опыт был заложен в Шортандинском районе Акмолинской области (координаты: N51°36'35,62"; E71°02'31,70").

Почва опытного участка – чернозём южный карбонатный. Пахотный слой (0-20 см) характеризуется содержанием гумуса 3,4%, тяжёлым суглинистым гранулометрическим составом и слабощелочной реакцией среды (рН – 7,3).

В качестве объекта изучения использовался сорт льна масличного

«Кустанайский янтарь». Исследования проводились в четырёхпольном севообороте (горох – пшеница – лён – пшеница); лён высевался после пшеницы. Опыт включал сравнение двух технологий возделывания: традиционной и нулевой.

Опыт заложен в четырёхкратной повторности, размещение делянок систематическое. Площадь учётной делянки составляла 210 м² (4,3×50 м). Агротехнические приёмы (срок сева, глубина заделки семян, норма высева) применялись в соответствии с зональными рекомендациями для региона.

Для оценки содержания элементов минерального питания с каждой опытной делянки отбирались почвенные образцы. Для определения содержания азота образцы отбирались из слоя 0–40 см, а для определения содержания фосфора – из слоя 0-20 см. После воздушно-сухого высушивания образцы подвергали химическому анализу [9].

Содержание нитратного азота (N-NO₃) определялось дисульфифеноловым методом по Грандваль-Ляжу. Оценка обеспеченности почвы азотом проводилась согласно грациям О.В. Сдобниковой [10].

Количественное определение подвижных форм фосфора (P₂O₅) выполнялось по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205). Метод основан на экстракции элементов 1%-ным раствором углекислого аммония (NH₄)₂CO₃ при соотношении почва:раствор = 1:20.

Фенологический мониторинг за ростом и развитием растений льна проводился ежедневно. Началом фазы считали момент её проявления у 10% растений в посеве, а полной фазой – когда она отмечалась у 75% растений [11].

Для оценки динамики ростовых процессов, накопления биомассы и изучения потребления элементов питания параллельно с отбором почвенных проб

проводился отбор растений. В каждом опытном варианте растения отбирались в трёх повторениях с учётной площади 1 м² в соответствующие фенологические фазы.

В фазу полной спелости, перед уборкой, со всех вариантов опыта отбирались растения с площади 1 м² также в трёхкратной повторности. Образцы были отобраны для проведения структурного анализа урожая и определения химического состава соломы и маслосемян. Верхняя часть каждого снопа была обернута бумагой для сохранения естественной структуры. После маркировки снопы подвесили для воздушной сушки в хорошо вентилируемом помещении. После полного просушивания был проведён детальный структурный анализ.

Содержание основных элементов питания (азота, фосфора) в вегетативных органах и маслосеменах льна определяли в условиях лаборатории биохимии. Азот определяли методом Кьельдаля [12]. Фосфор – колориметрическим методом [13].

Учёт урожая льна проводился методом прямого комбайнирования с использованием комбайна «Winters-teiger Delta». Обмолот и взвешивание проводился раздельно по каждой учётной деланке. С обмолоченной массы с каждой деланки отбирались средние зерновые пробы массой 1 кг для последующего определения влажности, засорённости, массы 1000 семян и (для льна) масличности. Окончательный урожай рассчитывали в пересчёте на стандартные показатели влажности и чистоты.

Обработка результатов исследований методом дисперсионного анализа по Доспехову [14], проводилась в компьютерной программе «Snedecor» [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За трёхлетний период исследований (2023-2025 гг.) агрометеорологи-

ческие условия вегетационных сезонов отличались значительной контрастностью, что оказало существенное влияние на формирование урожая льна масличного. 2023 год характеризовался экстремально засушливыми условиями: средняя температура за вегетацию (21,1°C) на 2,6°C превысила норму при дефиците осадков (32,7 мм), составившем лишь 24% от среднемноголетнего количества. В 2024 году, напротив, сложились избыточно увлажнённые условия с количеством осадков 309,1 мм (183% от нормы) и температурным фоном, близким к обычному. Наиболее сбалансированным и благоприятным был 2025 год, температура (19,2°C) незначительно превышала норму, а осадки (82,9 мм), хотя и были ниже среднего, распределялись относительно равномерно в течение сезона.

Изменение содержания нитратного азота в почве служит важнейшим показателем, отражающим процессы превращения и перемещения соединений азота в агроэкосистемах. Эта динамика формируется в результате взаимодействия процессов его поступления, трансформации и выбытия, скорость протекания которых регулируется почвенными и климатическими факторами, а также хозяйственной деятельностью. Нарушение баланса между стадиями цикла может приводить как к снижению продуктивности агроценозов, так и к негативным экологическим последствиям, таким как загрязнение гидросферы [16].

Содержание доступного азота в почве под льном с 2023 по 2025 год чётко показывает, насколько сильно результат зависит от выбранной технологии и системы удобрений. В первый год на нулевой технологии, к уборке накопилось заметно больше нитратов – до 13,6-13,8 мг/кг (рисунок 1), тогда как в традиционной системе показатели были ниже – от 7,1 до 10 мг/кг (рисунок 2).

Во многих вариантах уровень азота в 2024 году значительно уменьшился. Особенно это заметно в традиционном контроле без удобрений, где к уборке содержание снизилось до 2,5 мг/кг. В то же время, отдельные агроприёмы – такие, как заблаговременное внесение фосфора под пар или сочетание фосфора с азотом по диагнос-

тике – способствовали поддержанию азота в почве на более стабильном уровне из года в год.

К 2025 году во многих вариантах, особенно при нулевой технологии, значения стабилизировались на уровне 4-6 мг/кг, что свидетельствует о вероятной адаптации системы.

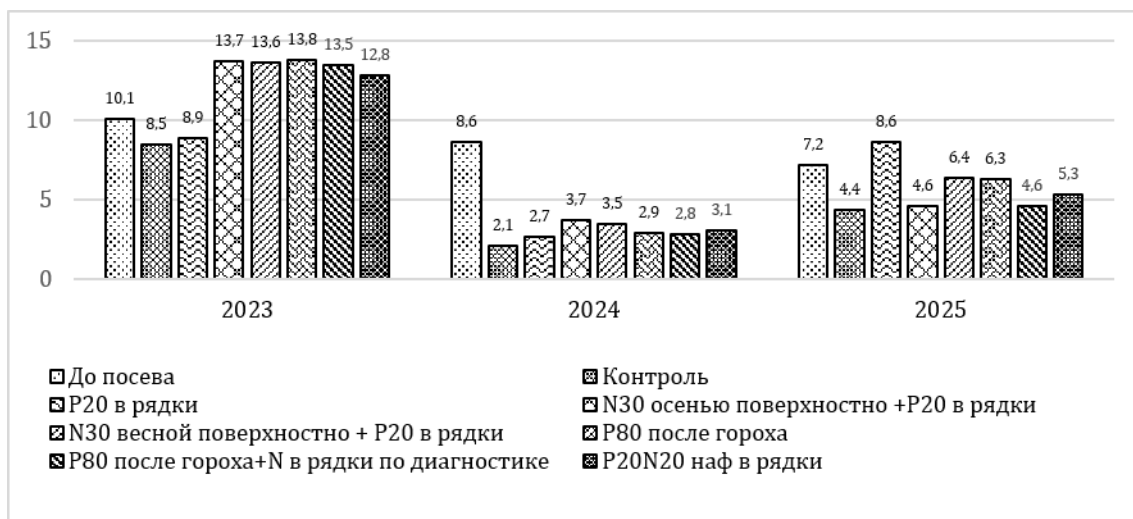


Рисунок 1 – Содержание N-NO₃ в слое (0–40 см) до посева и в уборку льна масличного, при нулевой технологии возделывания, мг/кг

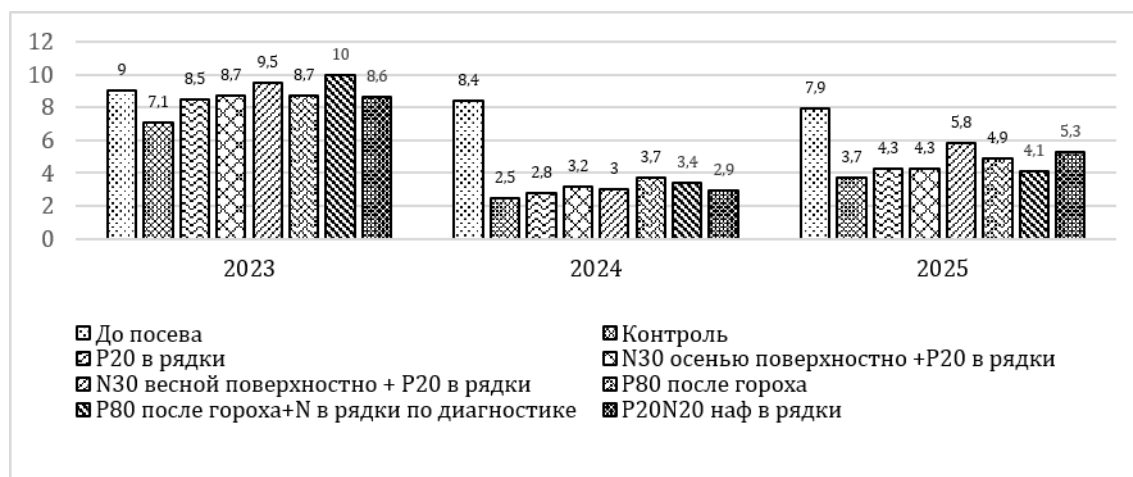


Рисунок 2 – Содержание N-NO₃ в слое (0–40 см) до посева и в уборку льна масличного, при традиционной технологии возделывания, мг/кг

Оценка фосфорного статуса почвы основывается, прежде всего, на изменчивости содержания в ней доступных для растений фосфатов. Сложный ба-

ланс между пополнением пула подвижного фосфора, его закреплением в труднодоступных соединениях и потерями регулируется комплексом почвенно-

климатических и антропогенных факторов. Следовательно, анализ этой динамики имеет фундаментальное значение как для создания ресурсосберегающих систем удобрения, так и для прогнозирования экологических последствий агрогенной нагрузки [17].

Содержание подвижного фосфора (P_2O_5) в пахотном слое (0-20 см) в посевах льна существенно варьировало

в зависимости от технологии возделывания, системы удобрения и года исследований (рисунок 3, 4). В неудобренных вариантах (контроль) при обеих технологиях отмечены выраженные сезонные колебания: прогрессирующее накопление к посеву (до 37-39 мг/кг к 2025 году) и резкое снижение к уборке (до 12-15 мг/кг), свидетельствующее об интенсивном выносе элемента.

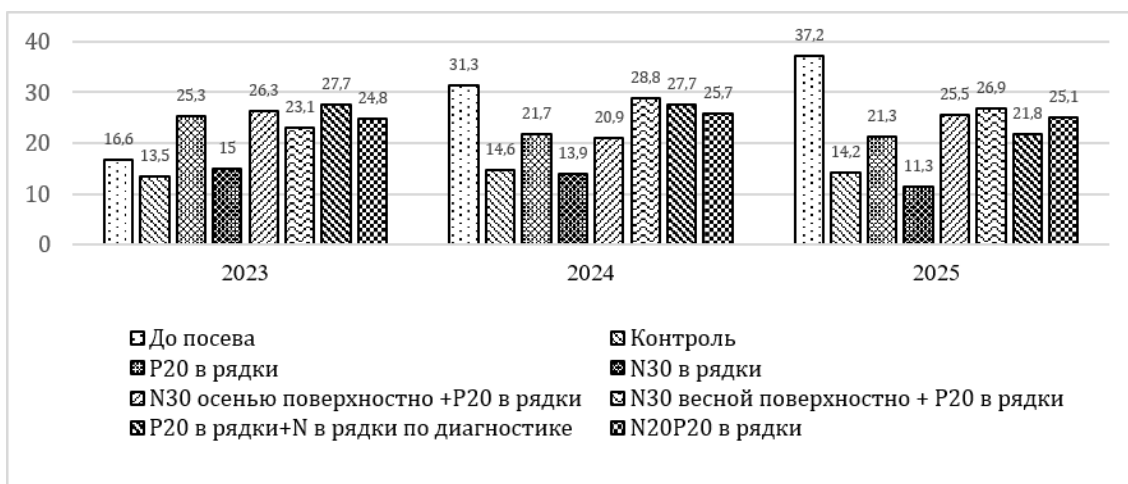


Рисунок 3 – Содержание P_2O_5 (в слое 0-20 см) до посева и в уборку льна масличного, при нулевой технологии возделывания, мг/кг

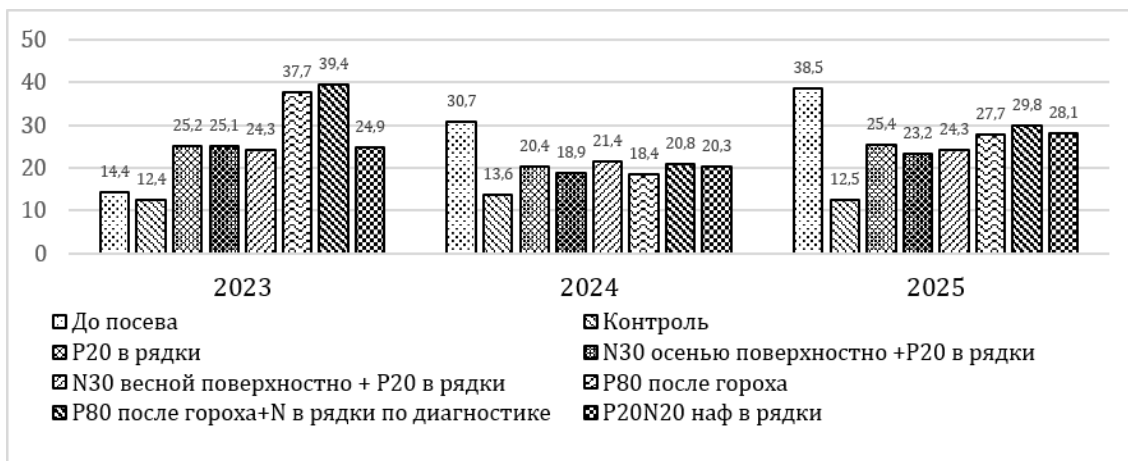


Рисунок 4 – Содержание P_2O_5 (в слое 0-20 см) до посева и в уборку льна масличного, при традиционной технологии возделывания, мг/кг

Применение удобрений, особенно локальное внесение фосфора в рядки, способствовало стабилизации фосфат-

ного режима. Наиболее высокое и стабильное содержание P_2O_5 в течение вегетации (на уровне 23-28 мг/кг) обес-

печивали комбинированные варианты «P20 в рядки+N30 весной» при традиционной технологии и «N30 в рядки» при нулевой. Полученные данные указывают на эффективность локального внесения удобрений для поддержания доступного фосфора в корнеобитаемом слое.

Таким образом, оптимальные системы удобрения не только нивелируют сезонные колебания, но и создают устойчивый фон фосфорного питания льна.

Для сравнительной оценки влияния традиционной и нулевой технологий обработки почвы в сочетании с системами удобрения на продуктивность льна масличного был проведён трёхлетний мониторинг (2023-2025 гг.) накопления сухой массы растений (рисунок 5, 6). Этот показатель анализировался в критические фазы развития – ёлочки и цветения, наиболее отзывчивые на условия минерального питания.

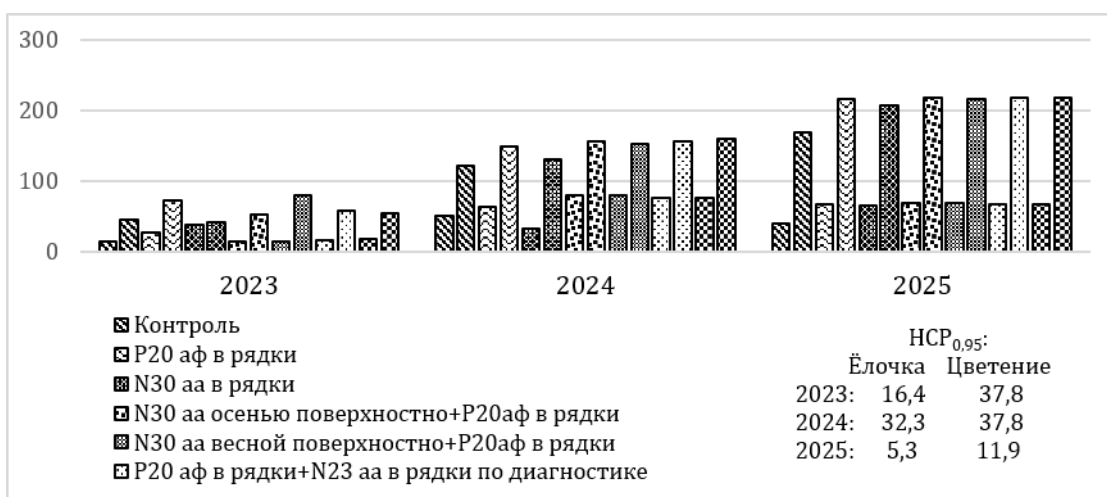


Рисунок 5 – Сухая масса растений льна масличного по фазам развития, при нулевой технологии возделывания, г/м²

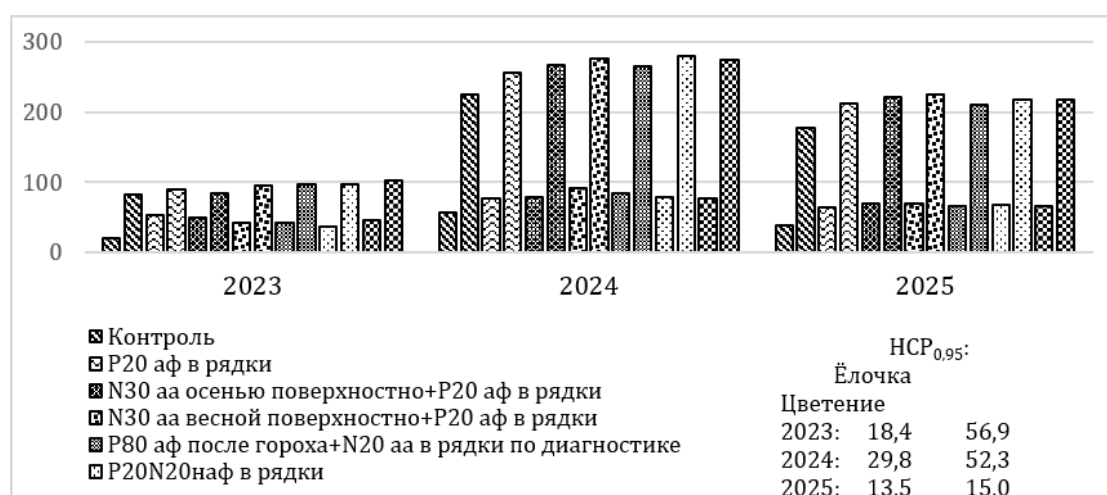


Рисунок 6 – Сухая масса растений льна масличного по фазам развития, при традиционной технологии возделывания, г/м²

Результаты исследований показывают, что традиционная технология в целом обеспечивала более высокий уровень накопления биомассы по сравнению с нулевой, причём разрыв увеличивался к фазе цветения. Так, в неудобренном контроле 2024 года этот показатель составил 226,0 г/м² против 121,4 г/м² соответственно. Однако применение удобрений, особенно на фоне нулевой обработки, существенно компенсировало отставание в продуктивности. Динамика по годам свидетельствует, что 2023 год был наименее благоприятным для формирования биомассы, особенно при нулевой технологии: в фазе ёлочки значения в большинстве вариантов не превышали 20-40 г/м², а в варианте с поверхностным внесением N30 осенью или весной совместно с P20 они были минимальными (13,8-14,4 г/м²). Достоверность различий подтверждается значениями НСР 0,95: в 2023 году они составили 16,4-37,8 (фаза ёлочки – цветение), в 2024 году – 32,3-39,4, а в 2025 году – 5,3-11,9, что указывает на существенные различия условий по годам. К 2024-2025 годам продуктивность значительно возросла, что указывает на возможную адаптацию агроценоза или влияние погодных условий.

Эффективность систем удобрения имела выраженную специфику в зависимости от технологии. При традиционной обработке максимальную прибавку в фазу цветения обеспечивал вариант с поверхностным внесением N30 весной и локальным P20, достигнув 277,0 г/м² в 2024 году. При нулевой технологии наиболее стабильно высокие результаты в эту же фазу демонстрировали варианты с комплексным локальным

внесением (P20N20 наф в рядки), где биомасса в 2025 году составила 218,8 г/м². Локальное внесение только фосфора (P20 в рядки) при нулевой технологии также показало высокую эффективность, обеспечив к 2025 году 216,2 г/м² в фазе цветения и 67,2 г/м² в фазе ёлочки.

Урожайность сельскохозяйственной культуры является итоговым интегральным показателем, синтезирующим влияние всего комплекса почвенно-климатических и агротехнологических факторов. Для льна масличного как культуры, чувствительной к условиям минерального питания и влагообеспеченности, формирование урожая семян в значительной степени зависит от применяемой технологии возделывания. В данной связи анализ динамики урожайности в многолетнем аспекте позволяет не только оценить прямую отдачу от различных агроприёмов, но и выявить их устойчивость во времени. На рисунках 7 и 8 систематизированы результаты трёхлетних полевых опытов, отражающие влияние традиционной и нулевой технологий в сочетании с различными системами удобрения на урожайность льна масличного сорта «Кустанайский янтарь» в условиях плодосменного севооборота.

В среднем за три года традиционная технология демонстрировала определенное преимущество. В 2024 году максимальный сбор семян при традиционной технологии составил – 14,1 ц/га, тогда как при нулевой – 12,5 ц/га. Однако к 2025 году продуктивность сравнялась: лучшие варианты обеих технологий обеспечили урожайность на уровне 16-18 ц/га.

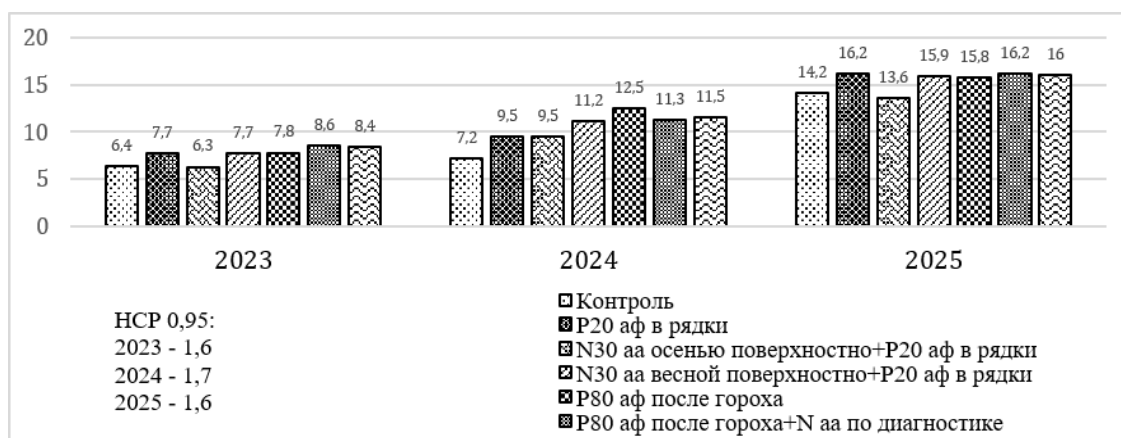


Рисунок 7 – Урожайность льна масличного при нулевой технологии возделывания в плодосменном севообороте, ц/га

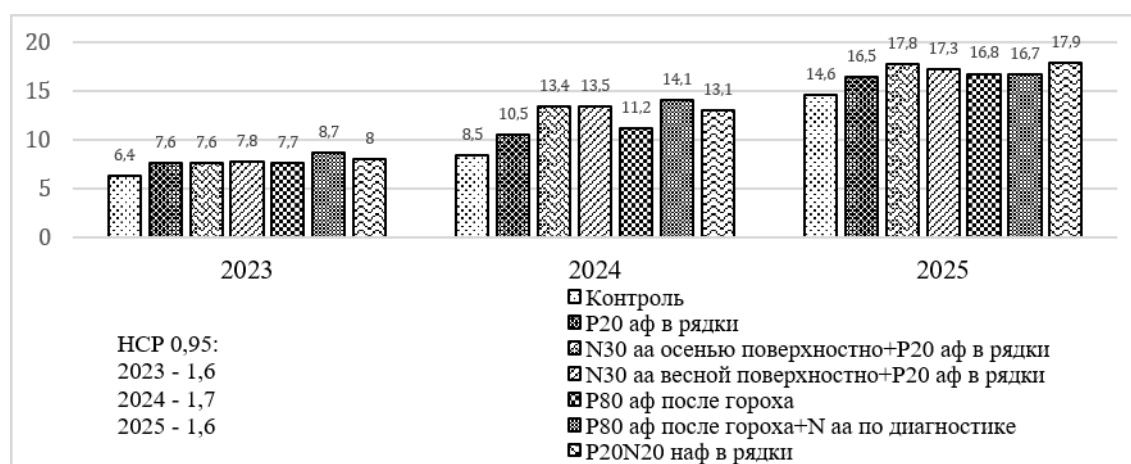


Рисунок 8 – Урожайность льна масличного при традиционной технологии возделывания в плодосменном севообороте, ц/га

Применение удобрений стабильно обеспечивало повышение урожайности по сравнению с контролем. Наиболее эффективными были комплексные варианты, включающие локальное внесение фосфора (P20). Вместе с тем даже на неудобренном фоне к 2025 году наблюдалось заметное увеличение урожая (до 14,2-14,6 ц/га), что свидетельствует о положительном последствии плодосменного севооборота.

Таким образом, полученные результаты имеют важное практическое значение, показывая возможность оптимизации ресурсных затрат без снижения продуктивности. Статистическая

достоверность выводов подтверждается невысокими значениями наименьшей существенной разности (НСР 0,95 в пределах 1,6-1,7 ц/га).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Традиционная технология способствовала более интенсивному потреблению нитратного азота растениями льна в течение вегетации и обеспечивала стабильно высокое накопление сухой биомассы, особенно в первые два года исследований и в ранние фазы развития. Максимальные показатели биомассы в фазе цветения (до 280,6 г/м²) и урожайности (до 17,9 ц/га) были достигнуты именно при данной техно-

логии на фоне применения комплексных удобрений.

При нулевой технологии отмечен иной характер динамики элементов питания: тенденция к большему сохранению нитратного азота в почве к уборке и высокая эффективность локального внесения фосфорных удобрений. К третьему году исследований в вариантах с оптимизированным минеральным питанием различия между технологиями по основным продукционным показателям статистически сгладились.

Установлено, что экстремальные погодные явления (засуха 2023 г., переувлажнение 2024 г.) не только непосредственно лимитируют продуктивность, но и существенно модифицируют эффективность минеральных удобрений, что выражается в повышенных значениях НСР и снижении достоверности различий между вариантами. В благоприятный 2025 год при минимальных значениях НСР выявлены наиболее устойчивые и статистически

надёжные закономерности, которые могут служить основой для практических рекомендаций.

Таким образом, эффективность применения минеральных удобрений определяется не только их составом и дозами, но и способом обработки почвы, который модулирует условия доступности элементов питания. Полученные данные подтверждают, что для достижения высокой и стабильной продуктивности льна масличного необходима строгая адаптация системы удобрения как к выбранной агротехнологии, так и к ожидаемым погодным условиям. Традиционная обработка обеспечила более высокие и ранние отклики на удобрения, в то время как в нулевой обработке сопоставимая продуктивность достигалась к третьему году исследований при условии применения локализованного рядкового внесения стартовых доз фосфора. Это особенно актуально в условиях нарастающей климатической изменчивости, характерной для Северного Казахстана.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках ПЦФ Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан. ИРН BR22885719: «Разработать и внедрить устойчивые системы земледелия для рентабельного производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменяющегося климата для различных почвенно-климатических зон Казахстана» на 2024-2026 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рзаева В.В., Фисунов Н.В., Миллер С.С., Киселева Т.С. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: учебное пособие для обучающихся направления подготовки магистратуры 35.04.04 «Агрономия» по дисциплине «Адаптивно-ландшафтные системы земледелия». - Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. - 134 с.
2. Зотова К.Ю. Особенности воспроизводства земель сельскохозяйственного назначения // Научный вестник Воронежского государственного аграрного университета им. Императора Петра I. - 2021. - № 2 (15). - С. 189.
3. Ларешин В.Г., Полин В.Д. Сохранение и повышение плодородия земель сельскохозяйственного назначения: учеб. пособие. - М.: РУДН, 2008. - 91 с.
4. Трухачев В.И. Об итогах международной научной конференции «Агробιο-технология – 2021» // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2021. - № 5. - С. 5-18.

5. Белокопытов А.В., Минина А.Н., Хайруллин М.Ф. Воспроизводство земельных ресурсов в сельском хозяйстве: теоретический подход // Вестник НГИЭИ. - 2025. - № 2 (165). - С. 67-75.
6. Гамзиков Г.П. Система No-till в сибирском земледелии: проблемы, реальности и перспективы // Земледелие. - 2024. - № 3. - С. 10-17.
7. Синякова О.В. Особенности технологии возделывания льна масличного на Среднем Урале. - Усть-Кинельский, 2017. - 20 с.
8. Белоусова Е.Н. Система применения удобрений. - 2023. - 134 с.
9. Агрохимические методы исследования почв. - Изд. 5-е, доп. и перераб. - М.: Наука, 1975. - 656 с.
10. Сдобникова О.В. Условия почвенного питания и применение удобрений в Северном Казахстане и Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. - М., 1971. - 43 с.
11. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. - М.: Колос, 1971. - Вып. 1. - 239 с.
12. ГОСТ 34111-2017 Продукция соковая. Определение содержания азота методом Кьельдаля.
13. ГОСТ Р 55229-2012. Колориметрический метод определения массовой доли общего фосфора в сырье.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - М.: Альянс, 2014. - 351 с.
15. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. - 2-е изд. - Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. - 222 с.
16. Глухих М.А., Калганова Т.С. Динамика азота в почвах Зауралья // АПК России. - 2015. - Т. 71. - С. 118-125.
17. Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е. Динамика подвижного фосфора в различных почвах // Плодородие. - 2012. - № 3. - С. 16-18.

REFERENCES

1. Rzaeva V.V., Fisunov N.V., Miller S.S., Kiseleva T.S. Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya: uchebnoe posobie dlya obuchayushchihsya napravleniya podgotovki magistratury 35.04.04 «Agronomiya» po discipline «Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya». - Tyumen: Gosudarstvennyj agrarnyj universitet Severnogo Zauralya, 2024. - 134 s.
2. Zotova K.Yu. Osobennosti vosпроизводства zemel sel'skohozyajstvennogo naznacheniya // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. Imperatora Petra I. - 2021. - № 2 (15). - S. 189.
3. Lareshin V.G., Polin V.D. Sohranenie i povyshenie plodorodiya zemel sel'skohozyajstvennogo naznacheniya: ucheb. posobie. - M.: RUDN, 2008. - 91 s.
4. Truhachev V.I. Ob itogah mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Agrobiotekhnologiya – 2021» // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. - 2021. - № 5. - P. 5-18.
5. Belokopytov A.V., Minina A.N., Hajullin M.F. Vosпроизводство zemel'nyh resursov v sel'skom hozyajstve: teoreticheskij podhod // Vestnik NGIEI. - 2025. - №2 (165). - S.67-75.
6. Gamzikov G.P. Sistema No-till v sibirskom zemledelii: problemy, real'nosti i perspektivy // Zemledelie. - 2024. - № 3. - S. 10-17.

7. Sinyakova O.V. Osobennosti tehnologii vozdeystviya l'na maslichnogo na Srednem Urale. - Ust'-Kinel'skiy, 2017. - 20 s.
8. Belousova E.N. Sistema primeneniya udobrenij. - 2023. - 134 s.
9. Agrohimicheskie metody issledovaniya pochv. - Izd. 5-e, dop. i pererab. - M.: Nauka, 1975. - 656 s.
10. Sdobnikova O.V. Usloviya pochvennogo pitaniya i primeneniye udobrenij v Severnom Kazahstane i Zapadnoj Sibiri: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. - M., 1971. - 43 s.
11. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. - M.: Kolos, 1971. - Vyp. 1. - 239 s.
12. GOST 34111-2017. Produkciya sokovaya. Opredeleniye soderzhaniya azota metodom K'el'dalya.
13. GOST R 55229-2012. Kolorimetriceskij metod opredeleniya massovoj doli obshchego fosfora v syr'e.
14. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). - M.: Al'yans, 2014. - 351 s.
15. Sorokin O.D. Prikladnaya statistika na komp'yutere. - 2-e izd. - Novosibirsk: GUP RPO SO RASHN, 2009. - 222 s.
16. Gluhih M.A., Kalganova T.S. Dinamika azota v pochvah Zaural'ya // APK Rossii. - 2015. - T. 71. - S. 118-125.
17. Afanas'ev R.A., Merzlaya G.E. Dinamika podvizhnogo fosfora v razlichnyh pochvah // Plodorodie. - 2012. - № 3. - S. 16-18.

ТҮЙІН

Д.С. Харитонов^{1*}, Е.В. Мамыкин¹, П.Е. Назарова¹

ЖЕРДІ ДАЙЫНДАУДЫҢ ӘРТҮРЛІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНДА МАЙЫ ҮШІН ӨСІРІЛЕТІН ЗЫҒЫРҒА (LINUM USITATISSIMUM L.) МИНЕРАЛДЫ ТҮЙІРШІКТЕРДІ ҚОЛДАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

*¹«Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС. А.И. Бараева»,
021601, Ақмола облысы, Шортанды ауданы, Шортанды-1 ауылы,
Бараев көшесі, 15, Қазақстан, *e-mail: danil.xaritonov@inbox.ru*

Үш жыл бойы Ақмолинская облысы Шортанды ауданының жағдайында карбонатты құнарлы оңтүстік қара топырақта «Қостанай құнар» сорты майы үшін өсірілетін зығырға минералды азот-фосфор тыңайтқыштарын қолдану тиімділігінің салыстырмалы зерттеуі жүргізілді. Зерттеу жер дайындаудың екі технологиясы – дәстүрлі және нөлдік – төрт өрісті алмастырымды егіс алқабында жүргізілді. Анықталғаны, дәстүрлі өңдеу алғашқы екі жылда нитратты азоттың қарқынды түрде тұтынылуын және құрғақ биомассаның жиналуы бойынша артықшылықты қамтамасыз етті, әсіресе бақылау нұсқаларында және өсімдіктердің дамуының ерте фазаларында. Нөлдік технологияда уборка кезеңіне дейін топырақта нитраттарды сақтауға ұмтылыс және өсу көрсеткіштерінің жоғары ауытқуы байқалды. Үшінші жылы минералды қоректендіруді оңтайландырылған нұсқаларда биомассаның жиналуы мен өнімділік көрсеткіштеріндегі технологиялар арасындағы айырмашылықтар статистикалық тұрғыдан теңдесті. нөлдік технология жүйесінде фосфорды (P20) орамақ жолмен жерге енгізу мен азотпен (соның ішінде жапырақ диагностикасы бойынша) бірге қолдану кезінде өнімділік 15,8-16,2 ц/га-ға жетті, бұл дәстүрлі технологияның көрсеткіштеріне (16,5-17,9 ц/га) сәйкес келеді.

Түйінді сөздер: майы үшін өсірілетін зығыр (Linum usitatissimum L.), нөлдік технология, жерді дәстүрлі өңдеу, минералды тыңайтқыштар, нитратты азот, қозғалмалы фосфор, өнімділік, оңтүстік қара топырақ, Солтүстік Қазақстан.

SUMMARY

D.S. Kharitonov^{1*}, E.V. Mamykin¹, P.E. Nazarova¹EFFECTIVENESS OF MINERAL FERTILIZER APPLICATION IN OILSEED FLAX
(LINUM USITATISSIMUM L.) CULTIVATION UNDER DIFFERENT SOIL PREPARATION
TECHNOLOGIES¹A.I. Barayev Research and Production Center for Grain Farming LLP,

021601, Akmola Region, Shortandy District, Shortandy-1 Village, Barayev St., 15,

Kazakhstan, *e-mail: danil.xaritonov@inbox.ru

A three-year comparative study was conducted on the effectiveness of applying mineral nitrogen-phosphorus fertilizers in the cultivation of oilseed flax, variety 'Kustanai Amber', on calcareous southern chernozem in the conditions of Shortandy District, Akmola Region. The study was carried out under two soil preparation technologies – traditional and zero tillage – in a four-field crop rotation. It was established that traditional tillage in the first two years ensured more intensive consumption of nitrate nitrogen and an advantage in the accumulation of dry biomass, especially in control variants and during early plant development phases. Under zero tillage, a trend towards greater retention of nitrates in the soil at harvest and higher variability of growth indicators was observed. By the third year, differences in biomass accumulation and yield between the technologies in variants with optimized mineral nutrition were statistically leveled out. In the zero technology, with local row application of phosphorus (P20) combined with nitrogen (including based on leaf diagnostics), the yield reached 15.8-16.2 c/ha, which is comparable to the indicators of the traditional technology (16.5-17.9 c/ha).

Keywords: oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.), zero technology, traditional tillage, mineral fertilizers, nitrate nitrogen, mobile phosphorus, yield, southern chernozem, Northern Kazakhstan.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Харитонов Данил Сергеевич – младший научный сотрудник лаборатории агрохимии и удобрений, магистр, <https://orcid.org/0009-0005-5292-4584>, e-mail: danil.xaritonov@inbox.ru,

2. Мамыкин Евгений Владимирович – научный сотрудник лаборатории агрохимии и удобрений, магистр, <https://orcid.org/0000-0003-1748-2969>, e-mail: mamykin_ev@mail.ru,

3. Назарова Перизат Ержанаткызы – старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и удобрений, магистр, <https://orcid.org/0000-0001-5098-8326>, e-mail: nazarova_perizat@mail.ru,

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

ГРНТИ 68.05, 68.33

DOI:10.51886/1999-740X_2026_3_107

A.K. Mukangaliyeva^{1,2}, A. Amanzholkzy^{1,2*}, G.A. Saparov¹, T.S. Ibragimov²,J. Mao³, A.D. Gazizov¹, A.S. Sakzbek¹**PASTURE ECOSYSTEMS OF THE ARID ZONE OF SOUTHERN KAZAKHSTAN: CURRENT STATE, PROBLEMS AND WAYS TO RESTORATION (REVIEW)**¹*Research Centre of Ecology and Environment of Central Asia (Almaty),**050060, Almaty, Al-Farabi ave., 75B, Kazakhstan, *e-mail: arai13_95@list.ru*²*Al-Farabi Kazakh National University, 050040, Almaty, Al-Farabi ave., 71, Kazakhstan,*³*State Key Laboratory of Ecological Safety and Sustainable Development in Arid Lands, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, 830011, Urumchi, South Beijing Road 818, Xinjiang, China*

Abstract. The article presents an overview of modern studies of pasture ecosystems in the arid zone of Southern Kazakhstan using the example of the Otyrar district of the Turkestan region. The article examines the region's natural and climatic features, and the influence of aridization and climate change on the structure of pasture phytocenoses, their productivity, and biodiversity. The main factors of sustainability of pasture ecosystems were analyzed, including water regime, soil salinity, organic carbon content, the state of the soil microbiome, and anthropogenic load. The purpose of this review article is to analyze and summarize recent scientific research on the state, functioning, assessment methods, and prospects for the restoration of pasture ecosystems in the arid zone of Southern Kazakhstan, using the example of the Otyrar district of the Turkestan region. Particular attention is paid to modern methods of geobotanical assessment of vegetation, determination of projective cover, productivity, and biodiversity indicators, as well as to the use of geographic information systems, remote sensing, and satellite monitoring to assess the condition of pastures. The data on the prospects for the restoration of degraded pastures through the use of organomineral fertilizers based on natural aluminosilicates, humic substances, protein hydrolysate, and microalgae *Chlorella vulgaris* are summarized. It has been shown that an integrated approach combining geobotanical, soil-ecological, and digital research methods contributes to increasing the sustainability of pasture ecosystems, preserving biodiversity, and rational use of natural forage resources in arid territories.

Keywords: arid zone, Otyrar district, pasture vegetation, phytocenoses, biodiversity, pasture productivity, organomineral fertilizers, vermiculite, humic substances, *Chlorella vulgaris*.

Pasture ecosystems of the arid territories of Southern Kazakhstan are the most important natural resource, ensuring the conservation of biodiversity and the development of pasture livestock farming. In recent decades, under the influence of climate change, accompanied by rising air temperatures, longer droughts and moisture deficits, changes in the structure of vegetation cover, a decrease in pasture productivity, and an increase in land degradation processes have been observed [1, 2]. These problems are especially relevant for the pastures of the Otyrar district of the Turkestan region, located in a

zone of desert landscapes with limited water resources and widespread saline soils.

The condition and productivity of pasture vegetation are determined by a complex of natural, climatic, and soil-ecological factors. Temperature, moisture availability, salinity, soil physicochemical properties, organic carbon content, and soil microbiota activity have a significant impact. The interaction of these components shapes the species composition, biodiversity, and productivity of pasture phytocenoses [3]. This increases the need for a comprehensive assessment of pasture eco-

systems, including geobotanical studies of vegetation, biodiversity analysis, determination of phytocenoses productivity, and investigation of soil properties, organic carbon reserves, and soil microbiome composition. This approach allows for an objective assessment of the current state of pastures and the identification of the main factors driving their transformation. A promising direction for the restoration of degraded pastures is the use of organo-mineral fertilizers that help improve soil fertility, activate microbiological processes, and increase the productivity of plant communities.

The scientific novelty of this study lies in its comprehensive examination of the relationships between climate conditions, the state of pasture phytocenoses, biodiversity, vegetation productivity, soil properties, organic carbon content, and the soil microbiome in the Otyrar district. The impact of organomineral fertilizers on the restoration of degraded pastures is also assessed. The practical significance of this review lies in its ability to provide a scientific basis for selecting monitoring methods and restoration measures depending on the type and degree of pasture degradation. The summarized materials can be used in developing sustainable grazing programs, restoring vegetation cover, reclaiming saline and alkaline soils, and organizing regional monitoring of pasture resources.

The review aims to conduct a comprehensive assessment of the condition, biodiversity, and productivity of pasture vegetation in the arid zone of Southern Kazakhstan, to identify the relationship between vegetation cover and soil-ecological factors, and to determine the effectiveness of the use of organo-mineral fertilizers to increase the sustainability and restore degraded pasture ecosystems.

Natural and climatic characteristics of the arid zone

Current climate change is significantly impacting the functioning of natural

and agricultural ecosystems in many regions of the world. Rising average annual temperatures are accompanied by changes in precipitation patterns, more frequent dry periods, and an increase in the frequency of extreme weather events. These processes impact the state of vegetation, land productivity, and ecosystem resilience.

Arid and semi-arid regions, which occupy a significant portion of the planet's landmass, are the most sensitive to climate change. They are characterized by insufficient moisture, high evaporation rates, sharp seasonal temperature fluctuations, and limited surface water resources. In such conditions, even small deviations in climate parameters can cause significant changes in the composition of plant communities, soil properties, and biodiversity.

Central Asia is considered a region with a high degree of climate risk. The observed increase in air temperature, changes in precipitation distribution, and increased duration of rainless periods are intensifying desertification and land degradation processes [4]. As a result, the productivity of natural forage lands is declining, the condition of the soil cover is deteriorating, and the vulnerability of natural ecosystems to anthropogenic impacts is increasing.

The Otyrar district of the Turkestan region is among the driest areas in the region. Average annual precipitation is low and distributed extremely unevenly throughout the year. Most precipitation falls in the winter and spring, while the summer months are characterized by prolonged periods of dry spells and high temperatures. In some years, summer temperatures exceed 40°C, significantly increasing soil moisture evaporation and creating unfavorable conditions for vegetation growth. Even short periods of wet weather can trigger the active growth of ephemerals and ephemerooids, while prolonged droughts lead to a reduction in the protective cover and degradation of the vegetation.

Climate conditions affect not only vegetation but also soil properties. In arid regions, organic matter accumulation slows, humus content decreases, and the biological activity of soil microorganisms declines. This leads to deterioration of soil fertility and a reduced ability to supply plants with nutrients and moisture [5].

The integration of data on climatic conditions, soil properties and the state of pasture ecosystems contributes to a more objective assessment of degradation factors and serves as a scientific basis for developing strategies for their conservation, restoration and rational use in the arid zone of Southern Kazakhstan.

Theoretical and methodological foundations of geobotanical and agroecological assessment

Pasture vegetation is a collection of plant communities (phytocenoses) formed under the influence of climatic, soil, and biotic factors. Studying the structure and functioning of phytocenoses is an important task in geobotany, as vegetation serves as an indicator of the ecological state of an area and the level of anthropogenic pressure [6].

The main characteristics of phytocenoses are species composition, dominant species, spatial structure, and productivity. The arid territories of Southern Kazakhstan are most characterized by communities dominated by species of the genera *Artemisia*, *Limonium*, *Salsola*, *Kochia*, and *Tamarix*, which play an important role in the formation of forage resources and maintaining the stability of pasture ecosystems [7, 8]. Changes in the composition of dominant species and a decrease in their contribution to the vegetation cover often indicate pasture degradation processes [9].

One of the most common methods of geobotanical research is the Braun-Blanquet ecofloristic method, based on determining the species composition, abundance, and occurrence of plants in sample plots. This method is widely used to classify and monitor plant communities [10].

An important indicator of pasture condition is the projective cover, which reflects the proportion of the soil surface occupied by vegetation. A decrease in this indicator is usually associated with degradation of the vegetation cover, a decrease in forage reserves, and increased erosion processes [11]. Pasture productivity is assessed by the amount of aboveground phytomass, which depends on climatic conditions, moisture availability, and soil fertility.

Biodiversity indicators, including the Shannon and Simpson indices, are used to assess the sustainability of phytocenoses. High species diversity contributes to increased resilience of plant communities to drought and other stress factors [12]. A comprehensive analysis of floristic composition, projective cover, productivity, and biodiversity allows for an objective assessment of the state of pasture ecosystems and the development of scientifically based measures for their conservation, restoration, and sustainable use [13].

Biological characteristics of pasture vegetation in the arid zone

Vegetation in arid areas develops under conditions of moisture deficiency, high temperatures, intense solar radiation, and soil salinity. As a result of long-term adaptation, xerophytic and halophytic species predominate here, ensuring the stability and productivity of the vegetation cover in extreme environmental conditions [14]. One of the most important adaptations is the efficient use of limited water resources. Many plants have deep root systems, allowing them to utilize moisture from the lower soil horizons. Reduced leaf surface area, a waxy coating, and a thickened cuticle contribute to reduced water loss [15].

A significant number of arid zone species are highly salt-tolerant. Thanks to physiological mechanisms regulating water and salt balance, halophytes can survive in saline soils where most plants cannot develop. Desert and semi-desert plants also have specific life strategies. Annual

ephemerals quickly complete their development cycle during the spring wet season, while perennial subshrubs and shrubs are distinguished by their longevity and high ability to recover after grazing. In the pasture ecosystems of Southern Kazakhstan, wormwood-saltwort and limonium-zhyngyl (*tamarix*) communities are widespread, with species of the genera *Artemisia*, *Salsola*, *Limonium*, *Kochia*, and *Tamarix* dominating. These plants form the basis of the forage base and determine the ecological stability of pastures [16]. The condition of arid phytocenoses is assessed based on species composition, projective cover, and biodiversity level. High species diversity contributes to the resilience of communities to drought and other stress factors, while its decline is considered a sign of degradation of pasture ecosystems [17].

Modern methods of monitoring pasture ecosystems

Assessing the condition of pasture ecosystems is based on a combination of geobotanical, soil-ecological, and geoinformation methods. Modern monitoring combines field studies, laboratory soil analysis, and remote sensing technologies, allowing for the assessment of vegetation, soil, and the degree of pasture degradation [18].

Field research is based on geobotanical descriptions using the Braun-Blanquet ecofloristic method. These surveys determine species composition, phytocenoses structure, dominant species, vegetation cover, and productivity. The Shannon and Simpson indices are used to assess biodiversity [19] (table 1).

One of the main indicators of the condition of pastures is the projective cover (PP), which reflects the proportion of the surface occupied by vegetation:

$$PP = \frac{S_p}{S_{total}} * 100\%$$

where S_p is the area covered by vegetation; S_{total} is the total area of the survey plot.

Productivity is determined by mowing, followed by the recalculation of air-

dry mass per unit area. The structure of plant communities is characterized by Shannon indices

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

and Simpson

$$D = \sum (p_i^2)$$

where p_i is the relative proportion of the i -th species. High values of the Shannon index and low values of the Simpson index indicate higher biodiversity and community stability [20].

Additionally, pastures are classified by dominant species, life forms, and ecological groups of plants, which allows for the assessment of degradation stages, forage value, and vegetation dynamics [21].

An important part of soil monitoring is the analysis of soil properties. Typically, soil particle size distribution, pH, electrical conductivity (EC), organic carbon (SOC), humus, nitrogen, available phosphorus, exchangeable potassium, and cation exchange capacity are determined. These parameters reflect the level of salinity, soil fertility, and plant nutrient availability [22–24]. Furthermore, soil microbiome analysis allows for an assessment of soil biological activity and its role in the functioning of pasture ecosystems.

Spatial monitoring is carried out using GPS and geographic information systems (GIS), which provide mapping of vegetation, soil cover, and the degree of degradation. Sentinel-2 and Landsat satellite data are widely used for regional assessments [25].

The most common indicator of vegetation condition is the normalized vegetation index:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

where NIR is the reflectivity in the near infrared range, RED is the reflectivity in the red range of the spectrum.

High NDVI values correspond to well-developed vegetation cover, while low values are typical of degraded and saline areas. To improve the accuracy of assess-

ments in sparse vegetation conditions, the EVI, SAVI, and MSAVI indices are additionally used [26].

Consequently, modern methods for monitoring pasture ecosystems are based on the integration of geobotanical, soil-ecological, and geoinformation approaches. The combined use of field observations, laboratory soil analyses, soil microbiome

assessment, and remote sensing data provides a comprehensive evaluation of pasture condition, biodiversity, productivity, degradation level, and restoration potential. Such an integrated approach forms the scientific basis for sustainable pasture management and the development of effective restoration strategies in arid regions.

Table 1 – Modern methods of assessment, monitoring and restoration of pasture ecosystems in the arid zone

Approach	Main assessment object	Advantages	Limitations	Application in arid rangelands
Geobotanical survey (Braun-Blanquet method)	Species composition, vegetation structure, projective cover	Reliable field assessment of vegetation communities; biodiversity evaluation	Time-consuming; requires botanical expertise	Assessment of vegetation condition and degradation level
Productivity assessment (harvest method)	Aboveground biomass and forage productivity	Direct estimation of forage yield	Labor-intensive; seasonal dependence	Evaluation of pasture productivity
Biodiversity indices (Shannon, Simpson)	Species diversity and community stability	Quantitative comparison of plant communities	Sensitive to sampling intensity	Monitoring ecosystem stability
Soil physicochemical analysis	Salinity, pH, organic carbon, nutrients	Explains vegetation-soil relationships	Requires laboratory analyses	Assessment of soil fertility and degradation
Soil microbiome analysis	Microbial diversity and activity	Indicates biological soil quality and ecosystem functioning	High analytical cost; specialized equipment	Evaluation of soil restoration processes
GPS and GIS technologies	Spatial distribution of vegetation and soils	Accurate mapping; long-term monitoring	Depends on data quality	Mapping degraded pasture areas
Remote sensing (Sentinel-2, Landsat)	Vegetation dynamics, land degradation	Large-area coverage; repeated observations	Lower accuracy without field validation	Regional pasture monitoring
NDVI and vegetation indices	Vegetation cover and productivity	Rapid assessment; suitable for long-term monitoring	Influenced by soil background and seasonality	Estimation of pasture condition and biomass

Approaches to restoration of degraded pastures in arid zones

One of the main reasons for the decline in pasture productivity in arid areas is soil degradation caused by drought, salinization, wind erosion, and long-term intensive land use. This results in deterioration of the soil's physical and chemical properties, a decrease in organic matter content, and a decline in biological activity, which negatively impacts the development of pasture vegetation. In recent years, considerable attention has been paid to developing technologies for restoring soil fertility and enhancing the resilience of pasture ecosystems in arid climates. According to numerous studies, the use of organic fertilizers promotes the accumulation of organic carbon, improves soil structure, increases water-holding capacity, and activates soil microbiota. The addition of manure, compost, and other organic materials increases humus content, improves the hydrophysical properties of the soil, and creates favorable conditions for plant growth [27].

Mineral fertilizers play a key role in increasing pasture productivity by compensating for nutrient deficiencies. Nitrogen fertilizers stimulate the growth of aboveground biomass, phosphorus fertilizers promote root development and increase plant resistance to drought, and potassium regulates water balance and improves plant tolerance to salinity and high temperatures. In recent years, particular attention has been paid to organomineral fertilizers, which combine organic and mineral components. According to various authors, such compositions not only provide nutrients but also improve the agrophysical properties of the soil, increase the buffering capacity of the environment, reduce the negative impact of salinity, and promote more efficient water use by plants [28].

To restore saline soils, land reclamation measures are widely used alongside fertilizer application. Research shows that chemical reclamation, primarily gypsum

application to solonetz soils, promotes the replacement of exchangeable sodium with calcium, improves soil structure, increases its permeability, and reduces salinity. In soils with unfavorable environmental conditions, liming is an effective technique, increasing the availability of nutrients and soil biological activity [29]. In conditions of limited water resources, water-saving technologies are important. According to published data, the use of drip irrigation, mulching, minimum tillage, and other techniques can reduce moisture loss, increase the efficiency of its use, and maintain vegetation productivity in arid conditions.

Available scientific evidence indicates a close relationship between fertilizer use, organic carbon content, and the health of the soil microbiome. Increasing organic matter content has been shown to promote the development of beneficial microorganisms, activate mineralization processes, and improve nutrient cycling, all of which positively impact soil fertility and ecosystem resilience [29]. The use of organomineral preparations based on natural aluminosilicates, including vermiculite, zeolites, and other minerals, is considered a promising approach. Due to their high sorption capacity, such materials can retain moisture and nutrients, improve the hydrophysical properties of the soil, and reduce the stress effects of drought and salinity on plants.

Several studies have shown that the inclusion of humic substances, amino acids, protein hydrolysates, and microalgae, including *Chlorella vulgaris*, in organomineral compositions promotes root system development, activates soil microbiota, and increases plant resistance to abiotic stress. However, the effectiveness of such preparations depends on soil and climatic conditions and requires further experimental evaluation for various types of pasture ecosystems. Based on the above, an analysis of published studies shows that the most effective systems technologies are

those that combine the use of organo-mineral fertilizers, land reclamation measures, and water conservation techniques. Their use improves the physical and chemical properties of soils, increases organic carbon content, activates the soil microbiome, and enhances the productivity of degraded pastures in arid areas [30].

An analysis of published studies shows that most authors agree that pasture degradation in arid areas is caused by the combined effects of climatic and anthropogenic factors. The most common of these are soil salinization, precipitation deficits, high temperatures, wind erosion, and long-term grazing pressure. Regardless of the study region, these processes are accompanied by a decrease in projective cover, reduced productivity, and a gradual simplification of plant community structure. At the same time, the proportion of valuable forage species decreases, while the proportion of xerophytic and halophytic plants adapted to extreme environmental conditions increases.

The general conclusion of most studies is that the assessment of pasture condition should be based not only on the analysis of floristic composition, but also takes into account soil characteristics, the level of biodiversity, the content of organic carbon, the state of the soil microbiome, and the spatial distribution of vegetation. In recent years, the integration of geobotanical research with geoinformation technologies and remote sensing of the Earth has become increasingly widespread, which allows for an objective assessment of the degree of pasture degradation and monitoring changes in their productivity over long-term dynamics.

At the same time, a literature review reveals certain differences in the approaches of various authors. Some researchers view salinization as the main factor in the degradation of pasture ecosystems, while others attribute the determining factors to overgrazing or climate change. Similar discrepancies are observed in assessing the

effectiveness of measures to restore degraded lands. Some studies focus on grazing pressure management and sustainable grazing, while other studies demonstrate the high effectiveness of organo-mineral fertilizers, soil reclamation measures, and water-saving technologies. These differences are likely due to the specific natural and climatic conditions, soil types, salinity levels, and plant community composition of the study areas.

Despite the available scientific data, a number of scientific issues remain understudied. In particular, the number of studies devoted to a comprehensive analysis of the relationships between soil salinity, organic carbon content, soil microbiome structure, and changes in the floristic composition of pasture communities is limited. The impact of modern organo-mineral fertilizers on the restoration of degraded pastures under conditions of severe salinization and chronic moisture deficit has also been insufficiently studied. Furthermore, most published studies examine individual ecosystem components, while comprehensive studies integrating geobotanical, soil, and geoinformation data are much rarer.

The findings are consistent with research conducted in other arid regions of the world, including Central Asia, Mongolia, northern China, Australia, and North Africa. Despite differences in floristic composition and climatic conditions, most authors note similar patterns of pasture degradation: decreased biodiversity, reduced projective cover, deterioration of soil properties, and an increased role of drought- and salt-tolerant species. This indicates that the fundamental mechanisms underlying arid pasture functioning are universal, while the effectiveness of restoration measures must account for regional environmental characteristics. The Otyrar district of the Turkestan region is located in the desert (arid) zone of southern Kazakhstan and is one of the largest pasture areas in the region. The

total area of agricultural land is 611.8 thousand hectares, of which 565.9 thousand hectares are natural pastures, and the area of irrigated arable land reaches 44.3 thousand hectares. The climate of the region is sharply continental, with an annual precipitation of 100–200 mm, hot, long summers (up to +40...+45°C), high evaporation, and an aridity coefficient of less than 0.20. The soil cover is predominantly composed of sierozem soils of varying degrees of salinity, sierozem-salt soils, solonchaks, solonetz soils, and sandy-loamy deposits. The most common types of salinity are chloride, sulfate, and chloride-sulfate, which determine the development of xerophytic and halophytic vegetation. The main pasture communities are wormwood-kermek, wormwood-saltwort, saltwort-anabasis and tamarisk phytocenoses with the dominance of *Artemisia terrae-albae* var. *aralensis*, *Anabasis aphylla*, *Salsola tragus*, *Limonium caspium*, *Tamarix ramosissima* and *Alhagi pseudalhagi*. Pastures are used primarily for year-round grazing of sheep, goats, cattle, horses and camels, with the highest grazing pressure observed near settlements, livestock camps and watering places, usually within the first 3–5 km. The main forms of pasture degradation include overgrazing, second-

dary salinization, wind erosion, reduced protective cover, changes in species composition, and desertification processes, making the area representative for studying the functioning and restoration of arid zone pasture ecosystems. In recent years, the condition of natural pastures has been deteriorating under the influence of climate change and increasing anthropogenic pressure. In modern conditions, the restoration of pasture ecosystems requires a comprehensive approach, including regulation of grazing pressure, the use of organomineral fertilizers, soil reclamation measures and the use of geoinformation monitoring technologies and remote sensing of the Earth to assess the state of vegetation and identify degraded areas. This approach will increase pasture productivity, preserve biodiversity and ensure sustainable use of natural forage lands in the Otyrar district.

The main factors of degradation are climate aridization, overgrazing, soil salinization, land use change and irrational nature management, leading to deterioration of the physical, chemical and biological properties of the soil, a decrease in projective cover, biodiversity and vegetation productivity (figure 1).

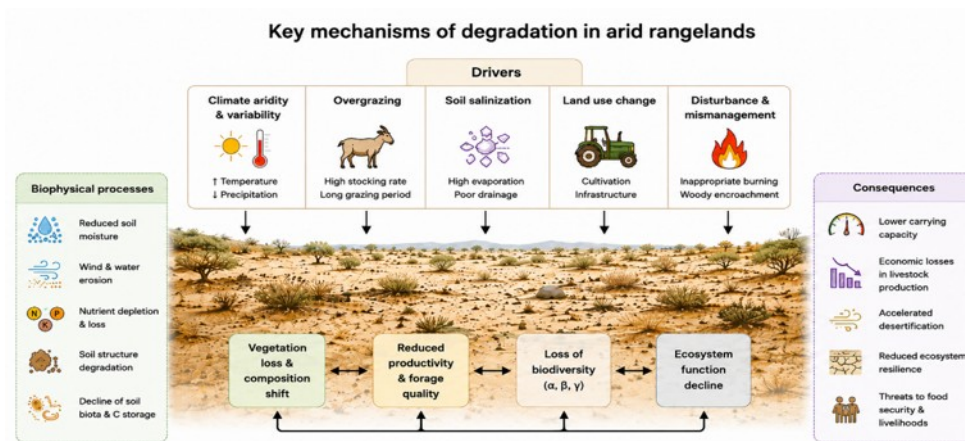


Figure 1 - Conceptual diagram of degradation mechanisms of pasture ecosystems in the arid zone

CONCLUSION

Pasture ecosystems in arid areas are an important component of natural resources, providing forage for livestock, preserving biodiversity, and supporting ecosystem resilience. An analysis of published studies shows that their condition is largely determined by climate conditions, soil salinity, moisture deficit, and the intensity of anthropogenic pressure, which lead to reduced productivity and changes in the structure of plant communities.

An analysis of published studies shows that the most reliable assessment of pasture conditions is achieved by integrating geobotanical, soil-ecological, and geoinformation methods. The combined use of field observations, laboratory soil analysis, and remote sensing data allows for an objective assessment of the floristic composition, productivity, biodiversity, and

degree of degradation of pasture ecosystems. An analysis of published studies shows that the relationships between soil salinity, organic carbon content, soil microbiome status, and vegetation changes in arid ecosystems remain insufficiently studied. Research devoted to a comprehensive assessment of the effectiveness of organomineral fertilizers in restoring degraded pastures is also limited.

Promising areas for further research include the development of scientifically based technologies for the restoration of degraded pastures using organomineral fertilizers, the improvement of geoinformation monitoring based on Earth remote sensing data, and the integration of soil, geobotanical and microbiological studies to predict long-term changes in pasture ecosystems and improve the efficiency of their rational use.

FUNDING INFORMATION

This work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, program number BR24992837 «Integrated ecological monitoring of the East Kazakhstan region for agricultural sustainable development and environmental enhancement».

REFERENCES

1. Reynolds J.F., Smith D.M.S., Lambin E.F. et al. Global desertification: building a science for dryland development // *Science*. - 2007. - Vol. 316. - P. 847-851. - DOI: 10.1126/science.1131634.
2. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. - Geneva: IPCC, 2023. - 184 p. - DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
3. Yao J., Chen Y., Guan X., Zhao Y., Chen J., Mao W. Recent climate and hydrological changes in Central Asia and their impacts on ecosystems // *Journal of Hydrology*. - 2023. - Vol. 620. - P. 129431. - DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129431.
4. Guo H., Bao A., Liu T. Climate variability and aridity changes in Central Asia // *Atmospheric Research*. - 2022. - Vol. 270. - P. 106055. - DOI: 10.1016/j.atmosres.2022.106055.
5. Huang J., Yu H., Guan X., Wang G., Guo R. Accelerated dryland expansion under climate change: A review // *Climate Dynamics*. - 2016. - Vol. 46. - № 9-10. - P. 3241-3256. - DOI: 10.1007/s00382-015-2587-5.
6. Pfadenhauer J., Klötzli F. *Global Vegetation: Fundamentals, Ecology and Distribution*. - Cham: Springer Nature Switzerland, 2020. - 858 p. - DOI: 10.1007/978-3-030-49860-3.
7. Ricklefs R.E., Relyea R. *Ecology: The Economy of Nature*. - 9th ed. - New York: W.H. Freeman, 2021.

8. Maestre F.T., Eldridge D.J., Soliveres S. et al. Structure and functioning of dryland ecosystems in a changing world // *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. - 2016. - Vol. 47. - P. 215-237. - DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-121415-032311.
9. Nimmo D.G., Tingley R., Pavey C.R. et al. Challenges and solutions to biodiversity conservation in arid lands // *Science of the Total Environment*. - 2023. - Vol. 857. - P. 159695. - DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159695.
10. De Cáceres M., Chytrý M., Agrillo E. et al. A comparative framework for broad-scale plot-based vegetation classification // *Applied Vegetation Science*. - 2015. - Vol. 18. - № 4. - P. 543-560. - DOI: 10.1111/avsc.12179.
11. Bonham C.D. *Measurements for Terrestrial Vegetation*. - 2nd ed. - Chichester: Wiley-Blackwell, 2013. - 272 p.
12. Tilman D., Isbell F., Cowles J.M. Biodiversity and ecosystem functioning // *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. - 2014. - Vol. 45. - P. 471-493. - DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-120213-091917.
13. Dimeeva L.A., Veselkin D.V. Rastitel'nost' pustyn' Kazahstana i voprosy ee klassifikatsii // *Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazahstana*. - 2015. - T. 21. - S. 45-61.
14. Norton M.R., Malinowski D.P., Volaire F. Plant drought survival under climate change and strategies to improve perennial grasses: A review // *Agronomy for Sustainable Development*. - 2016. - Vol. 36. - Art. 29. - DOI: 10.1007/s13593-016-0362-1.
15. Hooper D.U., Adair E.C., Cardinale B.J. et al. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change // *Nature*. - 2012. - Vol. 486. - P. 105-108. - DOI: 10.1038/nature11118.
16. Rozema J., Schat H. Salt tolerance of halophytes and their ecological significance // *Environmental and Experimental Botany*. - 2021. - Vol. 188. - Art. 104499. - DOI: 10.1016/j.envexpbot.2021.104499.
17. Maestre F.T., Eldridge D.J., Soliveres S., Kéfi S., Delgado-Baquerizo M., Bowker M.A., García-Palacios P., Gaitán J., Gallardo A., Lázaro R. et al. Research needs on the biodiversity-ecosystem functioning relationship in drylands // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. - 2023. - Vol. 378. - № 1870. - Art. 20220295. - DOI: 10.1098/rstb.2022.0295.
18. Wulder M.A., Roy D.P., Radeloff V.C., Loveland T.R., Anderson M.C., Johnson D.M. et al. Fifty years of Landsat science and impacts // *Remote Sensing of Environment*. - 2022. - Vol. 280. - Art. 113195. - DOI: 10.1016/j.rse.2022.113195.
19. De Cáceres M., Chytrý M., Agrillo E. et al. A comparative framework for broad-scale plot-based vegetation classification // *Applied Vegetation Science*. - 2015. - Vol. 18. - № 4. - P. 543-560. - DOI: 10.1111/avsc.12179.
20. Simpson E.H. Measurement of Diversity // *Nature*. - 1949. - Vol. 163. - № 4148. - P. 688. - DOI: 10.1038/163688a0.
21. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // *Bell System Technical Journal*. - 1948. - Vol. 27. - P. 379-423. - DOI: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x.
22. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter // *Nature*. - 2015. - Vol. 528. - P. 60-68. - DOI: 10.1038/nature16069.
23. Delgado-Baquerizo M., Guerra C.A., Trivedi P. et al. The global ecology of soil microbiomes // *Nature Reviews Microbiology*. - 2023. - Vol. 21. - P. 555-571.
24. Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z. et al. Soil quality revisited: Concepts, indicators and applications // *Soil and Tillage Research*. - 2024. - Vol. 245. - Art. 106150.

25. Wulder M.A., Coops N.C., Roy D.P. Landsat continuity and applications in ecosystem monitoring // Remote Sensing of Environment. - 2022. - Vol. 269. - Art. 112822. - DOI: 10.1016/j.rse.2021.112822.

26. Xue J., Su B. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications // Journal of Sensors. - 2017. - Vol. 2017. - Art. 1353691. - DOI: 10.1155/2017/1353691.

27. Agegnehu G., Bass A.M., Nelson P.N., Bird M.I. Benefits of biochar, compost and biochar-compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in tropical agricultural soils: A review // Agriculture, Ecosystems & Environment. - 2016. - Vol. 213. - P. 72-85. - DOI: 10.1016/j.agee.2015.07.015.

28. Qadir M., Quill  rou E., Nangia V. et al. Economics of salt-induced land degradation and restoration // Natural Resources Forum. - 2014. - Vol. 38. - № 4. - P. 282-295. - DOI: 10.1111/1477-8947.12054.

29. Trivedi P., Leach J.E., Tringe S.G., Sa T., Singh B.K. Plant-microbiome interactions: from community assembly to plant health // Nature Reviews Microbiology. - 2020. - Vol. 18. - № 11. - P. 607-621. - DOI: 10.1038/s41579-020-0412-x.

30. Rouphael Y., Colla G. Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: From experimental data to practical applications // Agronomy. - 2020. - Vol. 10. - № 10. - Art. 1461. - DOI: 10.3390/agronomy10101461.

ТҮЙІН

А.К. Мукангалиева^{1,2}, А. Аманжолқызы^{1,2*}, Г.А. Сапаров¹, Т.С. Ибрагимов², J. Мао³,

А.Д. Газизов¹,  .С. Сахбек¹

О Т СТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ Қ РҒАҚ АЙМАҒЫНЫҢ ЖАЙЫЛЫМ ЭКОЖ ЙЕЛЕРІ:
ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ, М СЕЛЕЛЕРІ Ж НЕ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ЖОЛДАРЫ (ШОЛУ)

¹Орталық Азия экология және қоршаған орта ғылыми-зерттеу орталығы
(Алматы), 050060, Алматы,  л-Фараби, 75В, Қазақстан, *e-mail: arai13_95@list.ru

² л-Фараби атындағы Қазақ  лттық университеті,

050040, Алматы,  л-Фараби, 71, Қазақстан

³Қ рғақ жерлердегі экологиялық қауіпсіздік және тұрақты дамудың
мемлекеттік негізгі зертханасы, Қытай Ғылым академиясының Шыңжаң экология
және география институты, 830011,  рімші, Оңт стік Пекин жолы, 818, Шыңжаң,
Қытай

Б л мақалада Т ркістан облысының Отырар ауданы мысал ретінде Оңт стік Қазақстанның қ рғақ аймағындағы жайылым экож йелерінің жағдайы мен жұмыс істеуі бойынша қазіргі зерттеулерге шолу жасалған. Онда аймақтың табиғи-климаттық сипаттамалары, қ рғақшылық пен климаттың өзгеруінің жайылым фитоценоздарының құрылымына, олардың  німділігіне және био рт рлілігіне әсері қарастырылды. Жайылым экож йелерінің тұрақтылығына әсер ететін негізгі факторлар, соның ішінде су режимі, топырақтың тұздылығы, органикалық к міртегі м лшері, топырақ микробиомының жағдайы және антропогендік ж ктеме талданды.  сімдіктерді геоботаникалық бағалаудың заманауи әдістеріне, проекциялық жамылғыны,  німділікті және био рт рлілік к рсеткіштерін анықтауға, сондай-ақ жайылым жағдайын бағалау  шін геоақпараттық ж йелерді, қашықтықтан зондтауды және спутниктік мониторингті пайдалануға ерекше назар аударылды. Табиғи алюмосиликаттар, гуминді заттар, ақуыз гидролизаты және микробалдырлар *Chlorella vulgaris* негізіндегі органоминералды тыңайтқыштарды пайдалану арқылы деградацияланған жайылымдарды қалпына келтіру перспективалары туралы деректер қорытындыланды. Геоботаникалық, топырақ-экологиялық және цифр-

лық зерттеу әдістерін біріктіретін кешенді тәсіл жайылым экожүйелерінің тұрақтылығын арттыруға, биоәртүрлілікті сақтауға және құрғақ аумақтарда табиғи жемшөп ресурстарын ұтымды пайдалануға ықпал ететіні көрсетілді.

Түйінді сөздер: құрғақ аймақ, Отырар ауданы, жайылым өсімдіктері, фитоценоздар, биоәртүрлілік, жайылым өнімділігі, органоминералды тыңайтқыштар, вермикулит, гуминді заттар, *Chlorella vulgaris*.

РЕЗЮМЕ

А.К. Мукангалиева^{1,2}, А. Аманжолқызы^{1,2*}, Г.А. Сапаров¹, Т.С. Ибрагимов²,

Ж. Мао³, А.Д. Газизов¹, Ә.С. Сахбек¹

ПАСТБИЩНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ (ОБЗОР)

¹Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды
Центральной Азии (Алматы), 050060, Алматы, аль-Фараби, 75В, Казахстан,

*e-mail: arai13_95@list.ru

²Казахский Национальный университет имени аль-Фараби,
050040, Алматы, аль-Фараби, 71, Казахстан

³Государственная ключевая лаборатория экологической безопасности и
устойчивого развития засушливых районов, Синьцзянский институт экологии и
географии, Китайская академия наук,

830011, Урумчи, Южная Пекинская дорога, 818, Синьцзян, Китай

В статье представлен обзор современных исследований текущего состояния и функционирования пастбищных экосистем в засушливой зоне Южного Казахстана на примере Отрарского района Туркестанской области. Рассмотрены природно-климатические особенности региона, влияние аридизации и изменения климата на структуру фитоценозов пастбищ, их продуктивность и биоразнообразие. Проанализированы основные факторы, влияющие на стабильность пастбищных экосистем, такие как водный режим, засоленность почвы, содержание органического углерода, состояние почвенного микробиома и антропогенная нагрузка. Особое внимание уделено современным методам геоботанической оценки растительного покрова, определению проективного покрытия, показателей продуктивности и биоразнообразия, а также использованию геоинформационных систем, технологий дистанционного зондирования и спутникового мониторинга для оценки состояния пастбищ. Собраны данные о перспективах восстановления деградированных пастбищ с использованием органоминеральных удобрений на основе природных алюмосиликатов, гуминовых веществ, гидролизата белка и микроводорослей *Chlorella vulgaris*. Показано, что комплексный подход, сочетающий геоботанические, почвенно-экологические и цифровые методы исследования, способствует повышению стабильности пастбищных экосистем, сохранению биоразнообразия и рациональному использованию природных земельных ресурсов засушливых районов.

Ключевые слова: аридная зона, Отырарский район, пастбищная растительность, фитоценозы, биоразнообразие, продуктивность пастбищ, органоминеральные удобрения, вермикулит, гуминовые вещества, *Chlorella vulgaris*.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

1. Mukangaliyeva Assem Kuryshovna – Researcher of the scientific research laboratory, PhD student, <https://orcid.org/0009-0003-2507-4428>, e-mail: asem_mukangalieva@bk.ru

2. Amanzholkzy Arailym – Scientific secretary of the scientific research laboratory, scientific researcher of the department of chemistry and technology of organic substances, natural compounds and polymers, PhD, <https://orcid.org/0000-0003-4052-1436>, e-mail: arai13_95@list.ru

3. Saparov Galymzhan Abdullayevich – Director General, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, <https://orcid.org/0000-0002-6392-2032>, e-mail: saparov.g@mail.ru

4. Ibragimov Talgat Saduakasovich – Associate Professor of the Department of Botany and Agroecology of the Faculty of Biology and Biotechnology, <https://orcid.org/0000-0001-8902-9042>, e-mail: ibragimov.talgat@kaznu.edu.kz

5. Jiefei Mao – Professor, PhD, <https://orcid.org/0000-0002-5225-1747>, e-mail: mjf@ms.xjb.ac.cn

6. Gazizov Aidyn Doldashevich – Head of the scientific research laboratory, <https://orcid.org/0009-0006-8763-5632>, e-mail: gaziz.aydin@gmail.com

7. Sakhbek Adilet Sarkytbekuly – Researcher of the scientific research laboratory, <https://orcid.org/0009-0003-3670-8828>, e-mail: Sakhbek@bk.ru

Главный редактор

Б.У. Сулейменов

Редакционная коллегия:

Р.Х. Рамазанова (заместитель главного редактора),
М.А. Ибраева (ответственный секретарь),
Георг Гуггенбергер (Германия), А.В. Козлов (Россия),
М.Г. Мустафаев (Азербайджан), М.В. Филипова (Болгария),
Б.М. Амиров, Б.Н. Насиев, Г.А. Сапаров,
М.Т. Егізтай (компьютерная верстка)

Тираж 200 экз.