

Код МРНТИ 87.21.09

*Д.К. Сунакбаева, Д.Х. Юлдашбек

Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави
(г. Туркестан, Казахстан)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ В ГОРНО-ДОЛИННЫХ РАЙОНАХ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ ДОЛИН УРАНГАЙ И АЩЫСАЙ)

Аннотация. В работе представлены результаты полевых и лабораторных исследований засоления почв горно-долинных районов Туркестанской области на примере долин Урангай и Ащысай. Установлено, что уровень электропроводности (ЕС) существенно варьирует в зависимости от рельефа и гидрологических условий. Весной фиксируются минимальные значения ЕС из-за промывочного действия осадков, летом – повышение концентрации солей вследствие испарения и ирригации, осенью – частичное снижение из-за вымывания. Пространственный анализ выявил мозаичное распределение солей: максимальное засоление характерно для понижений и зон оросительных каналов. По химическому составу солевые комплексы относятся к сульфатно-хлоридному типу с преобладанием ионов Na^+ и Mg^{2+} . Результаты подтверждают влияние природных и техногенных факторов на формирование солевого режима почв долин Урангай и Ащысай.

Ключевые слова: засоление почв, электропроводность, геоэкология, горно-долинные территории, техногенные факторы, Туркестанская область.

Түркістан облысының таулы-шалғыр аудандарында топырақтың тұздануын геоэкологиялық бағалау (Орангай және Ащысай аңғарлары мысалында)

Аннотация. Жұмыста Түркістан облысының таулы-ұңғымалы аймақтарындағы Урангай және Ащысай аңғарларындағы топырақ тұздануын зерттеу нәтижелері ұсынылды. Топырақтардың электрөткізгіштік (ЕС) деңгейі рельеф пен гидрологиялық жағдайларға қарай айтарлықтай өзгереді. Көктемде жауын-шашынның жұғыш әсерінен ЕС минималды, жазда булану мен суару салдарынан тұз концентрациясы артады, ал күзде жоғарғы қабаттың шайылуына байланысты едәуір төмендейді. Кеністіктік талдау тұздардың мозаикалық таралуын көрсетті: ең жоғары тұздану төмен жерлерде және суару каналдарының маңында анықталды. Химиялық құрам бойынша тұздар сульфат-хлоридтік типке жатады, Na^+ және Mg^{2+} иондары басым. Нәтижелер Урангай мен Ащысай аңғарларындағы топырақ тұздану режиміне табиғи және техногендік факторлардың ықпалын дәлелдейді.

Түйінді сөздер: топырақ тұздануы, электрөткізгіштік, геоэкология, таулы-ұңғымалы аудандар, техногендік факторлар, Түркістан облысы.

Geocological assessment of soil salinization in the mountain-valley areas of the Turkestan region (a case study of the Urangai and Ashysay valleys)

Abstract. The study presents field and laboratory data on soil salinization in the mountain-valley zones of the Turkestan region, using the Urangai and Ashysay valleys as examples. Electrical conductivity (EC) varies markedly with topography and hydrological conditions: spring shows minimum values due to precipitation leaching, summer brings increased salt concentrations from evaporation and irrigation, and autumn shows a partial decline. Spatial analysis indicates a mosaic salinity pattern, with maximum levels in depressions and near irrigation canals. Chemically, salts correspond to the sulfate-chloride type dominated by Na^+ and Mg^{2+} ions. The findings confirm that both natural and anthropogenic factors shape the salinity regime of these valleys.

Key words: soil salinization, electrical conductivity, geocology, mountain-valley landscapes, anthropogenic factors, Turkestan region.

Введение

Устойчивое природопользование в условиях горных и предгорных регионов является одной из ключевых задач современного геоэкологического развития. Эти территории отличаются высокой природной уязвимостью, сложной структурой рельефа, интенсивными гидрогеологическими процессами и ограниченными земельными ресурсами. Одним из наиболее значимых факторов деградации земель выступает засоление почв, возникающее в результате использования минерализованных оросительных вод, подъема засоленных грунтовых вод и последствий техногенного воздействия [1].

По своим масштабам и последствиям засоление почв сопоставимо с другими глобальными проблемами, такими как эрозия и опустынивание. По данным международных организаций, значительная часть орошаемых земель в мире, особенно в аридных и семиаридных регионах, подвержена вторичному засолению [2]. Центральная Азия рассматривается как один из наиболее уязвимых регионов: в Туркменистане и Узбекистане 40–60% орошаемых земель имеют различную степень засоления или заболачивания, а в Казахстане около 20% площадей находятся в зоне риска деградации [3, 4]. Это подчеркивает необходимость разработки интегрированных экологических подходов к управлению солеобразовательными процессами, поскольку их последствия напрямую влияют на устойчи-

вость экосистем, качество водных ресурсов и жизнеспособность природно-хозяйственных систем [5].

В качестве объектов исследования выбраны долины Урангай и Ащысай Туркестанской области, представляющие типичные горно-долинные экосистемы региона с различной глубиной залегания грунтовых вод и интенсивностью ирригации.

Международный опыт показывает, что длительная эксплуатация ирригационных систем без эффективной дренажной инфраструктуры приводит к широкомасштабной деградации почвенного покрова – подобные явления зафиксированы в Индии, Китае и Иране [6–8]. В то же время успешные примеры отмечены в странах Средиземноморья и Австралии, где внедрение адаптивных технологий водопользования и экологического мониторинга позволило существенно снизить риск вторичного засоления.

В горных и предгорных районах Туркестанской области и сопредельных государств данная проблема имеет специфический характер. Ограниченные ресурсы пресной воды, высокая испаряемость и сложный рельеф усиливают развитие деградационных процессов. В отличие от равнинных территорий, где доминируют техногенные причины засоления, в горных системах значительную роль играют природно-климатические и гидрогеологические факторы. Это требует выработки особых геоэкологических подходов, сочетающих методы инженерной защиты, рациональ-

ного водопользования и ландшафтно-экологического планирования.

Цель исследования – оценка пространственных особенностей засоления почв и выявление геоэкологических факторов, определяющих формирование солевого режима в долинах Урангай и Ащысай Туркестанской области.

Таким образом, проблема засоления почв в горных и предгорных регионах выходит за рамки локальной задачи и становится частью глобальной повестки устойчивого природопользования. Ее решение требует междисциплинарного подхода, объединяющего методы геоэкологии, гидрологии, инженерной мелиорации и мониторинга состояния окружающей среды.

Материалы и методы

Исследование проводилось на территории долин Урангай и Ащысай Туркестанской области, где в условиях засушливого климата и сложного горного рельефа развиваются процессы вторичного засоления почв. Работы выполнялись на репрезентативных участках, различающихся по глубине залегания грунтовых вод, гидрогеологическим условиям и типу ирригации.

Отбор проб и схема наблюдений

Полевые исследования проводились в течение трех фаз вегетационного периода весной (до начала поливов), летом (в пик водоподачи) и осенью (после завершения поливов), что позволило оценить сезонные изменения засоления. Почвенные пробы отбирались на глубинах 0–20 см, 20–40 см и 40–60 см, соответствующих основным горизонтам корнеобитаемой зоны. На каждом участке выполнялись не менее трех повторностей, обеспечивающих статистическую достоверность данных. Параллельно фиксировались глубина залегания и минерализация грунтовых вод по данным гидрогеологической сети региона и полевых измерений.

Лабораторные исследования.

Определялись следующие показатели:

- общая солевая концентрация (TDS) методом электропроводности;
- содержание хлоридов, сульфатов и карбонатов натрия, кальция и магния титриметрическим и ионообменным методами;
- рН и электропроводность (ЕС) водной вытяжки (1:5);
- гранулометрический состав по методу Качинского;
- содержание органического вещества по методу Вальке-Блэка.

Расчет экологического коэффициента засоления (E).

Для интегральной оценки степени засоления использовался экологический коэффициент E , характеризующий совокупное воздействие солей на почвенно-растительный покров:

$$E = \frac{C_{Cl-} + C_{SO_4^{2-}} + C_{CO_3^{2-}} + C_{HCO_3^{-}}}{ЕС}$$

где C_{Cl-} ; $C_{SO_4^{2-}}$; $C_{CO_3^{2-}}$; $C_{HCO_3^{-}}$ – концентрации соответствующих ионов (ммоль/л);

$ЕС$ – электропроводность раствора, дС/м.

Значения коэффициента E позволяли классифицировать степень засоления почв:

- $E < 0,5$ – незасоленные почвы,
- $0,5 \leq E < 1,0$ – слабозасоленные,
- $1,0 \leq E < 2,0$ – средnezасоленные,
- $E \geq 2,0$ – сильнозасоленные.

Геоинформационный и статистический анализ. Для пространственно-временной оценки и визуализации динамики засоления применялись ГИС-технологии (ArcGIS 10.8 и QGIS 3.22). Построенные цифровые карты отразили распределение солей по профилю и сезонам. Статистическая обработка данных включала описательную статистику, корреляционный анализ и анализ главных компонент (PCA) с использованием MS Excel, SPSS и R.

Оценка устойчивости землепользования включала следующие направления:

- Агротехнические меры: оптимизация севооборотов, уменьшение глубины обработки почвы, выращивание солеустойчивых культур (люцерна, ячмень, кормовые травы).
- Рациональное водопользование: усовершенствование схем ирригации, контроль норм полива, реконструкция дренажных сетей.
- Биологические и инженерно-мелиоративные решения: использование фитомелиорантов (например, солянка, гребенщик, саксаул), внедрение систем биодренажа и микробиологических препаратов для восстановления структуры почвы.
- Социально-экологические аспекты: активное участие местных землепользователей, интеграция традиционных знаний, вовлечение сообществ в мониторинг состояния земель.

Результаты и обсуждение

Анализ почвенных проб, отобранных в долинах Урангай и Ащысай Туркестанской области, показал существенные различия по уровням солевого насыщения в зависимости от рельефа и глубины залегания грунтовых вод. Значения электропроводности (ЕС) варьировали от 0,3 до 4,5 дС/м, отражая диапазон от незасоленных до сильнозасоленных почв. Наибольшие значения ЕС фиксировались в пониженных участках рельефа и вблизи оросительных каналов, что свидетельствует о накоплении солей в локальных водосборных депрессиях.

Таблица 1
Динамика электропроводности (ЕС) почв по сезонам в долинах Урангай и Ащысай

Кесте 1
Ораңгай және Ащысай аңғарларындағы топырақтың маусымдық электр өткізгіштік (ЕС) динамикасы

Table 1
Seasonal dynamics of soil electrical conductivity (ЕС) in the Urangay and Ashysay valleys

Сезон	Среднее значение ЕС, дС/м	Характеристика засоления
Весна	2,1	Слабозасоленные
Лето	4,3	Средnezасоленные
Осень	3,0	Слабое – среднее засоление

Как видно из таблицы 1, максимальные значения электропроводности фиксировались в летний период, что подтверждает влияние испарительных процессов и накопления солей в пахотном слое. Пространственный анализ (рис. 1) показывает, что наиболее засоленные участки сосредоточены в понижениях рельефа, вдоль русел временных водотоков и оросительных каналов. На склонах и возвышенных участках уровень ЕС, как правило, ниже, что связано с лучшим дренированием почвенного профиля.

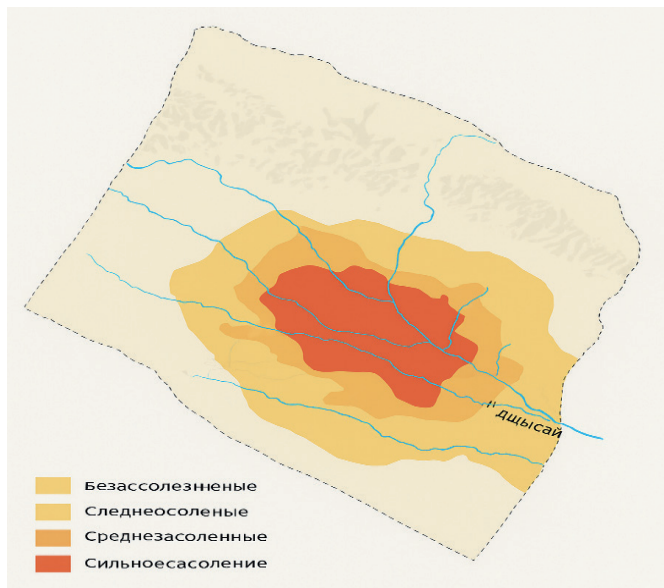


Рис. 1. Пространственное распределение засоленных почв в долинах Урангай и Ащысай Туркестанской области.
Сурет 1. Түркістан облысының Ораңгай және Ащысай аңғарларындағы тұзданған топырақтардың кеңістіктік таралуы.
Figure 1. Spatial distribution of saline soils in the Urangay and Ashysai valleys of the Turkistan Region.

Полученные результаты пространственно-сезонного анализа послужили основой для дальнейшего изучения химического состава солевых комплексов и выявления особенностей ионного состава засоленных почв.

Химический состав солевых комплексов

Анализ ионного состава водных вытяжек показал, что засоление исследуемых почв имеет преимущественно сульфатно-хлоридный характер с преобладанием ионов натрия (Na^+) и магния (Mg^{2+}). В отдельных пробах, отобранных в понижениях рельефа, отмечено увеличение содержания хлоридов (Cl^-), что связано с застойными водно-солевыми условиями и слабым дренированием (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, во все сезоны наблюдается преобладание сульфат- и хлорид-ионов, что подтверждает смешанный сульфатно-хлоридный тип засоления. Наибольшие концентрации всех основных ионов отмечены летом, когда испарение усиливает аккумуляцию легкорастворимых солей в верхних горизонтах. Осенью их содержание снижается вследствие частичного вымывания при осадках и уменьшения интенсивности испарения.

Сезонные колебания концентраций ионов соответствовали общей динамике электропроводности: весной наблюдалось наименьшее общее солесодержание, летом происходило накопление Na^+ и Cl^- вследствие испарительного концентрирования, а осенью фиксировалось частичное снижение содержания растворимых солей.

Проведенные полевые и лабораторные исследования позволили установить выраженную сезонную и пространственную изменчивость засоления почв долин Урангай и Ащысай. Весной уровень электропроводности (ЕС) был минимальным вследствие промывочного действия осадков, летом наблюдалось увеличение концентрации солей в результате активного испарения и орошения, а осенью происходило частичное вымывание солей из верхнего горизонта.

Пространственный анализ показал, что наиболее засоленные участки приурочены к понижениям рельефа и зонам оросительных каналов, где происходит аккумуляция легкорастворимых солей. На склонах и водоразделах уровень ЕС ниже, что связано с лучшей дренированностью почвенного профиля.

Исследование химического состава солевых комплексов выявило сульфатно-хлоридный тип засоления с преобладанием ионов Na^+ и Mg^{2+} . Наибольшие концентрации солей отмечались в летний период, что указывает на влия-

Таблица 2

Среднее содержание основных ионов в засоленных почвах долин Урангай и Ащысай

Кесте 2

Ораңгай және Ащысай аңғарларындағы тұзданған топырақтардағы негізгі иондардың орташа мөлшері

Table 2

Average content of major ions in salt-affected soils of the Urangay and Ashysay valleys

Ион	Весна, ммоль/100 г	Лето, ммоль/100 г	Осень, ммоль/100 г	Среднее значение	Преобладающая форма
Na^+	1,8	4,6	2,9	3,1	$Na_2SO_4, NaCl$
Ca^{2+}	0,9	1,7	1,3	1,3	$CaSO_4$
Mg^{2+}	1,2	3,1	2,0	2,1	$MgSO_4$
Cl^-	2,0	5,4	3,1	3,5	$NaCl, MgCl_2$
SO_4^{2-}	3,5	7,8	5,2	5,5	$Na_2SO_4, MgSO_4$
Σ солей	9,4	22,6	14,5	15,5	-

яние испарительных процессов и вторичного засоления оросительного происхождения. В осенний период содержание ионов снижалось вследствие частичного выноса солей в нижние горизонты и в грунтовые воды.

Таким образом, формирование солевого режима исследуемых почв определяется сочетанием природных (климатических и гидрогеологических) и антропогенных факторов, включая особенности орошения, дренаж и микрорельеф местности.

Обсуждение результатов

Результаты проведенных полевых, лабораторных и геоинформационных исследований позволили комплексно оценить пространственно-временные особенности засоления почв в долинах Урангай и Ащысай Туркестанской области. Полученные данные подтверждают, что процессы засоления в горно-долинных районах имеют сложную природу, формирующуюся под влиянием как природных, так и антропогенных факторов.

1. Геоэкологические особенности засоления

Для исследуемой территории характерно сочетание континентального засушливого климата, высокой солнечной радиации, малого количества атмосферных осадков (менее 300 мм в год) и интенсивного испарения, превышающего осадки более чем в три раза. Эти климатические условия способствуют постоянному водно-солевому стрессу почвенного покрова.

Полевые наблюдения показали, что основной вклад в формирование солевого режима вносят гидрогеологические процессы – подъем минерализованных грунтовых вод, особенно в понижениях рельефа, где отмечена глубина залегания вод менее 1,5–2,0 м. В сочетании с неэффективным дренажом и оросительной деятельностью это приводит к накоплению легкорастворимых солей в корнеобитаемом слое.

Отмеченные пространственные различия электропроводности (от 0,3 до 4,5 дС/м) указывают на выраженную мозаичность почвенного покрова, что типично для горно-долинных систем. Максимальные значения ЕС наблюдались в летний период в пониженных частях долин, вдоль русел временных водотоков и ирригационных каналов. На склонах и водоразделах значения ЕС значительно ниже, что связано с лучшей аэрацией и дренированием почв.

2. Химическая специфика солевого состава

По химическому типу засоления исследуемые почвы относятся преимущественно к сульфатно-хлоридному типу, с преобладанием ионов натрия (Na^+), магния (Mg^{2+}) и сульфатных анионов (SO_4^{2-}). Этот тип засоления характерен для полусухих территорий с периодическим промывным режимом.

Высокие концентрации ионов натрия и магния указывают на преимущественное влияние ирригационных вод, обогащенных солями натрия и магния, а также на наличие процессов вторичного засоления. В некоторых низинных участках зафиксировано преобладание хлоридов, что свидетельствует о застойных условиях и слабом дренировании.

Сезонная динамика также четко выражена:

весной – минимальные концентрации солей вследствие промывочного действия осадков и частичного разбавления оросительными водами;

летом – максимальные значения ЕС и содержания ионов, обусловленные испарительным концентрированием;
осенью – постепенное снижение концентраций вследствие вымывания и миграции солей в нижние горизонты.

Эти закономерности соответствуют результатам аналогичных исследований, проведенных в аридных районах Центральной Азии, Ирана и Индии, где летний максимум засоления является типичной чертой почвенного режима [9–11].

3. Пространственно-временные закономерности и риски деградации

Анализ пространственных данных, полученных с использованием ГИС-технологий, показал, что зона максимального засоления приурочена к центральным и нижним частям долин, где происходит аккумуляция грунтовых и оросительных вод. Именно здесь формируются очаги вторичного засоления, представляющие угрозу для агроландшафтов.

На склонах, наоборот, наблюдается более благоприятный гидрологический режим, обеспечивающий частичное вымывание солей. Такое распределение отражает тесную связь между микрорельефом и гидрогеологическими процессами.

Установленные закономерности подтверждают необходимость дифференцированного подхода к управлению водно-солевым балансом в зависимости от геоморфологического положения участка.

4. Сравнение с международным опытом

Сопоставление полученных данных с зарубежными исследованиями показывает, что наблюдаемые процессы аналогичны тенденциям в других горно-долинных регионах мира. В частности, в северных районах Индии (штаты Харьяна и Пенджаб), в провинции Хэнань (Китай) и в иранских долинах Хорасан выявлены аналогичные механизмы вторичного засоления, обусловленные нарушением дренажных условий и длительным использованием оросительных систем без модернизации.

Однако успешные примеры Средиземноморских стран и Австралии показывают, что внедрение адаптивного управления водопользованием, строительство подземных дренажей и применение фитомелиорации (использование солеустойчивых растений) позволяют снизить уровень засоления на 30–50% в течение нескольких лет.

Это подтверждает, что для долин Урангай и Ащысай эффективными могут стать интегрированные меры, сочетающие инженерные, биологические и социально-экологические подходы.

5. Геоэкологические рекомендации и управленческие решения

На основании анализа данных предлагается комплекс мер для снижения рисков засоления и повышения устойчивости землепользования:

Инженерно-гидротехнические меры

- реконструкция существующих оросительных и дренажных сетей;
- устройство горизонтальных и вертикальных дренажей в зонах повышенного увлажнения;
- контроль качества ирригационной воды.

Агротехнические и биологические меры

- внедрение солеустойчивых культур (ячмень, люцерна, солянка, саксаул, гребенщик);
- чередование культур с разной глубиной корневой системы;
- использование фитомелиорантов для биодренажа и снижения концентрации солей в верхних горизонтах.

Информационно-мониторинговые меры

- создание локальных геоэкологических баз данных и карт засоления;
- регулярный мониторинг ЕС, рН, уровня грунтовых вод;
- участие местных землепользователей в наблюдениях и принятии решений.

Реализация этих рекомендаций позволит не только сократить масштабы вторичного засоления, но и повысить адаптивный потенциал экосистем долин к изменяющимся климатическим и антропогенным условиям.

6. Геоэкологическое значение результатов

Проведенное исследование имеет не только прикладное, но и методологическое значение для развития региональных подходов к управлению природными ресурсами в условиях аридных горно-долинных систем. Полученные закономерности могут быть использованы для:

- моделирования процессов засоления в схожих природно-климатических условиях;
- планирования рационального водопользования;
- прогнозирования экологической устойчивости агроландшафтов.

Таким образом, засоление почв в долинах Урангай и Ащысай следует рассматривать как комплексный геоэкологический процесс, где взаимодействие природных и антропогенных факторов формирует специфический водно-солевой режим. Эффективное управление этим процессом требует междисциплинарного подхода, сочета-

ющего методы геоэкологии, гидрологии, почвоведения и социально-экологических наук.

Заключение

Представленные материалы показывают, что засоление почв в горных и предгорных регионах требует комплексного геоэкологического подхода, включающего сочетание инженерных, природоохранных и социальных мероприятий. Реализация этих мер способствует снижению риска деградации почв, повышению устойчивости экосистем и сохранению природного потенциала регионов. В условиях Туркестанской области и аналогичных территорий важно адаптировать международный опыт с учетом местных природных и гидрогеологических условий.

Результаты исследования свидетельствуют, что засоление почв в долинах Урангай и Ащысай имеет комплексный сезонно-пространственный характер.

Основные выводы:

1. Установлена закономерная динамика электропроводности: минимальные значения весной, максимальные летом и частичное снижение осенью.
2. Пространственное распределение солей обусловлено рельефом и гидрологическими условиями: максимальное накопление солей наблюдается в понижениях и вблизи оросительных каналов.
3. Соленые комплексы имеют преимущественно сульфатно-хлоридный характер с преобладанием ионов Na^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} и Cl^- , что указывает на вторичный, оросительный генезис засоления.
4. Антропогенные факторы, такие как подача минерализованных вод, усиливают процессы вторичного засоления в долинах Урангай и Ащысай.

Полученные данные могут быть использованы для разработки мер по рациональному водно-солевому регулированию, улучшения мелиоративного состояния земель и оптимизации систем орошения в условиях засоленных почв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жук В.А. Засоление почв и методы его регулирования: М.: Наука, 2019. 256 с. (на русском языке)
2. Айдосов К.А., Кожакметова С.Т. Пространственно-временная изменчивость солевого режима орошаемых почв Туркестанской области // Почвоведение и агрохимия. 2021. № 3. С. 45–53 (на русском языке)
3. Кенжебаев С.Р., Абдрахманова А.Е. Геоэкологические аспекты засоления и деградации почв в горных и предгорных районах Туркестанской области // Вестник КазНУ. Серия географическая. 2022. № 3 (77). С. 56–64 (на русском языке)
4. Махмудов Р.А. и др. Влияние ирригации на процессы вторичного засоления почв: Ташкент: Фан, 2018. 180 с. (на русском языке)
5. Шеинов А.В. Методы оценки засоления почв по электропроводности // Агрофизика. 2020. № 4. С. 12–19 (на русском языке)
6. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO). Управление засолением в орошаемом земледелии: Рим: FAO, 2020. 92 с. (на английском языке)
7. Использование воды, водный баланс почвы и риски засоления почв в средиземноморских садах южной Португалии в условиях современной климатической изменчивости: вопросы контроля засоления и управления ирригацией / Рамуш Туаго Б. [и др.] // Agricultural Water Management. 2023. Т. 283. С. 108319 (на английском языке)
8. Засоление почв в сельском хозяйстве: стратегии смягчения и адаптации, основанные на природных решениях и биоинженерии / Таролли Паоло [и др.] // iScience. 2024. Т. 27. № 2. С. 108830 (на английском языке)

9. Али Р., Малик Р.Н. Пространственно-временная изменчивость засоления почв при различных практиках орошения в аридных условиях // *Environmental Earth Sciences*. 2021. Т. 80. № 4. С. 185–197 (на английском языке)
10. Мирзоева С.Р., Джурсаев Х.Т., Абдуллаев Б.Х. Пространственно-временная динамика засоления почв орошаемых земель Южного Узбекистана // *Почвоведение*. 2019. № 7. С. 865–876 (на русском языке)
11. Сезонная изменчивость засоления почв и влияющие факторы в аридных орошаемых районах Северо-Западного Китая / Чжан Х. [и др.] // *Catena*. 2020. Т. 188. С. 104437 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жук В.А. Топырақтың тұздануы және оны реттеу әдістері: М.: Ғылым, 2019. 256 б. (орыс тілінде)
2. Айдосов Қ.А., Қожахметова С.Т. Түркістан облысының суармалы топырақтарындағы тұздық режимнің кеңістіктік-уақыттық өзгергіштігі // *Топырақтану және агрохимия*. 2021. № 3. Б. 45–53 (орыс тілінде)
3. Кенжебаев С.Р., Абдрахманова А.Е. Түркістан облысының таулы және тау алды аймақтарындағы топырақтың тұздануы мен деградациясының геоэкологиялық аспектілері // *ҚазҰУ хабаршысы. География сериясы*. 2022. № 3 (77). Б. 56–64 (орыс тілінде)
4. Махмудов Р.А. және т. б. Суару жүйесінің топырақтың екінші реттік тұздану үрдістеріне әсері: Ташкент: Фан, 2018. 180 б. (орыс тілінде)
5. Шеинов А.В. Топырақтың тұздануын электр өткізгіштік бойынша бағалау әдістері // *Агрофизика*. 2020. № 4. Б. 12–19 (орыс тілінде)
6. FAO. Суармалы егіншіліктегі тұздануды басқару: Рим: FAO, 2020. 92 б. (ағылшын тілінде)
7. Оңтүстік Португалияның Жерорта теңіздік бақтарында қазіргі климаттық өзгергіштік жағдайында су пайдалану, топырақ су балансы және топырақтың тұздану қаупі: тұздануды бақылау және суару менеджменті мәселелері / Рамуш Туаго Б. [және т. б.] // *Agricultural Water Management*. 2023. Т. 283. Б. 108319 (ағылшын тілінде)
8. Ауыл шаруашылығындағы топырақтың тұздануы: табиғи негіздегі шешімдер мен биоинженерияны біріктіретін бейімделу және жеңілдету стратегиялары / Таролли Паоло [және т. б.] // *iScience*. 2024. Т. 27. № 2. Б. (ағылшын тілінде)
9. Али Р., Малик Р.Н. Аридті ортада әртүрлі суару тәжірибелерінде топырақ тұздануының кеңістіктік-уақыттық өзгергіштігі // *Environmental Earth Sciences*. 2021. Т. 80. № 4. Б. 185–197 (ағылшын тілінде)
10. Мирзоева С.Р., Джурсаев Х.Т., Абдуллаев Б.Х. Оңтүстік Өзбекстанның суармалы жерлеріндегі топырақ тұздануының кеңістіктік-уақыттық динамикасы // *Топырақтану*. 2019. № 7. Б. 865–876 (орыс тілінде)
11. Құрғақшылыққа ұшыраған Солтүстік-Батыс Қытайдың суармалы аудандарында топырақ тұздануының маусымдық өзгергіштігі және оған әсер ететін факторлар / Чжан Х. [және т. б.] // *Catena*. 2020. Т. 188. Б. 104437 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Zhuk V.A. Zasolenie pochv i metody ego regulirovaniya [Soil Salinization and Methods of Its Regulation]: Moscow: Nauka, 2019. 256 p. (in Russian)
2. Aidosov K.A., Kozhakhmetova S.T. Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' solevogo rezhima oroshaemykh pochv Turkestanskoi oblasti [Spatio-temporal variability of the salt regime in irrigated soils of the Turkistan Region], *Pochvovedenie i agrokimiya [Soil Science and Agrochemistry]*. 2021. No. 3. 45–53 pp. (in Russian)
3. Kenzhebayev S.R., Abdrakhmanova A.E. Geoekologicheskie aspekty zasoleniya i degradatsii pochv v gornyykh i predgornyykh raionakh Turkestanskoi oblasti [Geoeological aspects of soil salinization and degradation in the mountainous and foothill areas of the Turkistan Region], *Vestnik KazNU. Seriya geograficheskaya [Bulletin of KazNU. Geographical Series]*. 2022. No. 3 (77). 56–64 pp. (in Russian)
4. Makhmudov R.A. et al. Vliyaniye irrigatsii na protsessy vtorichnogo zasoleniya poch [The Impact of Irrigation on the Processes of Secondary Soil Salinization]. Tashkent: Fan, 2018. 180 p. (in Russian)
5. Sheinov A.V. Metody otsenki zasoleniya pochv po elektroprovodnosti [Methods for assessing soil salinity based on electrical conductivity], *Agrofizika [Agrophysics]*. 2020. No. 4. 12–19 pp. (in Russian)
6. FAO. Salinity Management in Irrigated Agriculture: Rome: FAO, 2020. 92 p. (in English)
7. Water use, soil water balance and soil salinization risks of Mediterranean tree orchards in southern Portugal under current climate variability: Issues for salinity control and irrigation management / Tiago B. Ramos [et al.] // *Agricultural Water Management*. 2023. V. 283. 108319 p. (in English)

8. *Soil salinization in agriculture: Mitigation and adaptation strategies combining nature-based solutions and bioengineering / Paolo Tarolli [et al.] // iScience. 2024. V. 27. Issue 2. 108830 p. (in English)*
9. *Ali R., Malik R.N. Spatio-temporal variability of soil salinity under irrigation practices in arid environments // Environmental Earth Science. 2021. V. 80. No. 4. 185–197 pp. (in English)*
10. *Mirzoeva S.R., Juraev Kh.T., Abdullaev B.Kh. Prostranstvenno-vremennaya dinamika zasoleniya pochv oroshaemykh zemel' Yuzhnogo Uzbekistana [Spatio-temporal dynamics of soil salinization in the irrigated lands of Southern Uzbekistan], Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]. 2019. No. 7. 865–876 pp. (in Russian)*
11. *Seasonal variation of soil salinity and its influencing factors in arid irrigation areas of Northwest China / Zhang X. [et al.] // Catena. 2020. V. 188. 104437 p. (in English)*

Сведения об авторах:

Сунакбаева Д.К., к.т.н., Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан), dilara.sunakbayeva@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0009-0006-3727-4891>

Юлдашбек Д.Х., магистр химии, ст. научный сотрудник НИИ «Экология», Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан), davlat.yuldashbek@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-9342-7502>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сунакбаева Д.К., т.ғ.к., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан)

Юлдашбек Д.Х., химия магистрі, «Экология» ҒЗИ-ның аға ғылыми қызметкері, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Sunakbayeva D.K., candidate of technical sciences, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan)

Yuldashbek D.Kh., Master of Chemistry, Senior Researcher of the Research Institute «Ecology», Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan)



СПТОКРАНЫ
WWW.CRANE-EXPO.RU

17-19 июня 2026
г. Москва, ВДНХ,
57 павильон

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

СПТОКРАНЫ

СПЕЦТЕХНИКА И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ