

Естественные науки. 2023. № 3 (12). С. 38–51.

Yestestvennyye nauki = Natural Sciences. 2023; 3 (12): 38–51 (In Russ.)

Научная статья

УДК 613.432

doi 10.54398/1818507X_2023_3_38

**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА
НА ИОННО-СОЛЕВОЙ СОСТАВ ПОЧВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Сизоненко Карина Ильнуровна^{1✉}, Хасанова Амина Ханпашаевна²,
Федотова Анна Владиславовна³*

^{1,2} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,
г. Астрахань, Россия

³ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук (ФНЦ агроэкологии
РАН)

¹karina.sizonenko@bk.ru ✉

Аннотация. За последние 20 лет на территории Астраханской области сформировались обширные площади залежных земель. К таким землям относятся в Астраханской области и заброшенные рисовые системы. История выращивания риса в Астраханской области начинается в 30-х годах прошлого века. На начало XXI в. орошаемое земледелие в области пришло в упадок и постепенно привело к выведению из строя оросительных систем. В результате на заброшенных рисовых чеках активно стал протекать естественный процесс почвообразования, сопровождающийся динамическими изменениями морфологических и физико-химических свойств почв рисовых экосистем. На солевое состояние залежных почв повлияло также и их обвалование. В статье представлены данные о солевом состоянии почв бывших рисовых систем в Икрянинском районе на юго-западе Астраханской области, в пределах западной периферии Волжской дельты и восточной окраины подстепных ильменей. Почвы залежных рисовых чеков представлены аллювиальной дерновой опустынивающейся легкоглинистой почвой. Значения pH соответствуют нейтральной или слабощелочной реакции среды. Засоление наблюдается с глубины 30–40 см (величина плотного остатка 0,48–0,64 %). Тип засоления хлоридно-сульфатный и с глубиной изменяется на сульфатно-хлоридный. В составе ионов водной вытяжки преобладают сульфат и хлорид-ионы.

Ключевые слова: рисовые чеки, дельтовая территория, аллювиальные почвы, засоление, залежные земли

Для цитирования: Сизоненко К. И., Хасанова А. Х., Федотова А. В. Влияние длительного возделывания риса на ионно-солевой состав почв сельскохозяйственного назначения // Естественные науки. 2023. № 3 (12). С. 38–51. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_3_38.

© Сизоненко К. И., Хасанова А. Х., Федотова А. В., 2023.

INFLUENCE OF LONG-TERM CULTIVATION OF RICE ON THE IONIC-SALT COMPOSITION OF AGRICULTURAL SOILS

Sizonenko Karina I.^{1✉}, *Khasanova Amina Kh.*², *Fedotova Anna V.*³

^{1,2} Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

³ Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences (FSC Agroecology RAS)

¹karina.sizonenko@bk.ru[✉]

Abstract. Over the past 20 years, vast areas of fallow lands have formed in the Astrakhan region. Such lands include abandoned rice systems in the Astrakhan region. The history of rice cultivation in the Astrakhan region begins in the 30s of the last century. At the beginning of the 21st century irrigated agriculture in the region fell into decline and gradually led to the destruction of irrigation systems. As a result, the natural process of soil formation began to actively occur in abandoned rice paddies, accompanied by dynamic changes in the morphological and physicochemical properties of soils in rice ecosystems. The salt state of fallow soils was also affected by their diking. The article presents data on the salt state of soils of former rice systems in the Ikryaninsky district in the southwest of the Astrakhan region, within the western periphery of the Volga delta and the eastern edge of the substeppe ilmen. The soils of fallow rice paddies are represented by alluvial turf and desertifying light clay soil. The pH values correspond to a neutral or slightly alkaline reaction of the medium. Salinization is observed from a depth of 30–40 cm (the value of the dense residue is 0,48–0,64 %). The salinity type is chloride-sulfate and changes to sulfate-chloride with depth. The ions in the aqueous extract are dominated by sulfate and chloride ions.

Key words: rice paddies, delta territory, alluvial soils, salinization, fallow lands.

For citation: Sizonenko K. I., Khasanova A. Kh., Fedotova A. V. The influence of long-term cultivation of rice on the ionic-salt composition of agricultural soils. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2023; 3 (12): 38–51. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_3_38.

Введение. Для выращивания затопляемого риса используют в основном пойменные и дельтовые земли. Рис хорошо приспосабливается к различным почвенно-климатическим условиям и может произрастать на землях различного рельефа [1; 5–7; 15–17].

Почвенный покров Нижнего Поволжья в значительной мере (около 20–25 %) представлен засоленными почвами, что ограничивает их эффективное использование [9–10]. Возделывание затопляемого риса на таких землях — одно из важнейших направлений вовлечения в интенсивный сельскохозяйственный оборот малопродуктивных земель.

Значимость возделывания риса в севообороте возрастает на слабогумусированных полупустынных почвах Нижнего Поволжья, где формирование урожая за счет биологических факторов (в отличие от условий техногенной интенсификации) весьма ограничено.

Рисовые оросительные системы в Астраханской области строились на засоленных и подтопляемых землях. Одна из крупных рисовых оросительных систем — Калмыцко-Астраханская рисовая оросительная система (КА-

РОС) была построена в 1989 г. и имела протяжённость 35 км [14]. Возделывание риса способствовало превращению этих малопродуктивных земель в плодородные и пригодные для выращивания других сельскохозяйственных культур, особенно овощей [13].

Построенные в 50-х годах прошлого века рисовые оросительные системы на площади 12,3 тыс. га с сетью глубоких дренажно-сбросных каналов позволили за счет постоянного и периодического затоплений чеков создать промывной режим почвы и улучшить мелиоративное состояние земель [2]. При таких условиях снижались площади по засоленности земель, уровень грунтовых вод составлял 2,0–2,5 м с допустимой минерализацией для рисовых систем 3–5 г/л. Это позволяло сохранять плодородие почв и получать довольно хорошую урожайность риса-сырца.

В 2023 г. посевная площадь риса в Астраханской области составила 9,4 тыс. га. По сравнению с 2022 г. наблюдается рост на 10,5 % площадей, отданных под культуру рис. Возвращение в сельскохозяйственный оборот залежных земель под выращивание риса может благоприятно повлиять на агрохимические показатели почвы.

Данная работа посвящена оценке солевого состояния почв бывших рисовых систем в Икрянинском районе Астраханской области и выявление особенностей их засоления.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования послужили почвы антропогенно измененного дельтового ландшафта, бывшие рисовые системы Икрянинского района Астраханской области, расположенного на юго-западе Астраханской области, в пределах западной периферии Волжской дельты и восточной окраины подстепных ильменей (рис. 1). Изучаемая территория была разбита на трёх элементарных участках, площадь каждого из которых составила 30 000 м².

Территория исследования — это луг среднего уровня. Луга среднего уровня возвышаются над меженью на 1,5–2,5 м. Участков обвалован и естественное затопление не происходит (рис. 1). Почвенный покров территории сформировался под рудеральной (сорной) растительностью с преобладанием солянки древовидной.

Растительный покров представлен следующими ассоциациями:

Salsola dendroides Pall — солянка древовидная;

Salsola ruthenica Iljin — солянка русская;

Salsola australis R. Br — солянка южная;

Eremopyrum triticeum — мортук пшеничный;

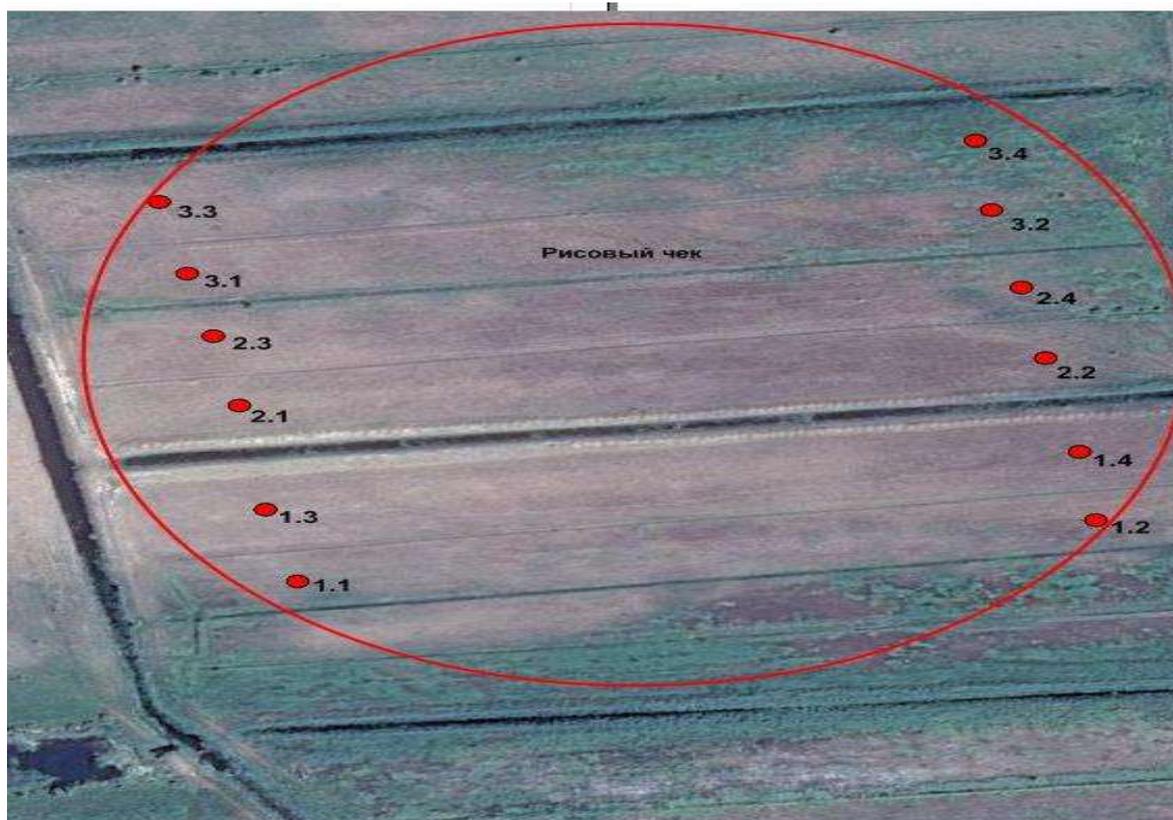
Eremopyrum orientale — мортук восточный;

Atriplex tatarica L. — лебеда татарская;

Gypsophila Paniculata — качим метельчатый.



а



б

Рисунок 1 — Космический снимок объекта исследования: а — расположение объекта исследования на публичной кадастровой карте Астраханской области; б — схема почвенных прикопок на залежных рисовых чеках



Рисунок 2 — Внешний вид объекта исследования

Почвенный покров бывших рисовых чеков представлен аллювиальной дерновой опустынивающейся легкоглинистой почвой. Ниже приводится фотография (рис. 3) и морфологическое описание почвенного разреза, заложенного на рисовом чеке.

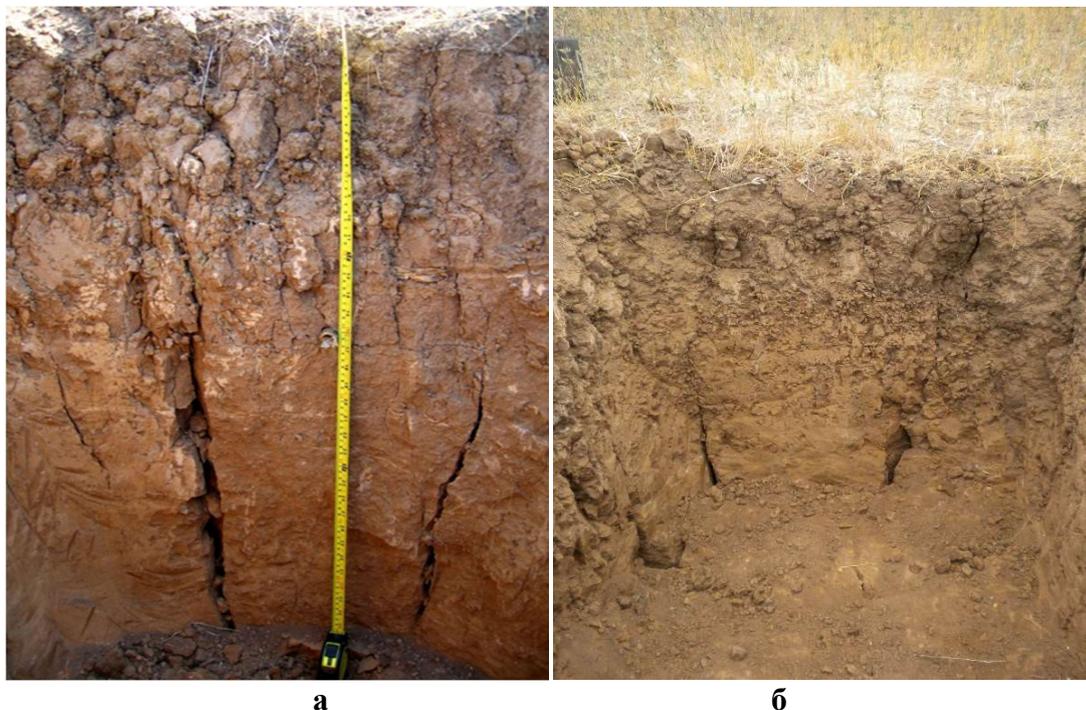


Рисунок 3 — Почвенный разрез (а) и верхняя часть профиля (б) аллювиальной дерновой опустынивающейся легкоглинистой почвы

А (0–23 см)	Серый с бурым оттенком, структура комковато-порошистая, сложение рыхлое структурное, сухой, средний суглинок, много корней, граница ровная, переход заметный (по цвету и структуре)
В ₁ (23–48 см)	Окраска неоднородная: на палево-буром фоне сизые пятна, структура ореховато-призматическая, сложение плотное структурное, сухой, тяжелый суглинок, среднее количество корней, полуразложившиеся растительные остатки, редкие гипсовые и солевые прожилки (3–5 %), сизые пятна оглеения (5 %), небольшое количество железистых примазок, глинистые кутаны, граница слабоволнистая, переход ясный (по структуре)
В _{2слит.} (48–92 см)	Окраска неоднородная: на жёлто-палевом фоне сизые пятна, структура глыбисто-столбчатая, сложение плотное бесструктурное, сухой, средний суглинок, гипсовые и солевые стяжения и прожилки (2–3 %), пятна оглеения, единичные марганцевые конкреции, наличие крупных вертикальных трещин
ВС (92–127 см)	Охристо-бурый. Структура призматическая (слоистая). Сложение плотное структурное. Грансостав: лёгкая глина. Влажноватый. Единичные корни. Новообразования: глинистые кутаны

Согласно классификации и диагностики почв России 2004 г. исследованные почвы относятся к стволу Постлитогенные почвы, отделу Агрозома, типу Агрозома текстурно-карбонатные, подтип засоленные [8]. Строение почвенного профиля: P(s)-CATs-Cca,s-BCs.

В современной классификации, рисовые почвы следует относить к техногенным почвам. В соответствии с основными положениями мировой коррелятивной базы [13], они были установлены одними из первых антропогенно преобразованных почв и отнесены к Антросолям, которые имеют особый иррагриковый горизонт [4; 11].

Для изучения солевого состояния почвенного покрова бывших рисовых чеков были заложены три стационарные площадки размером 200×200 м. Привязка осуществлялась по вершинам четырехугольника. Отбор образцов осуществляли с глубины 0, 10, 20 и 40 см.

Для оценки солевого состояния почв в работе были использованы результаты анализа водных вытяжек (почва : вода = 1 : 5). Данные водной вытяжки и определение сухого (плотного) остатка проводилось стандартными методами [3]. Общую щелочность определяли титриметрическим методом, сульфат-ионы — гравиметрическим, ионы кальция и магния — комплексометрическим, натрий и калий — пламенно-фотометрическим на фотометре пламенном автоматическом ФПА-2. Хлорид-ионы определяли на преобразователе ионометрическом U-500, pH среды — на pH-метре DELTA 320.

Результаты исследования и их обсуждение. В пределах исследуемого ландшафта в Икрынинском районе Астраханской области плотный остаток показал себя одной из наиболее динамичных величин от 0,09 до 1,62 %.

Исследования общего содержания солей на трех элементарных участках показали, что на поверхности и на глубине 10 см почвы не засолены (плотный остаток не превышает 0,28 %). С глубиной количество солей возрастает и на глубине 40 см сумма солей варьирует от 0,48 до 1,53 %, что соответствует средне- и сильнозасоленным почвам.

Данные анализа водной вытяжки (табл.) показывают, что на протяжении всего почвенного профиля величина рН составляет 6,59–7,91. Эти значения соответствуют нейтральной или слабощелочной реакции среды, следовательно, химизм исследуемых почв соответствует нейтральному типу.

Исследования анионно-катионного состава почв элементарных участков (табл.) показали, что в составе солей преобладают сульфат- и хлорид-ионы.

По степени засоления с учетом токсичности солей почвы на поверхности первого элементарного участка по степени слабозасоленные, тип засоления хлоридно-сульфатный. С глубиной степень засоления меняется на среднезасоленные.

На глубине 40 см в почвенной прикопке ПР.1.4 степень засоления сильнозасоленная. На втором почвенном участке наблюдается такая же картина как на первом участке. На третьем почвенном участке почвы по всему почвенному профилю по степени засоления являются средnezасоленными, по типу засоления сульфатно-хлоридными.

Анализ катионно-анионного состава водной вытяжки (табл.) показал дифференцированное распределение ионов в почвенных прикопках исследованной территории.

Значения содержания ионов магния в почвах первом элементарном участке варьируют от 0,72 до 3,2 ммоль / 100 г почвы. С глубиной наблюдается увеличение содержания ионов магния, исключение составляет почвенная прикопка ПР 1.1, где содержание ионов магния дифференцировано по почвенному профилю.

В почвенных прикопках ключевых участков 2 и 3 содержание ионов магния варьирует в широких пределах от 0,04 до 2,28 ммоль / 100 г почвы. резкая дифференциация по почвенному профилю наблюдается в ПР 2.4 и 3.3 (табл. 1).

Таблица — Результаты анализа водной вытяжки почвенных разрезов исследуемых почв и отношение Cl/SO₄

Почвенный разрез	Глубина, см	рН	ммоль / 100 г почвы							Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	
ПР.1.1	0	6,64	0,54	1,67	0,78	0,96	0,72	1,02	0,02	2,14
	10	6,84	0,64	2,19	2,71	1,08	2,40	1,16	0,07	0,81
	20	6,89	0,72	4,43	6,07	6,80	3,20	2,68	0,02	0,73
	40	7,05	0,80	11,39	2,19	1,60	1,08	2,52	0,02	5,20
ПР.1.2	0	7,88	0,96	0,94	1,40	1,20	0,40	0,44	0,29	0,67
	10	7,38	1,00	1,49	0,24	1,00	0,80	0,76	0,34	6,21
	20	6,56	0,48	4,35	1,81	1,20	1,00	0,56	0,09	2,40
	40	7,91	0,64	2,96	1,74	1,44	0,96	0,60	0,02	1,70
ПР.1.3	0	7,06	0,40	0,59	0,77	0,80	1,00	0,68	0,22	0,77
	10	7,50	0,48	2,30	2,38	1,08	2,00	2,08	0,06	0,97
	20	6,98	0,44	2,07	15,30	2,00	1,40	9,04	0,12	0,14
	40	7,11	0,44	3,58	14,56	11,60	4,00	9,20	0,52	0,25
ПР.1.4	0	7,87	0,64	0,88	1,29	0,56	1,04	0,64	0,07	0,68
	10	7,85	0,52	6,51	1,09	0,48	1,20	1,12	0,04	5,97
	20	7,63	0,60	11,27	3,05	1,40	1,00	2,08	0,06	3,70
	40	7,69	0,48	13,18	4,80	1,80	3,00	3,24	0,05	11,08

Продолжение табл.

Почвенный разрез	Глубина, см	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻
			ммоль/100 г почвы							
ПР.2.1	0	7,65	0,64	1,25	0,52	0,40	0,04	0,48	0,12	2,40
	10	7,77	0,80	5,26	0,60	0,52	0,12	0,84	0,08	8,77
	20	7,80	0,68	6,16	3,74	0,48	0,72	0,96	0,14	1,65
	40	7,40	0,56	5,45	7,54	0,80	1,48	1,12	0,09	0,72
ПР.2.2	0	7,62	0,60	0,59	0,44	0,40	0,28	0,32	0,072	4,75
	10	7,52	0,56	3,23	0,68	0,48	0,32	0,48	0,036	2,77
	20	7,62	0,60	2,85	1,03	0,92	0,44	0,68	0,04	2,77
	40	7,44	0,64	4,71	12,17	4,44	1,00	0,88	0,07	0,39
ПР.2.3	0	7,21	0,80	0,60	0,44	0,72	0,16	0,20	0,23	1,36
	10	7,35	0,80	0,51	0,48	0,60	0,40	0,60	0,07	1,06
	20	7,71	0,60	3,61	0,86	0,40	0,80	0,69	0,04	4,20
	40	7,57	0,80	2,82	0,26	1,88	1,32	0,74	0,04	10,45
ПР.2.4	0	7,63	0,72	2,07	0,14	0,84	0,40	0,66	0,2	14,79
	10	7,77	0,60	2,92	0,20	0,60	0,28	0,59	0,03	14,60
	20	7,64	0,68	3,23	0,27	0,56	0,88	0,66	0,02	11,96
	40	7,48	0,80	2,41	1,67	1,00	0,32	0,52	0,02	1,44

Максимальное значение содержания ионов магния по всему исследуемому участку, наблюдается на глубине 20 см (3,2 ммоль / 100 г почвы), а минимальное - на глубине 10 см (0,12 ммоль / 100 г почвы).

Содержание SO_4^{2-} -ионов по всему профилю неравномерное, практически во всех элементарных площадках наблюдается увеличение содержания сульфат ионов с глубиной.

Среди исследуемых трёх участков, можно отметить, что в первом элементарном почвенном участке значения содержания сульфат ионов высокие. Например, в почвенной прикопке ПР.1.3 на глубине 20 см наблюдается самое высокое значение содержания сульфат иона на всей территории исследуемого ландшафта (15,30 ммоль / 100 г почвы).

Минимальное значение содержания сульфат иона среди трёх почвенных участков, наблюдается в третьем элементарном участке в почвенной прикопке ПР.3.3 на поверхности (0,10 ммоль / 100 г почвы).

Во втором элементарном участке максимальные значения содержания сульфат ионов варьируют от 7,54 почвы до 12,47 ммоль / 100 г почвы, минимальные — от 0,2 до 1,67 ммоль / 100 г почвы.

В отличие от первого и второго участка, в третьем участке сульфат ионы распределены равномерно и максимальное значение сульфат иона не превышает 2,31 ммоль/100 г почвы.

Так же как и содержание сульфат-ионов, содержание хлорид-ионов крайне неравномерное.

Наибольшее содержание ионов Cl^- (13,18 ммоль/100 г почвы) среди трёх исследуемых почвенных участков, отмечается на глубине 40 см почвенной прикопки ПР.1.4 первого участка. Также можно отметить, что с глубиной во всех солевых почвенных профилях почвенных участков, содержание хлорид ионов увеличивается.

На поверхности исследуемой первого элементарного участка содержание хлорид ионов варьирует от 0,89 до 1,67 ммоль / 100 г почвы.

На глубине 10 см значения максимальное значение содержания хлорид ионов достигает 6,51 ммоль / 100 г почвы, а на глубине 20 см — 11,27 ммоль/100 г почвы.

На втором элементарного участка, минимальное значение содержания хлорид ионов наблюдается на поверхности в почвенной прикопке ПР.2.2 (0,56 ммоль / 100 г почвы), максимальное значение — на глубине 20 см почвенной прикопки ПР.2.1 6,5 ммоль / 100 г почвы.

В третьем элементарном участке, можно отметить, что распределение хлорид ионов равномерное, в отличие от других почвенных участков. Максимальное значение содержания хлорид ионов достигает 6,19 ммоль / 100 г почвы на глубине 40 см.

Среди трёх исследуемых элементарных участков, наиболее высокие значения содержания ионов натрия наблюдается в первой элементарной площадке. На других элементарных площадках распределение содержания ионов натрия

и калия равномерное, где максимальное значение достигает всего лишь 1,12 ммоль / 100 г почвы.

Содержание ионов натрия в верхних горизонтах его содержится 0,20–2,08 ммоль / 100 г почвы. Вниз по профилю содержание ионов натрия увеличивается, и его значения составляют 9,04–9,20 ммоль / 100 г почвы.

Самые высокие содержания ионов натрия наблюдаются в первом элементарном участке, а именно в почвенной прикопке ПР.1.3 на глубине 20 см и 40 см (9,04 и 9,20 ммоль / 100 г почвы соответственно).

Движение солей в дельтовом ландшафте можно оценить по величине Cl^-/SO_4^{2-} (Полынов, 1956). В таблице приводятся значения величины Cl^-/SO_4^{2-} в исследуемом ландшафте.

В почвенных профилях прикопок первой элементарного участка можно отметить увеличение значения Cl^-/SO_4^{2-} с глубиной, это показывает, что происходит поднятие солей. Наибольшие значения Cl^-/SO_4^{2-} отмечены на глубине 40 см в почвенных прикопках ПР. 1.1 (5,20) и ПР.1.4 (11,08).

Иная картина наблюдается в почвенных профилях второго элементарной участка. Там уже на поверхности у всех почвенных профилей прикопок значение Cl^-/SO_4^{2-} больше 1. Это означает, что движение солей происходит вверх, но с глубиной значение Cl^-/SO_4^{2-} уменьшается.

В третьем элементарном участке также можно отметить высокие значения Cl^-/SO_4^{2-} на поверхностном слое 0–10 см во всех почвенных профилях почвенных прикопок. Например, значение Cl^-/SO_4^{2-} в ПР.3.1 — 8,84, в ПР.3.3 — 12,00. Это говорит, о движении солей вверх. Но с глубиной значение Cl^-/SO_4^{2-} уменьшается.

Исходя из анализа значений Cl^-/SO_4^{2-} можно отметить, что движение солей происходит во всех элементарных участках.

Преобладающими являются сульфатно-хлоридный тип засоления, характерные для пустынной и полупустынной зон. Преобладание их связано с большим содержанием легкорастворимых солей, среди которых доминирующими являются сульфат- и хлорид-ионы.

Заключение. Изучение солевого состояния бывших рисовых чеков показало, что почвы по плотному остатку в слое 0–10 см соответствуют незасоленным (величина плотного остатка не превышает 0,28 %), с глубиной количество солей возрастает от 0,48 до 1,53 %, что соответствует средне- и сильнозасоленным почвам; по степени засоления с учетом токсичности солей в слое 0–20 см — слабозасоленные, 20–40 см — средnezасоленными. На поверхности почв тип засоления хлоридно-сульфатный и с глубиной изменяется на сульфатно-хлоридный. Величина рН составляет 6,59–7,91. Эти значения соответствуют нейтральной или слабощелочной реакции среды, следовательно, химизм исследуемых почв соответствует нейтральному типу. В составе ионов водной вытяжки преобладают сульфат и хлорид-ионы, из катионов — ионы натрия и магния. Строение солевых профилей выявило дифференцированное распределение ионов с глубиной. Такое строение солевого профиля соответствует луговому сульфатно-хлоридному солонцу.

Список литературы

1. Джулай, А. П. Влияние удобрений на урожай риса, продолжительность вегетации и качество зерна. Освоение плавневых земель под культуру риса / А. П. Джулай, В. К. Смирнов. — Краснодар, 1975. — 104 с.
2. Добровольский, Г. В. Поймы рек как ландшафты высокой плотности жизни и интенсивного почвообразовательного процесса / Г. В. Добровольский // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. — Ленинград : Наука, 1971. — С. 226–231.
3. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / под ред. Г.А. Романенко. — Москва : Росинформагротех, 2008. — 64 с.
4. Кистанов, Н. С. Отношение риса к засоленности почвы / Н. С. Кистанов // Почвоведение. — 1963. — № 5. — С. 85.
5. Ковда, В. А. Происхождение и режим засоленных почв / В. А. Ковда. — Москва ; Ленинград, 1946–1947. — Т. 1. — 568 с.
6. Соколова, Г. Ф. Рисосеяние на реагрокультивируемых землях Астраханской области / Г. Ф. Соколова, В. В. Коринец, А. С. Хахалева // Земледелие. — 2012. — № 1. — С. 8–9.
7. Алемин, Е. П., Интенсивная технология возделывания риса / Е. П. Алемин, В. В. Адрусенко, А. К. Бутов // Достижения науки и техники АПК. — 1988. — № 5. — С. 28.
8. Лозе, Ж. Толковый словарь по почвоведению / Ж. Лозе, К. Матье. — Москва : Мир, 1998. — 398 с.
9. Козловский, Ф. И. Мелиоративные проблемы освоения пойм степной зоны / Ф. И. Козловский, Э. А. Корнблюм. — Москва : Наука, 1972. — 219 с.
10. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв. — Москва : Тов-во науч. изд. КМК, 2007. — 280 с.
11. Гон, Ж. Генезис и классификация орошаемых почв Китая (ирригационных Антросолей) / Ж. Гон, Г. Жан, Ж. Чен, Д. Юан, К. Руан // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей В. А. Ковды. — Москва : Тов-во науч. изд. КМК, 2004. — С. 239–253.
12. Классификация и диагностика почв России / авт. и сост.: Л. Л. Шилов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. — Смоленск : Ойкумена, 2004. — 342 с.
13. Воробьева, Л. А. Химический анализ почв / Л. А. Воробьева. — Москва : МГУ, 1998. — С. 46–58.
14. Яковлева, Л. В. Солевое состояние рисовых почв залежи дельты реки Волги / Л. В. Яковлева, А. В. Аншакова, Д. В. Шараева // Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. — Петрозаводск, 2020. — С. 246–252.
15. Asch, F. M. Salinity increases CO₂ assimilation but reduce growth in field-grown irrigated rice / F. Asch, M. Dingkuhn, K. Dorffling // Plant and Soil. — 2000. — Vol. 218. — P. 1–10.
16. Asch, F. Responses of field-grown irrigated rice cultivars to varying levels of floodwater salinity under semi-arid conditions / F. Asch, S. C. Wopereis // Field Crops Research. — 2001. — Vol. 70. — P. 127–137.
17. Beecher, H. G. Effect of saline water on rice and soil properties in the Merrumbidgee valley. Austral / H. G. Beecher // J. Exp. Agr. — 1991. — Vol. 6 (31). — P. 819.

References

1. Dzhulay, A. P., Smirnov, V. K. *Vliyaniye udobreniy na urozhay risa, prodolzhitelnost vegetatsii i kachestvo zerna. Osvoeniye plavnevykh zemel pod kulturu risa = The effect of fertilizers on rice yield, duration of growing season and grain quality. Development of floodplain lands for rice cultivation.* Krasnodar: 1975: 104.

2. Dobrovolskiy, G. V. Poymy rek kak landshafty vysokoy plotnosti zhizni i intensivnogo pochvoobrazovatel'nogo protsessa. *Biologicheskaya produktivnost i krugovorot khimicheskikh elementov v rastitelnykh soobshchestvakh = Biological productivity and cycle of chemical elements in plant communities*. Leningrad: Nauka; 1971: 226–231.

3. *Agroekologicheskoe sostoyanie i perspektivy ispolzovaniya zemel Rossii, vybyvshikh iz aktivnogo selskokhozyaystvennogo oborota = Agroecological state and prospects for the use of Russian lands that have retired from active agricultural use*. Ed. by G. A. Romanenko. Moscow: Rosinformagrotekh; 2008: 64.

4. Kistanov, N. S. Otnoshenie risa k zasolennosti pochvy. *Pochvovedenie = Soil science*. 1963; 5: 85.

5. Kovda, V. A. *Proishozhdenie i rezhim zasolennykh pochv = Origin and regime of saline soils*. Moscow, Leningrad: 1946–1947; 1: 568.

6. Sokolova, G. F., Korinets, V. V., Khakhaleva, A. S. Risoseyanie na reagrokultiviruemyykh zemlyakh Astrakhanskoj oblasti. *Zemledelie = Agriculture*. 2012; 1: 8–9.

7. Alemin, E. P., Adrusenko, V. V., Butov, A. K. Intensivnaya tekhnologiya vozdeleyvaniya risa. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 1988; 5: 28.

8. Loze, Zh., Mate, K. *Tolkovyy slovar po pochvovedeniyu = Explanatory dictionary of soil science*. Moscow: Mir; 1998: 398.

9. Kozlovskiy, F. I., Kornblyum, Ye. A. *Meliorativnye problemy osvoeniya poym stepnoy zony = Reclamation problems of development of floodplains in the steppe zone*. Moscow: Nauka; 1972: 219.

10. *Mirovaya korrelyativnaya baza pochvennykh resursov: osnova dlya mezhdunarodnoy klassifikatsii i korrelyatsii pochv = World Correlative Soil Resources Framework: A Framework for International Soil Classification and Correlation*. 2007: 280.

11. Gon, Zh., Zhan, G., Chen, Zh., Juan, D., Ruan, K. *Genezis i klassifikatsiya oroshaemykh pochv Kitaya (irragrikovykh Antrosoley). Pochvy, biogehimicheskie cikly i biosfera. Razvitie idey V. A. Kovdy = Soils, biogeochemical cycles and the biosphere. Development of ideas of V. A. Kovda*. Moscow: KMK; 2004: 239–253.

12. Shilov, L. L., Tonkonogov, V. D., Lebedeva, I. I., Gerasimova, M. I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii = Classification and diagnostics of soils in Russia*. Smolensk: Oykumena; 2004: 342.

13. Vorobeva, L. A. *Khimicheskyy analiz pochv = Soil chemical analysis*. Moscow: Moscow State University; 1998: 46–58.

14. Yakovleva, L. V., Anshakova, A. V., Sharaeva, D. V. Solevoe sostoyanie risovykh pochv zalezhi delty reki Volgi. *Sbornik statey Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa = Collection of articles from the International Research Competition*. Petrozavodsk: 2020: 246–252.

15. Asch, F., Dingkuhn, M., Dorffling, K. Salinity increases CO₂ assimilation but reduce growth in field-grown irrigated rice. *Plant and Soil*. 2000; 218: 1–10.

16. Asch, F., Wopereis, S. C. Responses of field-grown irrigated rice cultivars to varying levels of floodwater salinity under semi-arid conditions. *Field Crops Research*. 2001; 70: 127–137.

17. Beecher, H. G. Effect of saline water on rice and soil properties in the Merrumbidgee valley. *Austral. J. Exp. Agr.* 1991; 6 (31): 819.

Информация об авторах

Сизоненко К. И. — младший научный сотрудник;

Хасанова А. Х. — младший научный сотрудник;

Федотова А. В. — доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией.

Information about the authors

Sizonenko, K. I. — Jr. Researcher at the Laboratory;
Khasanova, A. Kh. — Jr. Researcher at the Laboratory;
Fedotova, A. V. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

All authors have made equivalent contributions to publications. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 13.10.2023; одобрена после рецензирования 18.10.2023; принята к публикации 28.10.2023.

The article was submitted 13.10.2023; approved after reviewing 18.10.2023; accepted for publication 28.10.2023.