

УДК 613.432

СОЛЕВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ КАМЫЗЯКСКОГО РАЙОНА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Яковлева Людмила Вячеславовна, доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, yakovleva_lyudmi@mail.ru

Гулин Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный центр РАН», Российская Федерация, 416341, Астраханская обл., г. Камызяк, ул. Любича, 16, vniioab@mail.ru

Сорокин Андрей Павлович, кандидат биологических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, sor-and@mail.ru

Маслова Екатерина Андреевна, ассистент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, pro100-ekaterina@mail.ru

В современных условиях хозяйствования стратегическое значение приобретает сохранение и рациональное использование агроценозов. Совершенствование землепользования, водопользования и государственного регулирования способствует рациональному и экологическому ведению сельского хозяйства, повышению его эффективности и увеличению объёмов производства сельскохозяйственной продукции. В настоящее время сельское хозяйство столкнулось с такой проблемой, как деградация почвенного покрова. Деградация почв вследствие засоления, щёлочности или суммарного их влияния является одним из важнейших факторов ограничения оптимального использования земельных ресурсов. В работе представлены результаты изучения солевого состояния почв в агроценозах Астраханской области. Почвенный покров исследуемой территории представлен аллювиальными дерново-опустынивающими карбонатными почвами на рыхлых аллювиальных отложениях. Анализ водной вытяжки показывают, что величина рН составляет 7,3–7,9, что соответствует нейтральной или слабощелочной реакции среды, следовательно, химизм исследуемых почв соответствует нейтральному типу. Величина плотного остатка не превышает 0,20 %, т. е. почвы не засоленные, с глубиной количество солей незначительно возрастает, по степени засоления с учётом токсичности солей в слое 0–20 см – незасоленные, 40 см – незасоленные, 100 см – слабозасоленные. Тип засоления определяется как сульфатный. В составе солей преобладают сульфат- и хлорид-ионы.

Ключевые слова: плодородие почв, токсичные соли деградация земель, засоление, сельскохозяйственные угодья, катионно-анионный состав солей

SALT STATE OF SOILS OF AGROCENOZES OF KAMYZYAK DISTRICT OF ASTRAKHAN REGION

Yakovleva Lyudmila V., D. Sc. (Biology), Associate Professor, Head of the Department, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Str., Astrakhan, 414000, Russian Federation, yakovleva_lyudmi@mail.ru

Gulin Alexander V., Ph. D. (Agriculture), Director of the All-Russian Research Institute of irrigated vegetable and melon growing – branch of the FSBSI "Caspian Agrarian Federal Center of the Russian Academy of Sciences", 16 Lyubicha Str., Kamyzyak, Astrakhan region, 416341, Russian Federation, vniob@mail.ru

Sorokin Andrey P., Ph. D. (Biology), Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Str., Astrakhan, 414000, Russian Federation, sor-and@mail.ru

Maslova Ekaterina A., Assistant, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Str., Astrakhan, 414000, Russian Federation, pro100-ekaterina@mail.ru

In modern economic conditions, the preservation and rational use of agrocenoses is of strategic importance. Improving land use, water use and government regulation contributes to the rational and environmental management of agriculture, increasing its efficiency and increasing the volume of agricultural production. Currently, agriculture is faced with such a problem as soil degradation. Soil degradation due to salinity, alkalinity, or their combined effect is one of the most important factors in limiting the optimal use of land resources. The article presents the results of the studying the salt state of soils in agrocenoses of the Astrakhan region. The soil cover of the study area is represented by alluvial soddy-desertifying calcareous soils on loose alluvial deposits. Analysis of the water extract shows that the pH value is 7.3–7.9, which corresponds to a neutral or slightly alkaline reaction of the medium, therefore, the chemistry of the studied soils corresponds to the neutral type. The amount of dense residue does not exceed 0.20 %, therefore the soils are not non-saline, the amount of salts slightly increases with depth, according to the degree of salinity, taking into account the toxicity of salts in the 0–20 cm layer, it is non-saline, 40 cm is non-saline, 100 cm is slightly saline. The type of salinity is defined as sulfate. The salts are dominated by sulfate and chloride ions.

Keywords: soil fertility, toxic salts, land degradation, salinization, agricultural land, cationic-anionic composition of salts

Актуальной экологической проблемой современности является увеличение ареалов засоленных почв вследствие природных процессов и техногенного загрязнения [5; 7; 12–16]. Его источники – химическая и гидротехническая мелиорация, нефтедобыча, строительство дорог, создание искусственных геологических объектов – рудосодержащих хвостохранилищ, а также орошение минерализованными водами [1; 17]. Деградация почв вследствие засоления, щёлочности или суммарного их влияния является одним из важнейших факторов ограничения оптимального использования земельных ресурсов. Таким образом, засоление начинает признаваться как важный фактор, лимитирующий продуктивность сельскохозяйственных

культур, который оказывает глубокое воздействие на все стороны жизнедеятельности растений.

Почвенный покров Астраханской области, характеризующийся большим разнообразием, комплексностью, высокой динамичностью формирования на отдельных участках [8], нуждается в улучшении его состояния, в том числе снижении засоленности. Засоленность почв на отдельных площадях усиливается, что вызвано уменьшением водообеспеченности области, увеличением засушливости на фоне низкой дренированности территории или практического её отсутствия, нерациональным проведением поливных и дренажных мероприятий, другими причинами [9–10]. Исходя из множества факторов, провоцирующих процессы засоления почв, исследователи разных лет обобщили те или иные признаки, зависящие от ландшафтных особенностей территории, рельефообразования, развития гидрологической сети и т. д. [2–3; 11]. Выполненные с этой целью различные виды районирования принимались для дальнейших рекомендаций и мероприятий по исследованию и улучшению состояния почв.

Материалы и методы исследования

Исследования по изучению солевого состава почв проводились на территории сельскохозяйственных угодий Всероссийского научного исследовательского института овощеводства и бахчеводства в Камызякском районе Астраханской области. Район проведения исследований находится на западе повышенной центральной части дельты, которая омывается реками Крутобережная и Кигач. Территория объекта исследования относится к среднему поясу центральной части дельты [6]. Современное врезание дельтовых протоков улучшает условия дренажа и способствует понижению грунтовых вод. Рельеф равнины плоский, который осложнен остатками бугров Бэра, равномерно распределёнными по всей площади. Агроклиматические условия района исследований благоприятны для выращивания многих сельскохозяйственных культур.

При проведении полевых исследований почв были отобраны образцы почв на пашне (участок № 1) под овощными культурами в конце вегетационного периода (октябрь 2020 г.) и на многолетней залеже (участок № 2). Для этого были заложены стационарные площадки размером 100 × 100 м. Отбор образцов производили методом конверта. Привязка осуществлялась по вершинам четырёхугольника. В центре каждого четырёхугольника и по его вершинам были заложены почвенные прикопки на глубину 60 см. Отбор почвенных образцов осуществляли с глубины 0 см, 10 см, 20 см, 40 см и 60 см (рис. 1).

В 50 м от исследованного участка № 1 был заложен почвенный разрез (ПР № 1) на залеже на глубину 190 см (рис. 2), который представлен аллювиальными дерново-опустынивающими карбонатными солонцеватыми средне-суглинистыми почвами на рыхлых аллювиальных отложениях. Морфологическое описание ПР № 1 представлено в таблице 1.

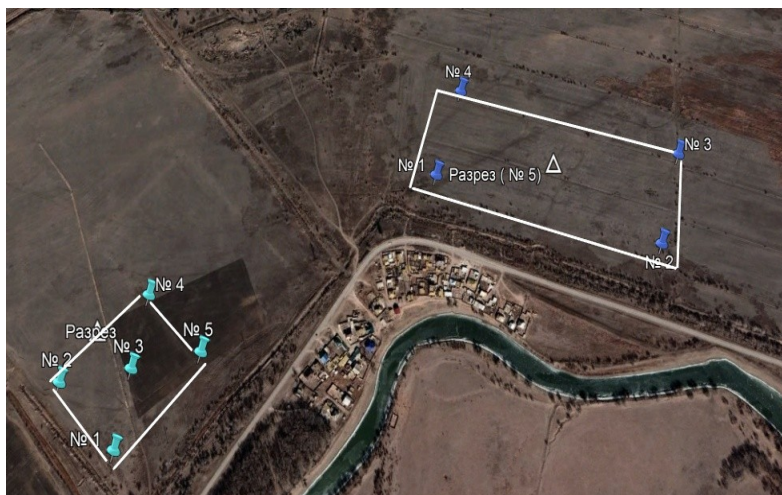


Рисунок 1. Спутниковый снимок объектов исследования



Рисунок 2. Почвенный разрез (ПР 1) и внешний вид участка, где был заложен разрез

Согласно морфологическому описанию поверхность почвы представлена тонким слоем смеси мелкозема, порошистой и мелкозернистой структурой и остатками корней. Вскипание по НС1 отсутствует. Растительность на поверхности почвенного покрова отсутствует, это связано с тем, что в весенний период степь выжигали, о чём свидетельствует наличие золы в поверхностном слое. По гранулометрическому составу почва представлена средним суглинком, с глубины 104 см переходит в лёгкий суглинок и далее песок, что подтверждает аллювиальное происхождение почвы. На глубине 21–40 см почвенный горизонт очень уплотнён. Имеются мелкие трещины, в которых есть затёки гумуса и полуразложившиеся мелкие корни. Присутствие гипса отмечено на глубине 104 см.

Таблица 1

Морфологическое описание почвенного разреза ПР 1

Горизонт	Глубина, см	Описание горизонта
Ад	0–1	Поверхность покрыта тонким слоем смеси мелкозёма, порошистой и мелкозернистой структурой и остатков корней. Вскипание по HCl отсутствует
A _{пах}	1–21	Тёмно-серого цвета, сухой, уплотнённый, пылевато-комковатая структура, среднесуглинистый, наличие небольших трещин вертикальной направленности, наличие мелких корней, разной степени разложения, рыхлый. Вскипание по HCl отсутствует. Граница перехода ровная, переход резкий по плотности и наличию белоглазки
B _{1,Ca}	21–40	Влажноватый, средний суглинок неоднородной окраски, мелкой и среднепризматической структуры очень плотного сложения, мелкие трещины вертикальной направленности, затёки гумуса, одиночно встречаются корни. Присутствие большого количества белоглазки, наличие охристых пятен, граница перехода волниста, переход постепенный по уменьшению количества белоглазки и увеличению количества окисного железа. Вскипание по HCl отсутствует
B _{2,Fe}	40–63	Влажная, тёмно-коричневого цвета, средний суглинок, менее плотный, чем предыдущий, комковато-глыбистый, встречаются затёки гумуса, слабое вскипание от HCl, редко встечаетс белоглазка, большое количестваво охристых пятен, присутствует гипс. Переход постепенный по цвету
BC _{1,SO4}	63–86	Влажный, неоднородный по цвету, тёмно-коричневый, одиночные мелкие трещины вертикальной направленности, пылевато-комковатая структура, уплотнённый, средний суглинок, обилие пятен гипса, одиночные охристые пятна. Переход постепенный по плотности и цвету
BC _{2,Fe}	86–104	Влажный, окраска неоднородная, пылевато-комковатая структура, тяжёлая супесь, уплотненный, обилие пятен окисного железа
C ₁	104–145	Влажный, легкий суглинок, комковато-плитчатая структура, более плотный по сравнению с предыдущим, затёки гумуса, пятна гипса
C ₂	145–190	Влажный, палевая окраска, песок, наличие пятен окисного и закисного железа, редко встречается ракушечник

Почвенный покров участка № 2 характеризуется аллювиальными дерново-опустынивающими карбонатными среднесуглинистыми почвами на рыхлых аллювиальных отложениях (рис. 3; табл. 2).

Морфологический анализ почв двух участков показал, что в почвенном профиле присутствует осолонцеванный горизонт, в средней части почвенных профилей обилие белоглазки, по гранулометрическому составу почва среднесуглинистая.

Состав и содержание солей в почвах определяли в водных вытяжках. Содержание ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} определяли трилометрическим методом,

ионов K^+ и Na^+ – на пламенном фотометре, Cl^- – аргентометрическим методом, SO_4^{2-} – гравиметрическим методом. Сумму солей в водной вытяжке определяли весовым методом [4].



Рисунок 3. Почвенный разрез (ПР 2) и внешний вид участка, где был заложен разрез

Таблица 2

Морфологическое описание почвенного разреза ПР 2

Горизонт	Глубина, см	Описание горизонта
Ад	0–1	Поверхность покрыта тонким слоем смеси мелкозёма, порошистой и мелкозернистой структурой и остатков корней. Вскипание от HCl отсутствует
A _{пах}	1–30	Сухой, неоднородного тёмно-серого цвета, пылевато-комковатая, раздельно частично рыхлая структура, среднесуглинистый, наличие небольших трещин вертикальной направленности, встречаются одиночные корни, затеки гумуса, наличие белоглазки. Вскипание по HCl отсутствует. Граница ровная, переход резкий по плотности, белоглазки и окисному железу
AB	30–61	Влажный, лёгкий суглинок неоднородной окраски тёмно-серого цвета, комковатой структуры, плотного сложения, обилие белоглазки и охристых пятен, затёки гумуса по ходу одиночных корней, встречаются пятна закисного железа и гипса. Вскипание по HCl слабое. Граница перехода волнистая, переход резкий по цвету
B ₁	61–83	Влажная, тёмно-коричневого цвета, средний суглинок, менее плотный, чем предыдущий, комковато-плитчатый, встречаются затёки гумуса, слабое вскипание от HCl, редко встречается белоглазка, большое количество охристых пятен, присутствует гипс. Переход постепенный по цвету
B ₂	83–105	Влажный, неоднородный светло-коричневого цвета, среднесуглинистый, плотный, пылевато-комковатая структура, обилие окисного и закисного железа, отдельно встречаются затеки гумуса. Граница волнистая, переход резкий по цвету, гипсу и окисному железу.

Продолжение таблицы 2

Горизонт	Глубина, см	Описание горизонта
BC _{SO4}	105–144	Свежий, окраска неоднородная палевая раздельно частично рыхлое сложение, обилие гипса, встречаются кристаллы солей, пятна закисного железа, пграница волнистая, переход ппанный по плотности и цвету.
C _{SO4}	144–202	Влажный, светло-жёлтая окраска, песок, наличие пятен окисного и закисного железа, редко встречается ракушечник

Результаты исследования и их обсуждение

По величине рН почвенного раствора почвы двух участков относятся к нейтральным и слабощелочным (рН 7,3–7,9). Эти значения соответствуют нейтральной или слабощелочной реакции среды, следовательно, химизм исследуемых почв соответствует нейтральному типу.

На участке № 1 величина плотного остатка в поверхностном слое варьирует в пределах 0,05–0,07 %, что соответствует незасолённой почве. Величина плотного остатка на глубине 20 см варьирует от 0,05 до 0,10 %. Почвенный покров на этой глубине не засолён.

На глубине 40 см величина плотного остатка варьирует от 0,05 до 0,08 %. На глубине 60 см наблюдается заметное повышение концентрации солей от 0,09 до 0,12 %, степень засолённости почв – незасолённые. Аналогичная картина наблюдается и на глубине 100 см (0,09–0,11 %). Незначительное повышение общего содержания солей свидетельствует о близком залегании грунтовых вод и, как следствие, повышении концентрации солей.

На стационарном участке № 2 величина плотного остатка в поверхностном слое выше по сравнению с участком № 1 и составляет 0,06–0,14 %. На глубине 20 см величина плотного остатка варьирует от 0,03 до 0,31 %. Степень засолённости почв – слабозасолённые.

На глубине 40 см показатель плотного остатка варьирует от 0,04 до 0,17 %. На глубине 60 см наблюдается заметное повышение концентрации солей от 0,03 до 0,2 %, что соответствует незасолённым почвам. На глубине 100 см величина плотного остатка составила 0,07–0,09 %, что также соответствует незасолённым почвам.

По общему содержанию легкорастворимых солей исследуемых двух участков почвенный покров не засолён.

Исследования анионно-катионного состава почв двух стационарных участков (табл. 3) показали, что в составе солей преобладают сульфат- и хлорид-ионы.

Содержание ионов натрия в верхней части профиля составляет 0,01–0,04 ммоль-экв./100 г почвы на участках № 1 и 2. Его содержание на участке №1 достигает максимума на глубине 60 см (0,06 ммоль-экв./100 г почвы), а на участке № 2 – на глубине 20 см.

Различие в максимумах содержания хлорид-иона связано с тем, что на участке № 1 производится капельный полив, на участке № 2 полив отсутствует и подвижные катионы подтягиваются к верхним горизонтам.

Результаты анализа водной вытяжки почвенных разрезов исследуемых почв (в ммоль·экв./100 г)

Почвенный разрез	Глубина, см	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Тип засоления	Степень засоления
Участок № 1 (пашня под овощными культурами)										
ПР. 1.1	0	0,01	0,01	0,72	0,28	0,04	0,80	0,40	сульфатный	слабозасолённые
	20	0,30	0,01	0,64	0,20	0,02	0,40	0,40	сульфатный	незасолённые
	40	0,27	0,01	0,44	0,24	0,02	0,70	0,40	сульфатный	слабозасолённые
	60	0,26	0,05	0,52	0,32	0,02	0,70	0,44	сульфатный	слабозасолённые
	100	0,23	0,01	0,60	0,28	0,03	0,50	0,44	сульфатный	слабозасолённые
ПР. 1.3	0	0,26	0,01	0,36	0,28	0,02	0,40	0,40	сульфатный	слабозасолённые
	20	0,01	0,01	0,48	0,20	0,03	0,40	0,40	сульфатный	незасолённые
	40	0,09	0,02	0,60	0,36	0,03	0,60	0,40	сульфатный	слабозасолённые
	60	0,27	0,06	0,60	0,24	0,04	0,60	0,48	сульфатный	слабозасолённые
	100	0,24	0,01	0,72	0,32	0,05	0,50	0,40	сульфатный	незасолённые
Участок № 2 (залежь)										
ПР. 2.1	0	0,20	0,04	0,60	0,12	0,04	0,70	0,40	сульфатный	слабозасолённые
	20	0,32	0,06	0,64	0,24	0,04	0,40	0,40	сульфатный	незасолённые
	40	0,01	0,01	0,64	0,28	0,05	0,50	0,40	сульфатный	незасолённые
	60	0,25	0,02	0,72	0,08	0,02	0,40	0,44	сульфатный	незасолённые
	100	0,32	0,06	0,76	0,08	0,02	0,50	0,40	сульфатный	незасолённые
ПР. 2.3	0	0,08	0,04	0,40	0,20	0,03	0,60	0,40	сульфатный	слабозасолённые
	20	0,01	0,01	0,32	0,16	0,06	0,70	0,40	сульфатный	слабозасолённые
	40	0,06	0,03	0,24	0,32	0,04	0,60	0,40	сульфатный	слабозасолённые
	60	0,22	0,04	0,44	0,36	0,03	0,60	0,40	сульфатный	слабозасолённые
	100	0,28	0,01	0,56	0,12	0,02	0,40	0,44	сульфатный	слабозасолённые

Максимальные значения содержания хлорид-иона (0,04 ммоль-экв./100 г. почвы) участка №1 соответствуют глубине 60 см, на участке № 2 – на глубине 20-40 см. Дифференциация содержания хлорид-иона по почвенному профилю наиболее выражена на участке № 2, под залежью. Можно предположить, что такая дифференциация хлорид-иона связана с отсутствием полива и наличием прослоек песка в почвенном профиле.

Содержание ионов магния изменяется от 0,20 до 0,36 ммоль-экв./100 г. в исследуемых почвах обоих участков. Наибольшее значение содержания ионов магния наблюдаются на глубине 40 см (0,36 ммоль-экв./100 г почвы) (ПР. 1.3), а наименьшее значение представлено на глубине 20 см (0,2 ммоль-экв./100 г почвы) (ПР.1.1).

Содержание сульфатов уменьшается с глубиной, минимальное содержание составляет 0,4 ммоль-экв./100 г почвы (табл. 3).

По «суммарному эффекту» токсичных ионов почвы относятся к слабозасолённым разновидностям. Тип засоления для исследуемых почв определяется как сульфатный.

Заключение. В результате работы проведена количественная оценка солевого состояния почв Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства при сельскохозяйственном использовании и сделаны следующие выводы:

1. Почвенный покров исследуемой территории представлен аллювиальными дерново-опустынивающими карбонатными солонцеватыми средне-суглинистыми почвами на рыхлых аллювиальных отложениях. Согласно классификации почв России 2004 г., исследованные почвы относятся к стволу постлитогенные почвы, отделу агрозёмы, типу агрозёмы текстурно-карбонатные, подтип солонцеватые. Для подтверждения наличия осолонцеватости в почвах требуются дополнительные исследования на определение обменного натрия.

2. Данные анализа водной вытяжки показывают, что величина рН составляет 7,3–7,9. Эти значения соответствуют нейтральной или слабощелочной реакции среды, следовательно, химизм исследуемых почв соответствует нейтральному типу.

3. Почвы по плотному остатку на пашне соответствуют незасолённым (величина плотного остатка не превышает 0,20 %), с глубиной количество солей возрастает, по степени засоления с учётом токсичности солей в слое 0–20 и 40 см незасолённые, с глубиной – слабозасолённые. Тип засоления преобладает сульфатный. Почвы залежи в слое 0–20 см не подвержены засолению. С глубиной в отдельных прикопках было отмечено слабое засоление.

4. В составе ионов водной вытяжки преобладают сульфат и хлорид-ионы, из катионов – ионы магния. Хлорид-ион и ионы магния являются токсичными ионами и необходимо регулярно проводить мониторинговые исследования за солевым состоянием почв.

Список литературы

1. Артамонова, В. С. Техногенное засоление почв и их микробиологическая характеристика / В. С. Артамонова, Л. Ю. Дитц и др. // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 8 – С. 663–669.
2. Вальков, В. Ф. Актуальные проблемы экологии и плодородия почв Юг России / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев // Статьи о Юге России, экология и развитие. – Москва : Южный федер. ун-т, 2007. – С. 90–92.
3. Владыченский, С. А. Характеристика засоления почв Волго-Ахтубинской поймы и дельты / С. А. Владыченский // Почвоведение. – 1953. – № 6. – С. 31–39.
4. Воробьева, Л. А. Химический анализ почв / Л. А. Воробьева – Москва : Московский гос. ун-т, 1998. – С. 46–58.
5. Деградация и охрана почв / под. ред. Г.В. Добровольского. – Москва : Московский гос. ун-т, 2002. – 654 с.
6. Доскач, А. Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни / А. Г. Доскач. – Москва : Наука, 1979. – С. 70–78.
7. Карпачевский, Л. О. Засоление почв бугра Бэра в дельте реки Волга / Л. О. Карпачевский, Л. В. Яковлева, А. В. Федотова // Почвоведение. – 2008. – № 2. – С. 153–157.
8. Ковда, В. А. Почвы дельты Волги и их место в почвообразовании / В. А. Ковда // Труды Государственного океанографического института. – 1983. – Вып. 1830. – С. 90–98.
9. Кутлусурина, Г. В. Аналитическая оценка засоленности орошаемых земель Астраханской области / Г. В. Кутлусурина, А. А. Токарева // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 4. – С. 40–46.
10. Мухортов, В. И. Агроэкологическая оценка земель полупустынной зоны Астраханской области / В. И. Мухортов, М. М. Шагайпов // Экологические и социально-экономические аспекты устойчивого развития региона Нижней Волги : сб. науч. работ. – Москва : Современные тетради, 2005. – С. 12–17.
11. Павлов, Н. И. Земледелие в Астраханской области / Н. И. Павлов, Н. В. Челобанов. – Астрахань : Факел, 1998. – 433 с.
12. Панкова, Е. И. Анализ сведений о площади засоленных почв России на конец 20 и 21 в. / Е. И. Панкова, И. Н. Горохова // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2006. – С. 90–92.
13. Abbas, A. Characterizing salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach / A. Abbas, S. Khan, N. Hussain, M.A. Hanjra, S. Akbar // Physics and Chemistry of the Earth. – 2013. – Parts A/B/C/. - Vol. 55–57. – P. 43–52.
14. Bouaziz, M. Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil / M. Bouaziz, J. Matshullat, R. Grouguen // Comptes Rendus Geoscience. – 2011. – Vol. 343, № 11–12. – P. 795–803.
15. Chernousenko, G. I. Otsenka ploshchadei zasolennykh i solontsovykh pochv na territorii ural'skogo okruga Rossii (Assessment of saline and alkaline soils on the territory of the Ural district of Russia) / G. I. Chernousenko, N. V. Kalinina, N. B. Khitrov, E. I. Pankova, D. I. Ruhovich, I. A. Yamnova, A. F. Novikova // Pochvovedenie. – 2011. – № 4. – P. 403–416.
16. Pankova, E. I. Salt affected soils in the Caspian Coast and their evolution as related to fluctuation of the sea level / E. I. Pankova // International Symposium. – Spain, 1995. – P. 53–54.
17. Yaalon, D. H. The origin and accumulation of salts in groundwater and soils of Israel / D. H. Yaalon // Bull. Res. Coun. Isr. – 1963. – N 11 G. – P. 105–131.

References

1. Artamonova, V. S., Ditts, L. Yu. et al. Tehnogennoe zasolenie pochv i ikh mikrobiologicheskaya kharakteristika [Technogenic soil salinization and their microbiological characteristics]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian ecological journal], 2005, no 8, pp. 663–669.
2. Valkov, V. F., Kazeev, K. Sh. Aktualnye problemy ekologii i plodorodiya pochv Yuga Rossii [Actual problems of ecology and soil fertility South of Russia]. *Stati o Yuge Rossii, ekologiya i razvitie* [Articles about southern Russia, ecology and development]. Moscow, South Federal University Publ. House, 2007, pp. 90–92.
3. Vladychenskiy, S. A. Kharakteristika zasoleniya pochv Volgo-Ahtubinskoy poymy i delty [Characteristics of soil salinity in the Volga-Akhtuba floodplain and delta]. *Pochvovedenie* [Soil science], 1953, no 6, pp. 31–39.
4. Vorobeva, L. A. Khimicheskiy analiz pochv [Chemical analysis of soils]. Moscow, Moscow State University Publ. House, 1998, pp. 46–58.
5. *Degradatsiya i okhrana pochv* [Soil degradation and protection]. Ed. by G. V. Dobrovolskogo. Moscow, Moscow State University Publ. House, 2002, 654 p.
6. Doskach, A. G. Prirodnoe rayonirovanie Prikaspiyskoy polupustyni [Natural zoning of the Caspian semi-desert]. Moscow, Nauka Publ., 1979, pp. 70–78.
7. Karpachevskiy, L. O., Jakovleva, L. V., Fedotova, A. V. Zasolenie pochv bugra Bera v delte reki Volga [Salinization of soils of the Ber's hillock in the Volga river delta]. *Pochvovedenie* [Soil science], 2008, no 2, pp. 153–157.
8. Kovda, V. A. Pochvy delty Volgi i ikh mesto v pochvoobrazovanii [Volga delta soils and their place in soil formation]. *Trudy Gosudarstvennogo okeanograficheskogo instituta* [Proceedings of the State Oceanographic Institute], 1983, iss. 1830, pp. 90–98.
9. Kutlusrina, G. V., Tokareva, A. A. Analiticheskaya otsenka zasolennosti oroshaemykh zemel Astrahanskoy oblasti [Analytical assessment of the salinity of irrigated lands in the Astrakhan region]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in modern natural science], 2017, no 4, pp. 40–46.
10. Muhortov, V. I., Shagaipov, M. M. Agroekologicheskaya otsenka zemel polupustynnoy zony Astrahanskoy oblasti [Agroecological assessment of lands in the semi-desert zone of the Astrakhan region]. *Ekologicheskie i sotsialno-ekonomicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya regiona Nizhney Volgi* [Environmental and socio-economic aspects of sustainable development of the Lower Volga region]. Moscow, Sovremennye tetrad Publ., 2005, pp. 12–17.
11. Pavlov, N. I., Chelobanov, N. V. Zemledelie v Astrahanskoy oblasti [Agriculture in the Astrakhan region]. Astrakhan, Fakel Publ., 1998, 433 p.
12. Pankova, E. I., Gorokhova, I. N. Analiz svedeniy o ploshchadi zasolennykh pochv Rossii na konets 20 i 21 v. [Analysis of data on the area of saline soils in Russia at the end of the 20th and 21st centuries]. *Byulleten Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva* [Bulletin of the Soil Science Institute named by V. V. Dokuchaev], 2006, pp. 90–92.
13. Abbas, A., Khan, S., Hussain, N., Hanjra, M. A., Akbar, S. Characterizing salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach. *Physcis and Chemistry of the Earth*, 2013, parts A/B/C/, vol. 55–57, pp. 43–52.
14. Bouaziz, M., Matshullat, J., Grouguen, R. Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil. *Comptes Rendus Geoscience*, 2011, vol. 343, no 11–12, pp. 795–803.
15. Chernousenko, G. I., Kalinina, N. V., Khitrov, N. B., Pankova, E. I., Ruhovich, D. I., Yamnova, I. A., Novikova, A. F. Otsenka ploshchadei zasolennykh i solontsovykh pochv na territorii ural'skogo okruga Rossii (Assessment of saline and alkaline soils on the territory of the Ural district of Russia). *Pochvovedenie* [Soil science], 2011, no 4, pp. 403–416.

16. Pankova, E. I. Salt affected soils in the Caspian Coast and their evolution as related to fluctuation of the sea level. *International Symposium*, Spain, 1995, pp. 53–54.

17. Yaalon, D. H. The origin and accumulation of salts in groundwater and soils of Israel. *Bull. Res. Coun. Isr.*, 1963, no 11 G, pp. 105–131.