

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья
УДК 631.445.52

Водно-солевой режим засоленных почв в условиях Каракалпакии

Галина Владиславовна Стулина¹, Жавлон Хамидуллаевич Ишанов²

^{1, 2}Научно-информационный центр Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии Центральной Азии, Ташкент, Республика Узбекистан

¹stulina49@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3048-1613>

²ishanov_javlon@mail.ru

Аннотация. Цель: анализ водно-солевого режима на засоленных почвах. **Материалы и методы.** Полевые и лабораторные исследования проведены в условиях засоленных земель на опытном участке Инновационного Центра Приаралья в Каракалпакии. Для демонстрации процесса влагосолепереноса в динамике участок под хлопчатником оборудован кустом тензиометров и стационарным солемером. **Результаты.** Определено, что в почве существует сложная система взаимодействия между солями и влажностью, которая влияет на сосущую силу почвы и, следовательно, на возможность потребления воды растениями, на потенциальное водопотребление. Полученная физическая модель взаимодействия влажности и засоления определяет порог увлажнения почвы, когда растворение солей сменяется их вымыванием из профиля почвы. Термодинамический подход, применяемый в исследованиях, выделяет различное энергетическое состояние воды в почве, непосредственно зависящее от вида категории почвенной влажности и доступности ее участия в водном балансе воды для культур. Присутствие солей в почве создает осмотический потенциал и снижает доступность воды для растений. При моделировании для прогнозирования в корневой зоне осмотический потенциал возможно использовать в качестве показателя засоления. **Выводы.** Цель управления водно-солевым режимом заключается в определении взаимодействия в различных условиях, создаваемых при орошении, в том числе потенциалом почвенной влаги, влажности и засоления.

Ключевые слова: орошение, водопотребление, почва, растение, засоление, сельскохозяйственная культура, моделирование, бассейн Аральского моря, Каракалпакия

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 18 февраля 2026 г.).

Для цитирования: Стулина Г. В., Ишанов Ж. Х. Водно-солевой режим засоленных почв в условиях Каракалпакии // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 98–112.

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Original article

Water-salt regime of saline soils in Karakalpakstan

Galina V. Stulina¹, Javlon X. Ishanov²

^{1,2}Scientific-Information Center of the Interstate Commission for Coordination in Central Asia, Tashkent, Republic of Uzbekistan

¹stulina49@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3048-1613>

²ishanov_javlon@mail.ru

Abstract. Purpose: to analyze the water-salt regime of saline soils. **Materials and methods.** Field and laboratory studies were conducted in saline soils at the experimental site of the Aral Sea Innovation Center in Karakalpakstan. To demonstrate the process of moisture-salt transfer over time, the cotton plot was equipped with a tensiometer cluster and a stationary salinity meter. **Results.** It was determined that a complex system of interactions between salts and soil moisture which affects the soil suction power and, consequently, the ability of plants to consume water, and their potential water consumption exists in the soil. The resulting physical model of the interaction between soil moisture and salinity determines the soil moisture threshold at which salt dissolution is replaced by their leaching from the soil profile. The thermodynamic approach used in the research identifies different energy status of soil water, directly dependent on the type of soil moisture category and the availability of its participation in the water balance of crops. The presence of salts in the soil creates an osmotic potential and reduces water availability for plants. In modeling for root zone forecasting, the osmotic potential can be used as an indicator of salinity. **Conclusions.** The purpose of water-salt regime control is to determine the interactions under various conditions created by irrigation, including soil water potential, moisture, and salinity.

Keywords: irrigation, water consumption, soil, plant, salinity, crop, modeling, the Aral Sea Basin, Karakalpakstan

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the International scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 18, 2026).

For citation: Stulina G. V., Ishanov J. X. Water-salt regime of saline soils in Karakalpakstan. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2026;98(1):98–112. (In Russ.).

Введение. Результаты многочисленных экспериментов и натуральных наблюдений показали, что присутствие солей в почве оказывает существенное влияние на механизм водопотребления растений [1, 2]. Особенно сильно засоление почв проявляется в бассейне Аральского моря. Учитывая, что в регионе сельскохозяйственные земли в основном орошаемые – в Узбекистане более 90 %, – взаимодействие растений и воды в значительной степени определяется засолением почв [1].

Рассматриваемая территория Приаралья характеризуется засушливым климатом, засоленными почвами, местами близким залеганием минерализованных грунтовых вод, недостатком водных ресурсов. Неправиль-

ное орошение засоленных земель в условиях минерализованных с высоким уровнем грунтовых вод приводит к вторичному засолению почв.

Избыточное увлажнение или недостаточное орошение приводят к засолению почв и снижению продуктивности земель. В результате засоления почвы урожайность на орошаемых территориях снижается.

Воздействие солей на растения имеет как прямое токсическое действие, так и гидрофизическое, снижая способность корней поглощать воду, и этот фактор необходимо учитывать при разработке моделей расчетов режимов орошения [1].

Проблема обеспечения сельскохозяйственных культур водой для их жизнедеятельности требует рассмотрения всех аспектов процесса: почва → вода → растение.

Почва – тип, гранулометрический состав, засоление; вода – химический состав, физическое состояние; растение – вид, засухо- и солеустойчивость [1].

Один из важных параметров, характеризующих доступность воды (почвенного раствора), – это категории почвенной влаги. Вода в почве связана различными силами, которые корневая система должна преодолеть при поглощении, поэтому вода в почве делится на два класса: доступная и недоступная. Доступность воды зависит от того состояния, в которой она находится [1].

Связанная вода в почве находится в следующих формах [1].

Химически связанная вода недоступна для растения. К связанной воде относится и гигроскопическая вода, которая адсорбируется на абсолютно сухой почве. Гигроскопическая вода в почве удерживается под высоким давлением в 50 бар. Поскольку всасывающая сила корневой системы составляет от 6 до 16 бар, такая вода недоступна растениям. Условно связан-

ной можно назвать мембранную с давлением 0,50–6,25 бар или пленочную воду, которая может быть доступна растениям [1].

Большое значение для обеспечения растений водой, а также для физических и химических процессов в почве имеет капиллярная вода. Она является наиболее экологически важной формой воды и основным фактором увлажнения и плодородия почвы.

Гравитационная вода является основной формой свободной воды в почве. К свободной воде относятся и грунтовые воды. Благодаря капиллярному поднятию из них растения могут поглощать воду из более глубокого слоя. Если грунтовые воды содержат растворимые соли, они оказывают отрицательное влияние на растения и почву [1].

Основное влияние соли на растение – ограничение потребления воды корнями. При увеличении концентрации соли в почвенном растворе корням становится труднее поглощать воду из солевого раствора. На почвах с высокой концентрацией солей у растений наблюдается водный стресс, вследствие чего растения прекращают рост. Особенно часто это наблюдается при снижении влажности почвы, т. к. приводит к резкому увеличению концентрации соли в почвенном растворе.

Цель исследований – анализ водно-солевого режима на засоленных землях в условиях Каракалпакии.

Материалы и методы. Исследуемым участком является экспериментальный полигон узбекско-японского проекта SATREPS-2020, расположенный в районе Тик-Узьяк Муйнакского района Республики Каракалпакстан. Исследования проводились на опытном участке, где для проведения научных исследований был посажен хлопчатника сорта С-4727.

Засоление почв выражается как количественными, так и качественными показателями [1]. Ниже приводится классификация засоления (таблица 1).

При детальном изучении опытного участка особое внимание было

уделено анализу водно-физических и химических свойств, влияющих на водно-солевой баланс почвы. С этой целью был заложен почвенный разрез и проведено его генетическое описание.

Таблица 1 – Группировка засоленных щелочных и нещелочных почв по данным анализа

Table 1 – Grouping of saline alkaline and non-alkaline soils according to analysis data

Класс почвы	<i>EC</i>	<i>ESP</i>	pH	<i>SAR</i>	Основные ионы и их соотношение	Гипс	Щелочно-земельные карбонаты
Незасоленные нещелочные	< 4	< 15	< 7	Низкий	–	+/-	+/-
Засоленные (saline)	> 4	< 15	< 8,5	Невысокий	Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ · HCO ₃ ⁻ – мало; CO ₃ ²⁻ – нет; Na ⁺ > Ca ²⁺ + Mg ²⁺	+	+
Незасоленные щелочные	Невысокая	> 15	Обычно > 8,5	Высокий	Na ⁺ , может быть в виде NaHCO ₃ ²⁻ – NaCO ₃	Редко +	–
Засоленные щелочные	> 4	> 15	Обычно < 8,5		Подобны 2-му классу почв, но выше доля натрия	–	–

В течение вегетации хлопчатника были определены следующие показатели.

Влажность почвы. Определения проводились отбором почвенных проб через каждые 20 см до глубины 100 см. Образцы высушивались и взвешивались прибором «Анализатор влажности модели МВ 200, НПВ».

Засоление почвы. В отобранных почвенных образцах определялся плотный остаток, общее засоление и состав полной водной вытяжки. Отбор образцов выполнялся через 5 дней.

Потенциал почвенной влаги (КРа) определялся кустом из 5 тензиометров, установленных на глубину почвенного отбора (рисунок 1).

На поле проводились фенологические и агротехнические наблюдения.



Рисунок 1 – Установка тензиометров (автор фото Г. В. Стулина)
Figure 1 – Installation of tensiometers (photo by G. V. Stulina)

Результаты и обсуждение. На рисунках 2, 3 представлено изменение влажности почвы на опытном участке в течение вегетации. В балансе влажности основную роль играло испарение с поверхности почвы, эвапотранспирация растениями и осадки. Так как грунтовые воды находятся достаточно глубоко (более двух метров), то в данном случае они не играют значительную роль в водном балансе.

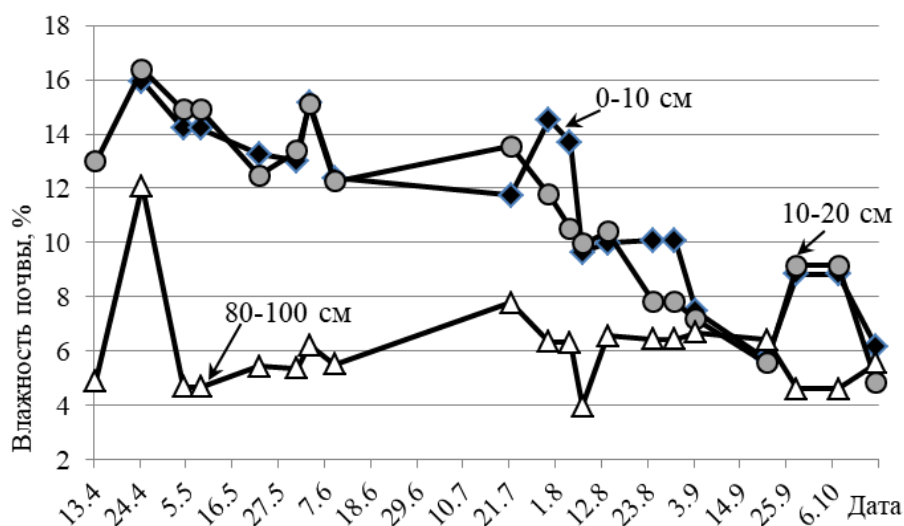


Рисунок 2 – Изменение влажности почвы по датам наблюдений на глубине 0–10, 10–20, 80–10 см
Figure 2 – Change in soil moisture by observation dates at a depth of 0–10, 10–20, 80–10 cm

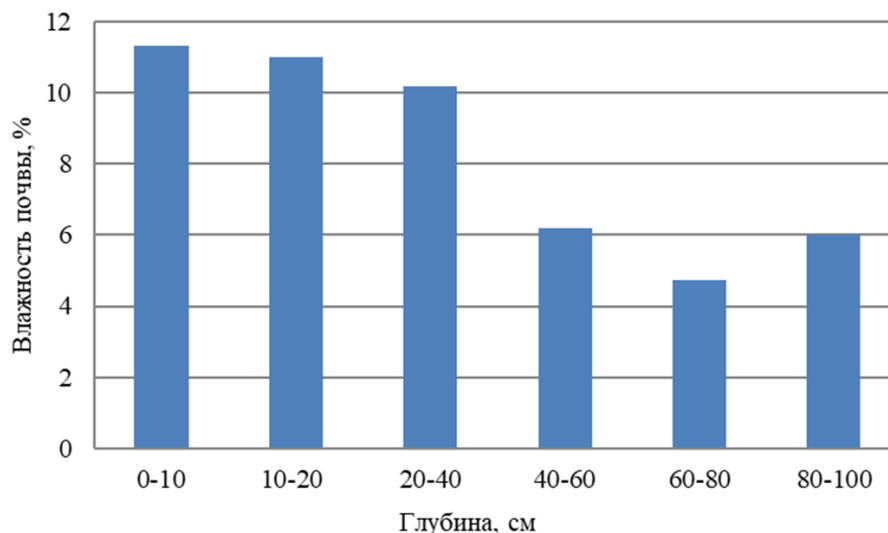


Рисунок 3 – Влажность почвы по глубине (средняя за вегетацию)
Figure 3 – Soil moisture by depth (average for the growing season)

Влажность почвы изменяется по глубине взятия образцов. В верхнем слое 0–40 см средняя влажность за вегетацию составляет 10–14 %, с глубины 40–60 см она составляет 4–10 % весовых. Наименьшее значение влажности почвы по результатам определения на глубине 60–80 см (рисунок 2).

Иссушение в течение вегетации наблюдается в верхних горизонтах – от 16 % до 4 % (рисунки 2, 3), в нижнем горизонте влажность более стабильная – в пределах 4–6 % (рисунок 2).

В связи с небольшими поливными нормами – 2 м³/га в сроки 31 мая, 29 июня, 24 июля – значительных влияний орошения на изменение влажности почвы не отмечено.

Засоление почвы затронуло, в основном, поверхностные горизонты почвы. На глубине 0–10 см величина засоления изменялась в течение вегетации от 1 до 3 %. Сравним: накопление солей на глубине 80–100 см изменялось в пределах от 0 до 0,5 % полной водной вытяжки (рисунок 4).

По средним значениям за вегетацию (рисунок 5) наибольшие изменения также наблюдались в поверхностном горизонте и достигли к осени значения 1,52 % в горизонте 0–10 см, в два раза меньше на глубине 10–20 см, 0,202 % – в слое 60–80 см, 0,262 % – в слое 80–100 см.

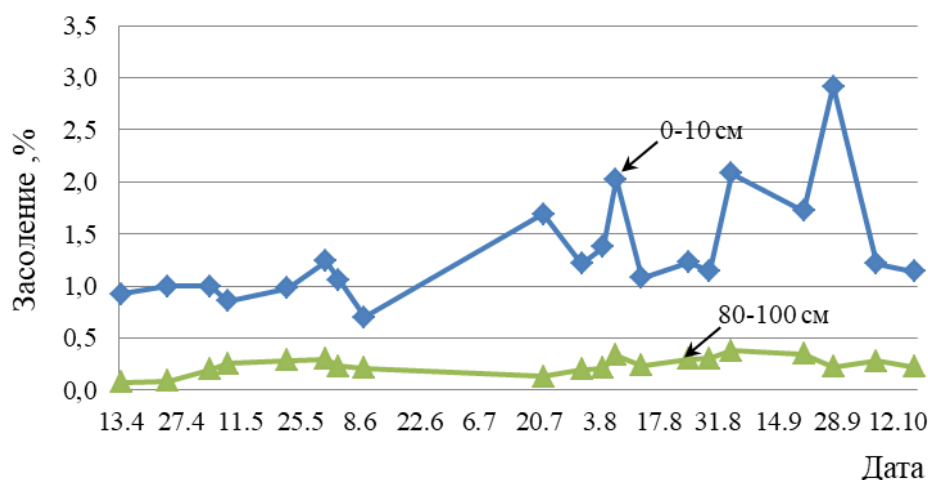


Рисунок 4 – Изменение засоления почвы на глубине 0–10, 80–100 см
Figure 4 – Changes in soil salinity at depths of 0–10, 80–100 cm

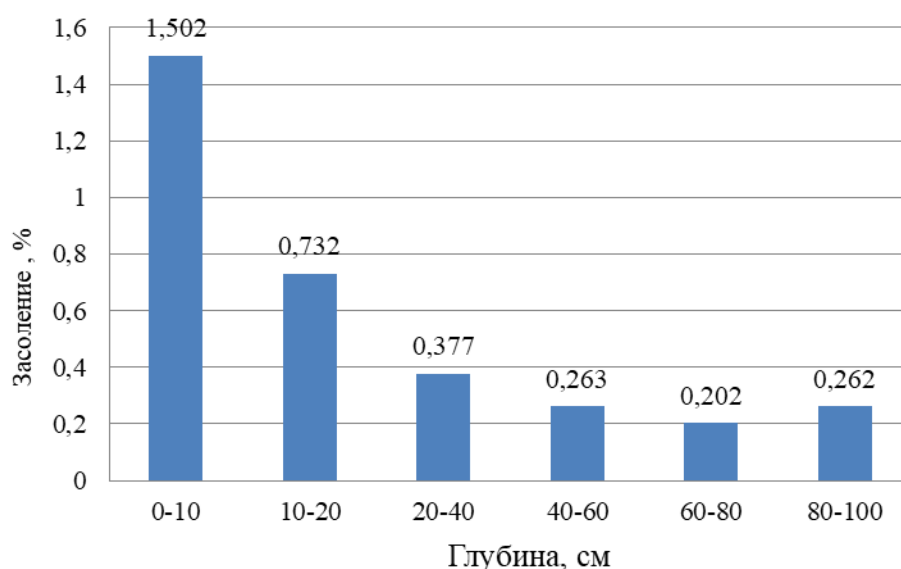


Рисунок 5 – Засоление почвы по глубине (среднее за вегетацию)
Figure 5 – Soil salinity by depth (average for the growing season)

Согласно классификации [3–5] по засолению для хлоридно-сульфатных почв, почва верхнего горизонта достигла показания солончака и сильнозасоленной почвы в верхнем 0–10-сантиметровом слое, в слое 80–100 см изменялась от незасоленной до средnezасоленной.

Потенциал почвенной влаги. Оценка состояния воды в почве, наряду с традиционным водобалансовым подходом, базирующимся на категориях почвенной влаги и почвенно-гидрологических константах, возможна и с термодинамических позиций. В этом случае одновременно с влажностью

почвы необходимо получить характеристику энергетического состояния воды в почве [1].

Почвенная влага находится под одновременным влиянием различных по природе силовых полей: адсорбционного, капиллярного, осмотического, гравитационного. Выразить результирующее влияние этих разных по величине и направлению сил на энергетическое состояние почвенной влаги путем их простого суммирования для такой сложной системы как вода в почве, практически невозможно. Поэтому для данной цели введено понятие термодинамического, или полного потенциала почвенной воды [6].

Полный потенциал почвенной влаги – работа, Дж/кг, которую необходимо затратить на преодоление водоудерживающих сил при извлечении из почвы единицы массы воды [1]. Он складывается из суммы частных потенциалов, связанных с разными силовыми полями:

$$P_t = P_a + P_k + P_o + P_g,$$

где P_a – адсорбционный потенциал, Дж/кг;

P_k – капиллярный потенциал, Дж/кг;

P_o – осмотический потенциал, Дж/кг;

P_g – гравитационный потенциал, Дж/кг.

Экспериментально потенциал почвенной воды определяется через потенциал тензиометрического давления, который можно непосредственно измерить с помощью тензиометров или иным способом (методом сорбции – десорбции паров воды, психрометрическим методом, методом мембранного пресса) [1].

Потенциал тензиометрического давления воды (или матричный потенциал) зависит от влажности почвы, определяющей характер водных пленок и кривизну менисков, давления в газовой фазе, геометрии твердой фазы почвы (или матрицы), т. е. взаимного расположения почвенных частиц [1].

Полный потенциал почвенной влаги (КРа) замеряется тензиометрами, установленными в поле (рисунок 6).

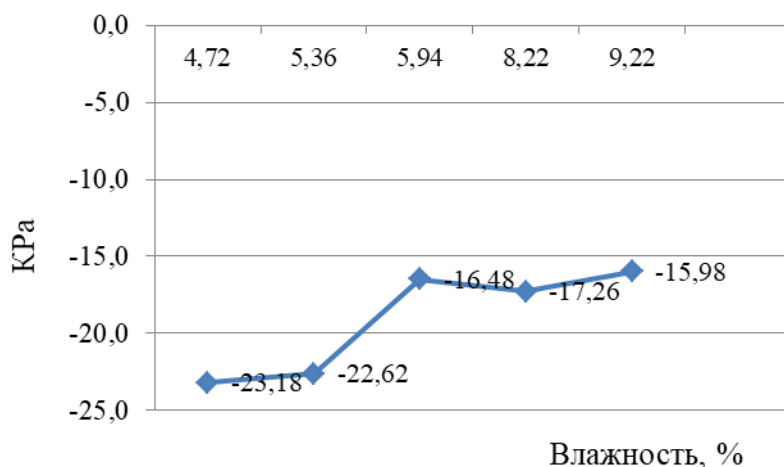


Рисунок 6 – Зависимость потенциала почвенной влаги от влажности
Figure 6 – Dependence of soil moisture potential on moisture

Потенциал почвенной влаги – величина отрицательная, т. к. затрачивается работа (положительного знака) на его преодоление. Эквивалентными терминами потенциала являются давление почвенной влаги, измеряемое в паскалях ($\text{Па} = \text{кг}/\text{м} \cdot \text{с}^2$), и гидростатическое (гидравлическое) давление, измеряемое в см водного столба [5–7].

Всасывающее давление эквивалентно потенциалу почвенной влаги, но выражено положительной величиной. Проявление всасывающего давления потенциалов вызывает спонтанное передвижение воды от более увлажненных участков почвы к более сухим. При этом движущей силой является градиент потенциала вдоль направления движения водопотребления [1].

Дальнейшее развитие термодинамического подхода к оценке состояния воды в почве имеет большое значение для управления водным режимом в системе «почва – растение».

Осмотический потенциал почвенной влаги. Процесс транспирации растений, поступление воды в растения, передвижение от корня к листьям также объясняется механизмом воздействия термодинамических потенциалов [9–11].

Движение воды в растениях происходит преимущественно за счет пассивного или активного переноса осмотических активных веществ вместе с водой через мембрану. Одним словом, осмотический потенциал при поглощении корнями влаги (почвенный раствор) возникает между почвой и растением на границы мембран.

При растворении в воде другого вещества концентрация ее молекул, а, следовательно, и водный потенциал, снижаются. Количественно это понижение выражают величиной, называемой осмотическим потенциалом. Иными словами, осмотический потенциал – это мера снижения водного потенциала системы в результате присутствия в ней «неводных» молекул. Осмотический потенциал водного раствора всегда отрицателен. Чем больше в растворе молекул растворенного вещества, тем этот потенциал ниже. Разница в водном потенциале между внешним и внутренним пространством мембраны являет собой силу, позволяющую транспортироваться почвенной воде в корень растения. Потенциальное осмотическое давление клетки уменьшается при поступлении воды и увеличивается при ее выделении. Сосущая сила больше, чем больше влажность и тем больше засоление.

Зависимость между потенциалом почвенной влаги (сосущей силой почвы) и засолением представлена ниже (рисунок 7).

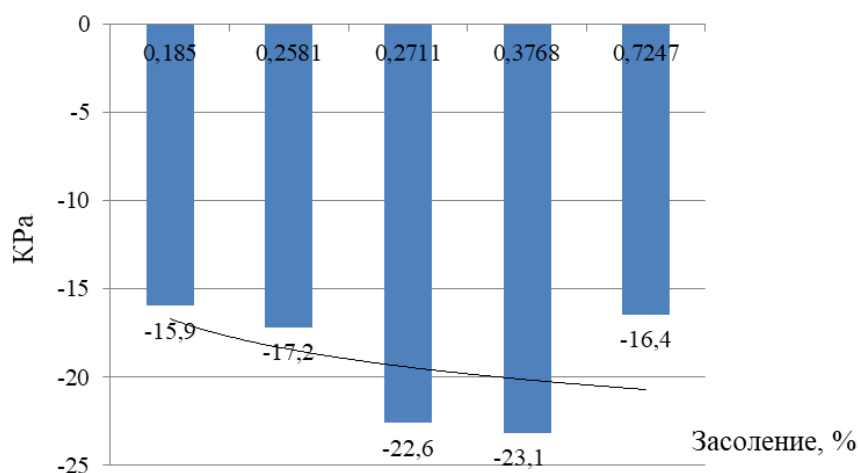


Рисунок 7 – Зависимость между потенциалом почвенной влаги и засолением

Figure 7 – Relationship between soil moisture potential and salinity

Наблюдением за соотношением влажности и засоления в почве важно установить ту величину влажности, при которой возможно растворить соли и вымыть их, т. е., условно говоря, смоделировать физическую модель для определения величины промывной доли. Если проанализировать полученные зависимости, можно отметить, что увеличение влажности почвы после полива или дождя приводит к увеличению засоления за счет растворения солей до какого-то предельного значения влажности, дальнейшее повышение влажности уже соответствует снижению солей в почве за счет их вымывания. Эта влажность является (рисунок 8) важным пределом и значением, определяющим промывную норму, рассчитанную по величине объема поданной воды для вымывания солей. В этом процессе важную роль играет соотношение между влажностью, засолением и сосущей силой почвы. Эмпирический метод объясняет физический смысл происходящего процесса. Однако учитывая сложность взаимодействия воды и солей, которая зависит не только от количественных, но и качественных параметров, от возможных химических реакций, необходимо переходить к описанию процесса водно-солевым балансом.

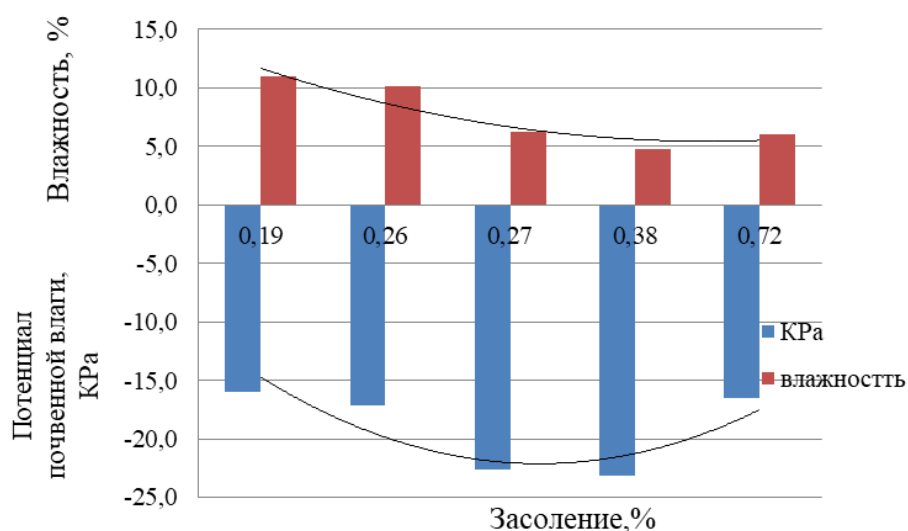


Рисунок 8 – Зависимость между влажностью, засолением почвы и потенциалом почвенной влаги

Figure 8 – Relationship between soil moisture, salinity and soil moisture potential

Выводы. В жарком и сухом климатах с преобладанием в почве восходящего тока воды засоление встречается очень часто на огромных площадях, на большей части территорий степной, полупустынной и пустынной зон. К последней относится осушенное дно моря и ближайшее к нему Приаралье. Изучаемая территория характеризуется высокой летней температурой, обеспечивающей значительное испарение с поверхности почвы и интенсивность транспирации у растений. В результате засоление почвы усиливает повреждение растений. Избыточная концентрация солей оказывает как осмотическое действие, нарушающее нормальное водоснабжение растений, так и токсическое, вызывая отравления. Засоление почвы угнетающе действует и на почвенные микроорганизмы, в том числе на те группы, жизнедеятельность которых весьма существенна для высших растений. Анализ, проведенный на территории Приаралья, показал, что в почве существует сложная система взаимодействия между солями и влажностью почвы, которая влияет на сосущую силу почвы и, следовательно, на возможность потребления воды растениями, на потенциальное водопотребление. В настоящее время наше внимание обращено на процесс потребления влаги растениями через сосущую силу почвы и влияния на это засоления почвы.

Процесс передвижения воды и солей в растении довольно сложный и требует отдельного рассмотрения, выбора и адаптации модели водно-солевого баланса.

Список источников

1. Стулина Г. В., Солодкий Г. Ф. Водопотребление сельхозкультур на засоленных почвах // Научные записки НИЦ МКВК. 2023. № 17. 25 с.
2. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils / L. E. Allison, J. W. Brown, H. E. Hayward [and et.]. Riverside: Regional Salinity Laboratory. 1954. Agriculture Handbook No. 60. 160 p. URL: <https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/riverside-ca/agricultural-water-efficiency-and-salinity-research-unit/docs/publications/handbook-no-60/>.
3. Панкова Е. И. Генезис засоления почв пустынь. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева. 1993. С. 136.
4. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 98–112.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2026. Vol. 98, no. 1. P. 98–112.

5. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
6. Шейн Е. В. Курс физики почв. М.: МГУ, 2005. 430 с.
7. Судницын И. И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. М.: МГУ, 1979. 254 с.
8. Диагностика опустынивания с использованием основной гидрофизической характеристики почв / Т. Э. Щерба, Г. С. Куст, А. В. Смагин, О. В. Андреева, В. Д. Славко // Аридные экосистемы. 2016. Т. 22, № 4(69). С. 30–42. EDN: WYBNSL.
9. The Influence of the Osmotic Potential on Evapotranspiration / A. K. Salman, W. Durner, M. Naseri, D. C. Joshi // Water. 2023. Vol. 15, no. 11. 2031. DOI: 10.3390/w15112031. EDN: RJZWMC.
10. The osmotic potential of soil solutions in salt tolerance studies: Following M. Th. van Genuchten's innovation / Y. Pachepsky, A. Yakirevich, A. A. Ponizovsky, N. Gummatov // Vadose Zone Journal. 2024. Vol. 23(4). DOI: 10.1002/vzj2.20299. EDN: DPWSEZ.
11. Bosse J., Durner W., Peters A. Effect of salt concentration on osmotic potential in drying soils - Measurement and models // European Journal of Soil Science. 2024. Vol. 75. No. 5. DOI: 10.1111/ejss.70001. EDN: OVICLI.

References

1. Stulina G.V., Solodkiy G.F., 2023. *Vodopotreblenie sel'khozkul'tur na zasolennykh pochvakh* [Water consumption of agricultural crops on saline soils]. *Nauchnye zapiski NITS MKVK* [Scientific Notes of the Scientific Center of the Interstate Coordination Center for Water Coordination], no. 17, 25 p. (In Russian).
2. Allison L.E., Brown J.W., Hayward H.E. [and et.], 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Riverside: Regional Salinity Laboratory. Agriculture Handbook no. 60, 160 p, URL: <https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/riverside-ca/agricultural-water-efficiency-and-salinity-research-unit/docs/publications/handbook-no-60/>.
3. Pankova E.I., 1993. *Genezis zasoleniya pochv pustyn* [Genesis of the Soil Salinity in Deserts]. Moscow, V. V. Dokuchaev Soil Institute, 136 p. (In Russian).
4. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A., 1986. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods for Studying the Physical Properties of Soils]. Moscow, Agropromizdat Publ., 416 p. (In Russian).
5. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I., 2004. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and Diagnostics of Russian Soils]. Smolensk, Oikumena Publ., 342 p. (In Russian).
6. Shein E.V., 2005. *Kurs fiziki pochv* [Soil Physics Course]. Moscow, Moscow State University, 430 p. (In Russian).
7. Sudnitsyn I.I., 1979. *Dvizhenie pochvennoy vlagi i vodopotreblenie rasteniy* [The Movement of Soil Moisture and Water Use Plants]. Moscow, Moscow State University, 254 p. (In Russian).
8. Shcherba T.E., Kust G.S., Smagin A.V., Andreeva O.V., Slavko V.D., 2016. *Diagnostika opustynivaniya s ispol'zovaniem osnovnoy gidrofizicheskoy kharakteristiki pochv* [Diagnostics of desertification with the use of water retention curve of soils]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], vol. 22, no. 4(69), pp. 30-42, EDN: WYBNSL. (In Russian).
9. Salman A.K., Durner W., Naseri M., Joshi D.C., 2023. The Influence of the Osmotic Potential on Evapotranspiration. *Water*, vol. 15, no. 11, 2031, DOI: 10.3390/w15112031, EDN: RJZWMC.
10. Pachepsky Y., Yakirevich A., Ponizovsky A.A., Gummatov N., 2024. The osmotic potential of soil solutions in salt tolerance studies: Following M. Th. van Genuchten's innovation. *Vadose Zone Journal*, vol. 23(4), DOI: 10.1002/vzj2.20299, EDN: DPWSEZ.

11. Bosse J., Durner W., Peters A., 2024. Effect of salt concentration on osmotic potential in drying soils. Measurement and models. European Journal of Soil Science, vol. 75, no. 5, DOI: 10.1111/ejss.70001, EDN: OVICLI.

Информация об авторах

Г. В. Стулина – старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, Научно-информационный Центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии, Ташкент, Республика Узбекистан, stulina49@bk.ru, ORCID: 0000-0002-3048-1613;

Ж. Х. Ишанов – младший научный сотрудник, доктор философии (PhD) по техническим наукам, Научно-информационный Центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии, Ташкент, Республика Узбекистан, ishanov_javlon@mail.ru.

Information about the authors

G. V. Stulina – Senior Researcher, Candidate of of Biology Sciences, Scientific-Information Center of the Interstate Commission for Coordination in Central Asia, Tashkent, Republic of Uzbekistan, stulina49@bk.ru, ORCID: 0000-0002-3048-1613;

J. X. Ishanov – Junior Researcher, Doctor of Philosophy (PhD) of Technical Sciences, Scientific-Information Center of the Interstate Commission for Coordination in Central Asia Tashkent, Republic of Uzbekistan, ishanov_javlon@mail.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 09.02.2026; одобрена после рецензирования 10.03.2026; принята к публикации 26.03.2026.

The article was submitted 09.02.2026; approved after reviewing 10.03.2026; accepted for publication 26.03.2026.