

## ПОЧВОВЕДЕНИЕ/SOIL SCIENCE

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.93> EDN: HRMLGY**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АВТОМОРФНОГО СОЛОНЧАКА И ГАЛОФИТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЫ**

Научная статья

**Мамонтов В.Г.<sup>1</sup>, Ефимов О.Е.<sup>2</sup>, Лосева К.А.<sup>3,\*</sup>**<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-2563-8783;<sup>2</sup>ORCID : 0000-0002-8134-0159;<sup>3</sup>ORCID : 0000-0002-8344-5317;<sup>1,2,3</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (kshmakova[at]rgau-msha.ru)

Предложена: 03.06.2026; Принята: 20.08.2026; Опубликовано: 17.09.2026

**Аннотация**

Солончак автоморфный Прикаспийской низменности обладает всеми особенностями, характерными для почв данного типа этого региона. К ним относятся: высокое содержание водорастворимых солей преимущественно хлоридно-натриевого типа в пределах всего профиля с максимумом в самом верхнем горизонте, отсутствие дифференциации профиля по валовому составу; очень низкое содержание общего гумуса и азота и среднещелочная реакция среды, обусловленная присутствием свободных карбонатов. Содержание микроэлементов, среди которых преобладают марганец и цинк, в солончаке в целом невысокое, с максимумом, приуроченным к гумусовому горизонту. Зольность галофитов, произрастающих на солончаке, довольно высокая. Самую низкую зольность — 17,62% имеет костер растопыренный; у сарсазана шишковатого зольность составила 20,18%, а у солянки чумной — 33,38%. В составе золы заметно преобладают ионы натрия и хлора. Больше всего этих элементов — 597,30 и 106,2 мг/г золы соответственно содержит солянка чумная. Меньше всего — 153,80 и 29,10 мг/г золы — костер растопыренный. В золе сарсазана шишковатого содержится 341,40 мг/г натрия и 66,42 мг/г хлора. При этом костер растопыренный обладает практически одинаковой способностью поглощать и накапливать в своих тканях как ионы Cl, так и ионы SO<sub>4</sub>. Среди микроэлементов в составе золы растений, как и в почве, преобладают марганец и цинк. При хлоридно-натриевом засолении почв все изученные растения могут использоваться как фитомелиоранты, хотя самым эффективным, по-видимому, будет солянка чумная. В случае сульфатно-хлоридного засоления перспективным представляется костер растопыренный.

**Ключевые слова:** солончак автоморфный, солянка чумная, сарсазан шишковатый, костер растопыренный, валовой состав, зольность, состав золы.

**THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE AUTOMORPHIC SALT MARSH AND HALOPHYTIC VEGETATION OF THE CASPIAN PROVINCE IN THE SEMI-ARID ZONE**

Research article

**Mamontov V.G.<sup>1</sup>, Yefimov O.Y.<sup>2</sup>, Loseva K.A.<sup>3,\*</sup>**<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-2563-8783;<sup>2</sup>ORCID : 0000-0002-8134-0159;<sup>3</sup>ORCID : 0000-0002-8344-5317;<sup>1,2,3</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (kshmakova[at]rgau-msha.ru)

Suggested: 03.06.2026; Accepted: 20.08.2026; Published: 17.09.2026

**Abstract**

The automorphic salt marsh of the Caspian Lowland has all the traits typical of soils of this type in the region. These include the following: a high content of water-soluble salts, predominantly of the sodium chloride type, throughout the entire profile, peaking in the uppermost horizon; a lack of differentiation in the profile's gross composition; a very low content of total humus and nitrogen, and a moderately alkaline reaction of the medium, due to the presence of free carbonates. The content of trace elements, among which manganese and zinc predominate, in the salt marsh is generally low, with a maximum concentrated in the humus horizon. The ash content of the halophytes growing on the salt marsh is quite high. The lowest ash content — 17.62% — is found in rough brome; in sarzasan, the ash content was 20.18%, and in the salt marsh saltwort, 33.38%. Sodium and chlorine ions are markedly predominant in the ash composition. The highest concentrations of these elements, 597.30 and 106.2 mg/g of ash respectively, are found in Russian thistle. The lowest concentrations — 153.80 and 29.10 mg/g of ash — are found in rough brome. The ash of sarzasan contains 341.40 mg/g of sodium and 66.42 mg/g of chlorine. Meanwhile, the splayed broom has virtually the same capacity to absorb and accumulate both Cl and SO<sub>4</sub> ions in its tissues. Among the trace elements in the plant ash, as in the soil, manganese and zinc predominate. In the case of sodium

chloride soil salinisation, all the plants studied can be used as phytoremediators, although Russian thistle appears to be the most effective. In the case of sulphate-chloride soil salinisation, rough brome appears to show promise.

**Keywords:** automorphic salt marsh, Russian thistle, sarzasan, rough brome, gross composition, ash content, ash composition.

### Введение

Почвенный покров России отличается большим разнообразием. Присутствуют в нем и засоленные почвы — большая группа почв разных типов, характерной особенностью которых является высокое содержание легкорастворимых солей [1]. Общая площадь засоленных почв в России составляет 53997 тыс. га, из которых на типичные солончаки приходится 664,9 тыс. га, причем в таких областях, как Астраханская, Волгоградская, Новосибирская и Омская, на долю засоленных почв приходится более 40% сельскохозяйственных угодий, а в Республике Калмыкия — 80–100% [2].

Следует отметить, что в последние десятилетия площадь засоленных почв в России увеличивается. Это обусловлено опустыниванием, активно затрагивающим аридные регионы, и вторичным засолением орошаемых земель вследствие использования для полива некондиционной воды и подъема уровня грунтовых вод на орошаемых угодьях [3], [4]. Причем площадь вторично засоленных почв постоянно увеличивается [5].

Легкорастворимые соли оказывают негативное влияние на рост и развитие культурных растений. Даже при слабом засолении почвы потери урожайности достигают 20%, а на сильно засоленных почвах они составляют 70–80% [6].

Неблагоприятное влияние легкорастворимых солей на культурные растения обусловлено комплексом факторов. К их числу относят: увеличение осмотического давления почвенного раствора выше критических значений, токсичное действие отдельных ионов на растения и нарушение условий питания растений [7], [8].

Поэтому эффективное сельскохозяйственное использование засоленных почв возможно только после их мелиорации. Наиболее действенным способом мелиорации почв, содержащих избыточное количество легкорастворимых солей, считается сквозная промывка, способствующая опреснению всей почвенно-грунтовой толщи и удалению солей в грунтовые воды [9].

Однако сквозная промывка — весьма дорогостоящее мероприятие, особенно в условиях дефицита пресной воды. Кроме того, положительный эффект от этого мелиоративного приема наблюдается только на фоне эффективно работающего дренажа.

В связи с этим в последнее время исследователи все чаще предлагают использовать для мелиорации засоленных почв биологический метод. Суть которого заключается в возделывании на засоленных почвах галофитной растительности, активно поглощающей легкорастворимые соли и в последующем удаляемой с поля [10], [11], [12].

На территории Прикаспийской низменности, в том числе и в Астраханской области, широко представлены засоленные породы, являющиеся главным источником засоления современных почв. К специфике территории следует отнести и постоянный эоловый перенос солей со стороны моря, играющий большую роль в солевом балансе территории. С учетом засушливости климата все это способствует засолению и деградации почв [1].

В частности, только в Астраханской области до 70% пахотных угодий уже подвержено деградации и опустыниванию [13].

Поэтому внедрение природоохранных способов ведения сельского хозяйства является важным фактором его стабилизации. Одним из таких приемов является фитомелиорация, эффективность которой будет в значительной степени зависеть от вида растения. При этом, по-видимому, наиболее эффективными будут местные растения, в большей мере приспособленные к почвенно-климатическим условиям конкретного региона.

Однако, несмотря на имеющийся положительный опыт, эта проблема остается все еще недостаточно разработанной.

Поэтому для обоснованного подбора наиболее эффективных галофитов применительно к конкретному типу засоления почвы необходимо сопряженное изучение засоленных почв и произрастающей на них галофитной растительности. Это имеет важное научное и практическое значение.

Цель исследований — оценить химический состав автоморфного солончака и произрастающей на нем галофитной растительности.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования служил солончак автоморфный среднесуглинистый, образцы которого были отобраны на участке естественного пастбища вблизи поселка Нижний Баскунчак Ахтубинского района Астраханской области. Почвенные образцы отбирались по генетическим горизонтам в трехкратной повторности.

На солончаковом пятне было заложено три разреза, из которых по генетическим горизонтам отбирались индивидуальные почвенные образцы массой 500 г каждый.

Одновременно были отобраны и образцы надземной части произрастающих на солончаке растений: сарсазан шишковатый (*Halocnemum strobilaceum* (Pallas) Bieb.), солянка чумная (поташник) (*Salsola pestifera* Nels.) и костер растопыренный (*Bromus squarrosus*).

Зольность растений и химический состав золы находили согласно имеющимся рекомендациям [14]. При этом содержание ионов хлора определяли аргентометрическим методом, фосфор — фотометрическим методом, а остальных химических элементов — на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Для характеристики общих свойств солончака в индивидуальных почвенных образцах определяли: общее содержание органических углерода и азота на автоматическом анализаторе vario MICRO cube после предварительного разрушения карбонатов 0,5 н. HCl, рН<sub>н2о</sub>, состав обменных катионов и емкость обмена по методу Пфедфера в модификации В.А. Молодцова и И.В. Игнатовой, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов по методу Ф.И. Козловского [15].

В смешанных для каждого генетического горизонта почвенных образцах, которые готовились путем объединения одинаковых по массе (100 г) индивидуальных образцов, определяли валовой состав рентгенофлуоресцентным методом на анализаторе состава вещества РеСПЕКТ и водную вытяжку по общепринятой методике [15].

### Результаты исследования

Исследуемый солончак характеризуется очень низким содержанием общего гумуса и азота (табл. 1).

Таблица 1 - Общие свойства автоморфного солончака

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.93.1>

| Горизонт, глубина, см | Общий гумус, % | N <sub>общ.</sub> , % | pH <sub>NH2O</sub> | CaCO <sub>3</sub> , % |
|-----------------------|----------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| A 0-10                | 1,35±0,11      | 0,019±0,008           | 8,12±0,08          | 0,65±0,05             |
| B 40-50               | 0,86±0,09      | 0,016±0,007           | 8,27±0,07          | 1,19±0,24             |
| C 60-70               | 0,55±0,05      | 0,014±0,005           | 8,35±0,12          | 3,95±0,46             |

В горизонте А содержание общего гумуса составило 1,35%, а общего азота — 0,019%. Вниз по профилю содержание общего гумуса снижается до 0,55–0,86%, а общего азота до 0,014–0,016%.

Согласно показателям гумусного состояния почв [16] солончак имеет маломощный гумусовый горизонт. Содержание гумуса в нем очень низкое, как и очень низкая обогащенность гумуса азотом.

Это обусловлено крайне неблагоприятными условиями для гумусообразования в солончаке: скудная растительность и повышенное содержание легкорастворимых солей, подавляющих процесс гумификации. Подавление процесса гумификации не способствует образованию и накоплению гумуса в солончаке. Этим анализируемый солончак похож на солончаки Волгоградской области, для которых характерен гумусовый горизонт мощностью не более 10-20 см с содержанием гумуса на уровне 1–2% [1].

Солончак имеет среднещелочную реакцию среды. pH<sub>NH2O</sub> варьирует в пределах 8,12–8,35, что обусловлено наличием свободных карбонатов, содержание которых изменяется от 0,65% в горизонте А до 3,95% в горизонте С, и особенностями солевого состава почвы.

Для солончака характерна низкая емкость обмена (табл. 2).

Таблица 2 - Состав обменных катионов и емкость обмена автоморфного солончака

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.93.2>

| Горизонт, глубина,<br>см | Обменные катионы      |                  |                 | Емкость обмена |
|--------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|----------------|
|                          | Ca <sup>2+</sup>      | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> |                |
|                          | мг-экв на 100 г почвы |                  |                 |                |
| A 0-10                   | 6,64±0,15             | 5,35±0,07        | 0,87±0,03       | 12,86±0,12     |
| B 40-50                  | 7,03±0,17             | 4,22±0,03        | 0,60±0,04       | 11,85±0,18     |
| C 60-70                  | 7,31±0,08             | 2,91±0,04        | 0,46±0,04       | 10,68±0,17     |

Это в значительной мере связано с очень низким содержанием гумуса в солончаке. В горизонте А емкость обмена равна 12,86 мг-экв/100 г почвы. Ниже по профилю ее значения закономерно снижаются: до 11,85 мг-экв/100 г почвы в горизонте В и до 10,68 мг-экв/100 г почвы в горизонте С.

В составе обменных катионов преобладает кальций, содержание которого варьирует в пределах 6,64–7,31 мг-экв/100 г почвы. Содержание обменного магния составило 2,91–5,35 мг-экв/100 г почвы. Меньше всего в солончаке обменного натрия — 0,46–0,87 мг-экв/100 г почвы, или всего 4,3–6,8% от емкости обмена. Такой состав обменных катионов солончака обусловлен наличием свободных карбонатов, являющихся постоянным источником ионов кальция и магния для почвенного поглощающего комплекса.

Валовой состав солончака характерен для почв данного типа (табл. 3).

Таблица 3 - Валовой состав автоморфного солончака

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.93.3>

| Горизонт, см | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>4</sub> |
|--------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|
| A 0-10       | 68,35            | 13,86                          | 5,07                          | 4,07 | 2,86 | 2,61              | 2,48             | 0,16                          | 0,54            |
| B 40-50      | 68,49            | 13,75                          | 4,78                          | 4,77 | 2,61 | 2,53              | 2,47             | 0,09                          | 0,51            |

| Горизонт, см | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>4</sub> |
|--------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|
| С 60-70      | 68,22            | 13,81                          | 4,69                          | 4,93 | 2,79 | 2,58              | 2,39             | 0,07                          | 0,52            |

Примечание: в % на прокаленную бескарбонатную почву

Наблюдается относительно равномерное распределение всех оксидов по профилю солончака при кальциево-ферро-алюмо-кремниевом составе минеральной части почвы. Одновременно отмечается тенденция к накоплению в горизонте А F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, что вероятно связано с их биологической аккумуляцией. Однако нельзя исключить, что различия в содержании F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> связаны и с неоднородностью почвы в пределах профиля.

Для солончака характерно высокое содержание водорастворимых солей с максимумом их в самом верхнем горизонте А (табл. 4).

Таблица 4 - Результаты анализа водной вытяжки из автоморфного солончака

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.93.4>

| Горизонт, см | Сухой остаток, % | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> |
|--------------|------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|              |                  | мг-экв/100 г почвы            |                 |                               |                  |                  |                 |
| А 0-10       | 1,955            | 0,79                          | 27,06           | 5,54                          | 7,24             | 4,76             | 21,39           |
| В 40-50      | 1,264            | 0,53                          | 18,51           | 1,96                          | 4,59             | 1,59             | 14,82           |
| С 60-70      | 1,052            | 0,42                          | 15,65           | 1,82                          | 4,16             | 1,45             | 12,28           |

Величина сухого остатка изменяется от 1,955% в горизонте А до 1,264% в горизонте В и до 1,052 в горизонте С. Такое распределение величины сухого остатка по профилю солончака обусловлено выпотным типом водного режима, характерного для аридных условий, который и определяет преимущественно восходящую миграцию водорастворимых соединений. Следует отметить, что солевой профиль солончака отличается от солевого профиля гидроморфных солончаков, для которых, как правило, характерно несколько солевых максимумов, обусловленных колебаниями уровня грунтовых вод [1].

В составе водорастворимых солей абсолютно преобладает соль NaCl, содержание которой варьирует от 64 до 71% от суммы всех солей, что является характерной особенностью почв Прикаспийской низменности [1].

При этом отношение хлора к сульфат-иону варьирует от 4,9 до 9,4, а отношение натрия к сумме кальция и магния от 1,8 до 2,4.

Таким образом, автоморфный солончак характеризуется сильной степенью засоления в пределах всего профиля с максимумом водорастворимых солей в верхнем горизонте. Тип засоления — хлоридно-натриевый.

Содержание микроэлементов в солончаке представлено в таблице 5.

Таблица 5 - Валовое содержание микроэлементов в автоморфном солончаке, мг/кг

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.93.5>

| Горизонт, см | Mn   | Zn   | Cu  | Pb  | Ni  |
|--------------|------|------|-----|-----|-----|
| А 0-10       | 77,9 | 62,4 | 1,8 | 6,2 | 6,3 |
| В 40-50      | 50,2 | 58,7 | 1,7 | 6,1 | 6,0 |
| С 60-70      | 42,6 | 57,9 | 1,6 | 5,9 | 5,8 |

В горизонте А больше всего содержится марганца, количество которого составило 77,9 мг/кг почвы. Вниз по профилю его содержание снижается: до 50,2 мг/кг почвы в горизонте В и до 42,6 мг/кг почвы в горизонте С.

Вторым по значимости микроэлементом является цинк, содержание которого в горизонте А равно 62,4 мг/кг почвы. В нижележащих горизонтах его количество уменьшается до 57,9–58,7 мг/кг почвы.

Практически одинаково в солончаке содержание свинца и никеля, количество которых изменяется от 6,2–6,3 мг/кг почвы в горизонте А до 5,8–5,9 мг/кг почвы в горизонте С.

Меньше всего в солончаке меди. Ее содержание варьирует от 1,8 мг/кг почвы в горизонте А до 1,6 мг/кг почвы в горизонте С.

Таким образом, в солончаке автоморфном среди микроэлементов заметно преобладают марганец и цинк. Их количество в десятки раз превосходит содержание меди, свинца и никеля.

Однако при этом, если содержание Zn, Cu, Pb и Ni довольно слабо изменяется в пределах почвенного профиля, то для Mn отчетливо выражено накопление в горизонте А, где его количество в 1,8 раза превышает содержание Mn в горизонте С.

Скорее всего, это связано с активным вовлечением Mn в биологический круговорот веществ в условиях солевого стресса и перемещением по проводящим системам живых растений в их надземную часть с последующим возвратом преимущественно в верхнюю часть почвенного профиля с ежегодным опадом [17].

Растения, выросшие на солончаке, имеют довольно высокую зольность (табл. 6).

Таблица 6 - Зольность и содержание макроэлементов в составе золы солончаковой растительности

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.93.6>

| Растение                  | Зольность, % | K, мг на г золы | Na, мг на г золы | Mg, мг на г золы | Ca, мг на г золы | Fe, мг на г золы | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг на г золы | SO <sub>4</sub> , мг на г золы | Cl, мг на г золы |
|---------------------------|--------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Солянка чумная (поташник) | 33,38        | 18,35           | 597,30           | 9,20             | 48,46            | 3,31             | 0,06                                         | 53,27                          | 106,2            |
| Сарсазан шишковатый       | 20,18        | 27,20           | 341,40           | 26,24            | 44,62            | 0,11             | 0,04                                         | 29,57                          | 66,42            |
| Костер растопыренный      | 17,62        | 5,77            | 153,80           | 2,57             | 14,73            | 3,78             | 0,06                                         | 20,06                          | 29,10            |

Самая высокая зольность (33,38%) присуща солянке чумной. В составе золы абсолютно преобладает натрий, содержание которого составило 597,30 мг на г золы. Вторым по значимости элементом является Cl, содержание которого оказалось равным 106,2 мг на г золы.

В золе солянки чумной содержится значительное количество SO<sub>4</sub> и Ca — 53,27 и 48,46 мг на г золы соответственно.

Содержание K составило 18,35 мг/г золы, а Mg — 9,20 мг/г золы. Еще меньше в составе золы солянки чумной, железа и фосфора — 3,31 и 0,06 мг/г золы соответственно.

Таким образом, в составе золы солянки чумной заметно преобладают хлориды натрия и, кроме того, содержится значительное количество сульфатов кальция.

Зольность сарсазана шишковатого меньше, чем зольность солянки чумной, и равна 20,18%. В составе золы, как и у солянки чумной, преобладают натрий и хлор, содержание которых составило 341,40 и 66,42 мг/г золы соответственно. Однако их количества в 1,7–1,6 раза меньше содержания этих ионов в золе солянки чумной.

Следующими по значимости элементами в золе сарсазана шишковатого являются Ca и SO<sub>4</sub>. Причем если содержание кальция довольно близко к его количеству в золе солянки чумной и составило 44,62 мг/г золы, то содержание иона SO<sub>4</sub> значительно меньше и равно 29,57 мг/г золы.

В то же время в золе сарсазана шишковатого, по сравнению с золой солянки чумной, содержится больше калия и особенно магния — 27,20 и 26,24 мг/г золы соответственно.

В золе сарсазана шишковатого содержится очень мало фосфора — 0,04 мг/г золы и особенно железа — 0,01 мг/г золы.

Таким образом, в составе золы сарсазана шишковатого, как и в золе солянки чумной, заметно преобладают хлориды натрия на фоне довольно значительного количества сульфата кальция.

При этом в составе золы сарсазана шишковатого, по сравнению с составом золы солянки чумной, содержится больше в 1,5 раза калия, в 2,9 раза — магния, но меньше 1,7 раза — хлора, в 1,8 раза — натрия и сульфат-ионов, в 30 раз — железа.

Самую низкую зольность — 17,62% — имеет костер растопыренный. Среди катионов, как и у других растений, абсолютно преобладает натрий, содержание которого составило 153,80 мг/г золы. Следующим по значимости катионом является кальций, содержащийся в количестве 14,73 мг/г золы. Содержание калия составило 5,77 мг/г золы, а магния и железа еще меньше — 2,57 и 3,78 мг/г золы соответственно.

Ионы Cl и SO<sub>4</sub> содержатся в близком одинаковом количестве — 29,10 и 20,06 мг/г золы соответственно. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> такое же, как и у солянки чумной, и равно 0,06 мг/г золы.

Таким образом, по сравнению с солянкой чумной и сарсазаном шишковатым, костер растопыренный имеет не только более низкую зольность и меньшее содержание в золе основных катионов: K, Ca, Mg и особенно Na. Он способен практически с одинаковой интенсивностью поглощать и накапливать в своих органах как ионы Cl, так и ионы SO<sub>4</sub>.

Содержание микроэлементов в золе галофитов в целом невысокое (табл. 7).

Таблица 7 - Содержание микроэлементов в составе золы солончаковой растительности (мг на г золы)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.93.7>

| Растение       | Mn   | Zn   | Cu   | Pb   | Ni   |
|----------------|------|------|------|------|------|
| Солянка чумная | 0,06 | 0,05 | 0,02 | 0,04 | 0,02 |

| Растение             | Mn   | Zn   | Cu   | Pb   | Ni   |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| Сарсазан шишковатый  | 0,61 | 0,12 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| Костер растопыренный | 0,52 | 0,17 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |

Больше всего в золе галофитов марганца. Самое высокое его содержание — 0,61 мг/г золы отмечается в сарсазане шишковатом. Костер растопыренный содержит несколько меньше марганца — 0,52 мг/г золы. Самое низкое содержание марганца — 0,06 мг/г золы присуще солянке чумной.

На втором месте находится цинк. Больше всего цинка — 0,17 мг/г золы — имеет костер растопыренный, а самое низкое его количество — 0,05 мг/г золы — присуще солянке чумной. В сарсазане шишковатом содержание марганца составило 0,12 мг/г золы.

Очень мало в золе галофитов меди, свинца и никеля. Их количество варьирует в пределах 0,02–0,04 мг/г золы.

### Заключение

Солончак автоморфный Прикаспийской низменности характеризуется высоким содержанием водорастворимых солей с их максимумом в верхнем горизонте, где величина сухого остатка составила 1,955%. Тип засоления — хлоридно-натриевый. Солончак имеет маломощный гумусовый горизонт с очень низким содержанием общего гумуса и очень низкой обогащенностью гумуса азотом. Для солончака характерны среднещелочная реакция среды, обусловленная присутствием свободных карбонатов и особенностями солевого состава почвы, и низкая емкость обмена.

Профиль солончака не дифференцирован по валовому составу и содержит незначительное количество микроэлементов, среди которых преобладают марганец и цинк.

Все исследованные растения, произрастающие на солончаке, имеют высокую зольность. У солянки чумной и сарсазана шишковатого зольность составила 33,38% и 20,18% соответственно. Самую низкую зольность — 17,62% имеет костер растопыренный. В составе золы растений преобладают натрий и хлор, содержание которых варьирует в пределах 153,80–597,30 и 29,10–106,2 мг/г золы соответственно. При этом больше всего натрия и хлора содержит солянка чумная, меньше всего — костер растопыренный.

Среди микроэлементов в составе золы растений, как и в почве, преобладают марганец и цинк.

Таким образом, наблюдается отчетливо выраженная взаимосвязь между ионно-солевым комплексом почвы и химическим составом произрастающих на ней растений. Преобладание в составе водорастворимых солей почвы ионов натрия и хлора способствует преимущественному накоплению их в биомассе растений. При этом самой высокой способностью поглощать и накапливать в своей биомассе хлориды натрия характеризуется солянка чумная, самой низкой — костер растопыренный, что обусловлено биологическими особенностями растений.

Все изученные растения могут служить в качестве фитомелиорантов при хлоридно-натриевом засолении почв. В случае сульфатно-хлоридного засоления перспективным представляется костер растопыренный.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Conflict of Interest

None declared.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Панкова Е.И. Засоленные почвы России / Е.И. Панкова, Л.А. Воробьева, И.М. Гаджиев [и др.]. — Москва : ИКЦ «Академкнига», 2006. — 854 с.
2. Панкова Е.И. Анализ сведений о площади засоленных почв России на конец XX и начало XXI веков / Е.И. Панкова, И.Н. Горохова // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. — 2020. — № 103. — С. 5–33. — DOI: 10.19047/0136-1694-2020-103-5-33.
3. Шве́ц Т.В. Проблемы опустынивания и засоления почв / Т.В. Шве́ц, А.С. Фролова // Парадигма. — 2025. — № 6–3. — С. 228–232.
4. Мамонов В.Г. Орошаемые черноземы и каштановые почвы: состав, свойства, процессы трансформации / В.Г. Мамонов. — Москва : РГАУ-МСХА, 2013. — 290 с.
5. Таскина К.Б. Влияние хлоридного засоления на проростки ячменя / К.Б. Таскина, Н.М. Казнина, А.Ф. Титов // Агрохимия. — 2023. — № 5. — С. 70–76. — DOI: 10.31857/S0002188123040129. — EDN DJLDRP.
6. Шихмурадов А.З. Влияние солевого стресса на культурные растения / А.З. Шихмурадов // Проблемы развития АПК региона. — 2019. — № 2 (38). — С. 179–185. — DOI: 10.15217/issn2079-0996.2019.2.179.
7. Neumann P. Salinity resistance and plant growth revisited / P. Neumann // Plant, Cell & Environment. — 1997. — Vol. 20. — № 9. — P. 1193–1198.
8. Панов Н.П. Почвенные процессы в орошаемых черноземах и каштановых почвах и пути предотвращения их деградации / Н.П. Панов, В.Г. Мамонтов. — Москва : Россельхозакадемия, 2001. — 253 с.



9. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение / В.И. Кирюшин. — Москва : КолосС, 2010. — 687 с.
10. Котов С.Ф. Галофитное растениеводство — основа рекультивации засоленных земель Крыма / С.Ф. Котов // Актуальные проблемы ботаники и охраны природы : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Ф. Морозова. — 2017. — С. 284–289.
11. Матжанова Х.К. Роль некоторых галофитов в средообразовании засоленных территорий Южного Приаралья / Х.К. Матжанова, М.М. Орел, Т.К. Матжанов // Наукосфера. — 2022. — № 3 (1). — С. 23–29. — DOI: 10.5281/zenodo.6327498.
12. Теребова Е.Н. Фиторемедиационная способность галофитов / Е.Н. Теребова, М.А. Павлова // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана : IV Всероссийская научная конференция : доклады. — Сыктывкар, 2023. — С. 668–673.
13. Тютюма Н.В. Разработка технологического приема выращивания растений-фитомелиорантов для рекультивации деградированных пастбищ Северного Прикаспия / Н.В. Тютюма, Г.К. Булахтина // Мелиорация и гидротехника. — 2026. — Т. 16. — № 1. — С. 149–161. — DOI: 10.31774/2712-9357-2026-16-1-149-161.
14. Практикум по агрохимии / под ред. В.В. Кидина. — Москва : КолосС, 2008. — 599 с.
15. Мамонтов В.Г. Практикум по мелиоративному почвоведению / В.Г. Мамонтов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 272 с.
16. Орлов Д.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, М.С. Розанова // Почвоведение. — 2004. — № 8. — С. 918–926.
17. Фокин А.Д. Растения в жизни почв и наземных экосистем / А.Д. Фокин, С.П. Торшин. — Рига : LAP LAMBERT, 2020. — 184 p.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Pankova E.I. Zasolennye pochvy Rossii [Saline soils of Russia] / E.I. Pankova, L.A. Vorobyova, I.M. Gadzhiev [et al.]. — Moscow : Publishing and Bookselling Center "Akademkniga", 2006. — 854 p. [in Russian]
2. Pankova E.I. Analiz svedenij o ploshchadi zasolennykh pochv Rossii na konec XX i nachalo XXI vekov [Analysis of information about the alkaline soil areas in Russia at the end of the XX and beginning of the XXI centuries] / E.I. Pankova, I.N. Gorokhova // Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva [Dokuchaev Soil Bulletin]. — 2020. — № 103. — P. 5–33. — DOI: 10.19047/0136-1694-2020-103-5-33. [in Russian]
3. Shvets T.V. Problemy opustynivaniya i zasoleniya pochv [Problems of desertification and soil salinization] / T.V. Shvets, A.S. Frolova // Paradigma [Paradigm]. — 2025. — № 6–3. — P. 228–232. [in Russian]
4. Mamonov V.G. Oroshaemye chernozemy i kashtanovyie pochvy: sostav, svoystva, processy transformacii [Irrigated chernozems and chestnut soils: composition, properties, transformation processes] / V.G. Mamonov. — Moscow : Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2013. — 290 p. [in Russian]
5. Taskina K.B. Vliyanie khloridnogo zasoleniya na proroiki yachmenya [Effect of chloride salinization on barley seedlings] / K.B. Taskina, N.M. Kaznina, A.F. Titov // Agrokhimiya [Agrochemistry]. — 2023. — № 5. — P. 70–76. — DOI: 10.31857/S0002188123040129. — EDN DJLDRP. [in Russian]
6. Shikhmura dov A.Z. Vliyanie solevogo stressa na kul'turnye rasteniya [The effect of salt stress on cultivated plants] / A.Z. Shikhmura dov // Problemy razvitiya APK regiona [Problems of Development of the Agro-Industrial Complex of the Region]. — 2019. — № 2 (38). — P. 179–185. — DOI: 10.15217/issn2079-0996.2019.2.179. [in Russian]
7. Neumann P. Salinity resistance and plant growth revisited / P. Neumann // Plant, Cell & Environment. — 1997. — Vol. 20. — № 9. — P. 1193–1198.
8. Panov N.P. Pochvennye processy v oroshaemykh chernozemakh i kashtanovykh pochvakh i puti predotvrashcheniya ikh degradacii [Soil processes in irrigated chernozems and chestnut soils and ways to prevent their degradation] / N.P. Panov, V.G. Mamonov. — Moscow : Russian Academy of Agricultural Sciences, 2001. — 253 p. [in Russian]
9. Kiryushin V.I. Agronomicheskoe pochvovedenie [Agronomic soil science] / V.I. Kiryushin. — Moscow : KolosS, 2010. — 687 p. [in Russian]
10. Kotov S.F. Galofitnoe rastenievodstvo — osnova rekul'tivacii zasolennykh zemel' Kryma [Halophytic crop cultivation — foundation for restoration of the saline lands in Crimea] / S.F. Kotov // Aktual'nye problemy botaniki i okhrany prirody [Current Problems of Botany and Nature Conservation] : collection of scientific articles of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G.F. Morozov. — 2017. — P. 284–289. [in Russian]
11. Matzhanova Kh.K. Rol' nekotorykh galofitov v sredoobrazovanii zasolennykh territorij Yuzhnogo Priaral'ya [The role of some halophytes in the environment formation of saline territories of the Southern Aral Sea region] / Kh.K. Matzhanova, M.M. Orel, T.K. Matzhanov // Naukosfera [Science Sphere]. — 2022. — № 3 (1). — P. 23–29. — DOI: 10.5281/zenodo.6327498. [in Russian]
12. Terebova E.N. Fitoremediacionnaya sposobnost' galofitov [Phytoremediation capacity of halophytes] / E.N. Terebova, M.A. Pavlova // Bioraznoobrazie ehkosistem Krajnego Severa: inventarizaciya, monitoring, okhrana [Biodiversity of Ecosystems of the Far North: Inventory, Monitoring, Protection] : IV All-Russian Scientific Conference : reports. — Syktyvkar, 2023. — P. 668–673. [in Russian]
13. Tyutyuma N.V. Razrabotka tekhnologicheskogo priema vyrashchivaniya rastenij-fitomeliiorantov dlya rekul'tivacii degradirovannykh pastbishch Severnogo Prikaspiya [Development of a technological method for growing phytomeliiorant plants for the degraded pasture reclamation in the Northern Caspian region] / N.V. Tyutyuma, G.K. Bulakhina // Melioraciya i gidrotekhnika [Land Reclamation and Hydraulic Engineering]. — 2026. — Vol. 16. — № 1. — P. 149–161. — DOI: 10.31774/2712-9357-2026-16-1-149-161. [in Russian]



14. Praktikum po agrokhimii [Practical Course in Agrochemistry] / edited by V.V. Kidin. — Moscow : KolosS, 2008. — 599 p. [in Russian]
15. Mamonov V.G. Praktikum po meliorativnomu pochvovedeniyu [Practical Course in Reclamation Soil Science] / V.G. Mamonov. — Saint Petersburg : Lan', 2020. — 272 p. [in Russian]
16. Orlov D.S. Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostoyaniya pochv i ikh geneticheskikh gorizontov [Revised system of the humus status parameters of soils and their genetic horizons] / D.S. Orlov, O.N. Biryukova, M.S. Rozanova // Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]. — 2004. — № 8. — P. 918–926. [in Russian]
17. Fokin A.D. Rasteniya v zhizni pochv i nazemnykh ehkosistem [Plants in the life of soils and terrestrial ecosystems] / A.D. Fokin, S.P. Torshin. — Riga : LAP LAMBERT, 2020. — 184 p. [in Russian]