

УДК 631.4

## **ЗАСОЛЕННОСТЬ ПОЧВ СВЕТЛОЯРСКОГО ОРОШАЕМОГО МАССИВА В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В 2010-х ГОДАХ**

**©2018 г. И. Н. Горохова\*, Н. Б. Хитров,  
Е. И. Панкова, К. О. Прокопьева**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева,  
Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2*

*\*<https://orcid.org/0000-0002-0428-3330>, e-mail: [g-irina@rambler.ru](mailto:g-irina@rambler.ru)*

Представлены результаты оценки засоленности орошаемых почв Светлоярского орошаемого массива, расположенного на Северной Сарпинской низменности (Волгоградская область). Под влиянием мелиоративных мероприятий за 45–50-летний период орошения почвенный покров сильно преобразован. На территории, в пределах которой до строительства Светлоярской ОС отмечалось 25–50% солонцов и солонцеватых почв, в 2010-х годах солонцы практически отсутствовали, поскольку основная часть солонцовых горизонтов была срезана и перемешана с материалом других горизонтов при планировке. Почвенный покров орошаемого массива, представленный преобразованными солонцовыми комплексами солончаковых и солончаковатых почв, в настоящее время вступил в фазу рассоления. Засоленные горизонты сместились глубже из слоя 0–100 см в 1990-х годах в слой 100–200 см в 2010-х. Почвы стали глубокосолончаковатыми, имея слабую или среднюю степень засоления, преимущественно хлоридно-сульфатного и сульфатного химизма солей. В сложившихся условиях использование мультиспектральной спутниковой информации не позволило картографировать засоленность почв исследованного массива. Поэтому на основе данных, полученных в результате полевых исследований в 2015–2016 гг., методом интерполяции (обратных взвешенных расстояний) была построена карта засоления орошаемых почв. Высокое содержание токсичных солей отмечено в почвах западной и локально в северной частях Светлоярского орошаемого массива в слое 100–200 см, которые являются наиболее потенциально опасными для возникновения очагов вторичного засоления в случае подъема уровня грунтовых вод выше 3 м.

*Ключевые слова:* орошаемые почвы, картографирование засоленных почв

**DOI:** 10.19047/0136-1694-2018-93-75-93

## ВВЕДЕНИЕ

Длительный опыт орошения в районах Прикаспийской низменности показал, что часто отрицательные последствия орошения были связаны с низким КПД оросительных систем, большими потерями воды в ирригационной сети и на полях, с нерегламентированными нормами полива и особенностями почвенного покрова и подстилающих пород. Это приводило к интенсивному подъему уровня грунтовых вод (УГВ) и развитию вторичного засоления почв. Вопрос о вторичном засолении и осолонцевании при орошении почв был проанализирован в работах отечественных классиков-почвоведов В.А. Ковды, А.Н. Розанова, В.В. Егорова, Н.Г. Мишаиной, Б.А. Зимовца и др. Исследованием и картографированием засоленных почв орошаемых земель, в том числе с использованием дистанционной информации занимались Е.И. Панкова (2004), Ю.И. Савин (2014), а на территории Светлоярской оросительной системы, начиная с 1990-х гг. И.Н. Горохова (1992, 1997), А.Ф. Новикова (2009) и др.

В зарубежной литературе излагается опыт орошения и его последствия в различных районах Земного шара, чаще всего, с привлечением дистанционной информации. Изучение засоленности почв проводится на Ближнем Востоке ([Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2014](#)), в Индии, Северной Африке ([Abbas et al., 2013](#)), Латинской Америке ([Idefonso Pla Sentis, 2014](#)). Подчеркивается, что спутниковая информация позволяет выделять засоленные почвы и проводить их оценку. Наиболее широко используются материалы со спутников Landsat TM-5 и 7. Помимо засоления почв хорошо определяются участки подтопления земель из оросительных каналов и участки с плохо функционирующим дренажом. Для разделения различных сельскохозяйственных культур, распознавания солончаков, засоленных и незасоленных почв используются расчетные, эмпирически выведенные индексы ([Abbas et al., 2013](#); [Platonov, Ibrakhimov, 2014](#)); широко применяются геостатистические методы обработки наземных ([Idefonso Pla Sentis, 2014](#)) и спутниковых ([Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2014](#)) данных. Отмечается, что спутниковые материалы Landsat оптимальны, прежде всего, для мелкого и среднемасштабного картографирования и эффективны в сочетании с ГИС-системами. Предварительное дешифрирование снимков

проверяется полевыми наблюдениями, затем составляется окончательный вариант карты. Точность выделения засоленных почв по дистанционным материалам может достигать по разным данным от 78 ([Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2014](#)) до 90% и более ([Abbas et al., 2013](#)). При дешифрировании снимков засоленные почвы распознаются по белым пятнам, представляющим собой солевую корку на поверхности почвы. Однако такая информация не отражает засоление почв во всем корнеобитаемом слое, что ограничивает возможности дешифрирования. Поэтому при анализе мультиспектральных образов часто засоление почв увязывается с состоянием возделываемой сельскохозяйственной культурой, при этом солеустойчивые культуры могут не реагировать на засоление и иметь хороший вид на снимке. Несмотря на ограничения, использование спутниковых данных и современных компьютерных программ для оценки и картографирования засоленных почв позволяет отслеживать происходящие изменения и строить прогнозные модели развития ситуации.

Цель работы – оценка засоленности и солонцеватости длительно орошаемых почв на примере орошаемого массива, расположенного на территории Светлоярской оросительной системы (ОС) в Волгоградской области, с привлечением дистанционной информации.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования стали орошаемые почвы северной части Светлоярского орошаемого массива Светлоярской ОС. Выбор участка исследования определялся следующими причинами и особенностями территории:

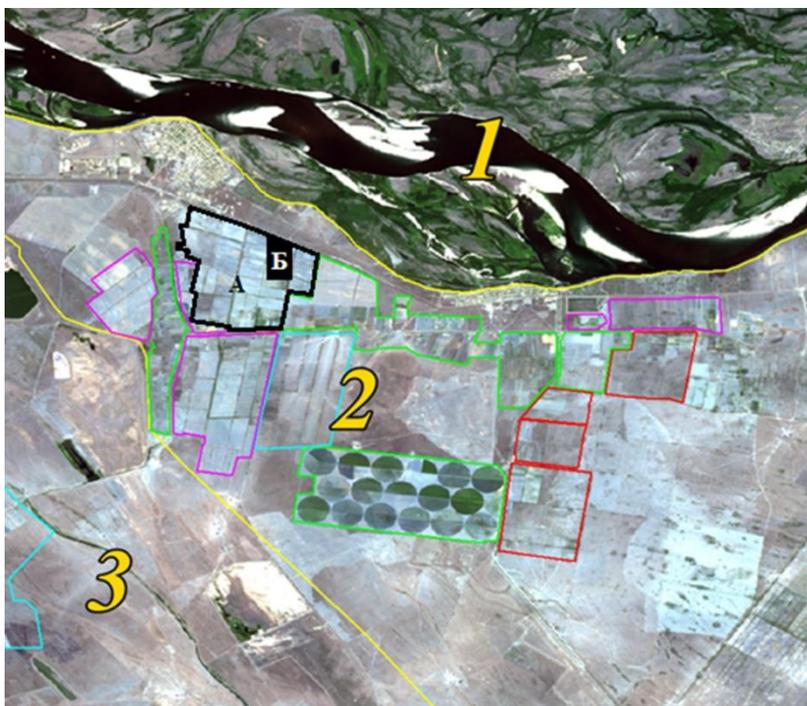
1) Светлоярская ОС была объектом изучения с использованием крупномасштабной аэрофотосъемки в 1988–1992 гг. И.Н. Гороховой ([1992](#), [1997](#)) и сотрудниками Почвенного института им. В.В. Докучаева в 2000–2009 гг. ([Панкова, Новикова, 2004](#); [Новикова и др., 2009](#)), поэтому актуально продолжить и расширить исследования, опираясь на современные данные, привлекая новые технологии обработки полевых и дистанционных материалов;

2) участок расположен в правобережной северной части Прикаспийской низменности, где сосредоточены ареалы природно засоленных солонцовых почв и на протяжении 45–50 лет проводится орошение;

3) Светлоярский орошаемый массив находится, согласно природному районированию А.Г. Доскач (1978), в районе Северной Сарпинской низменной равнины (рис. 1), но от большей части района отличается лучшей дренированностью и более легким составом почвообразующих пород;

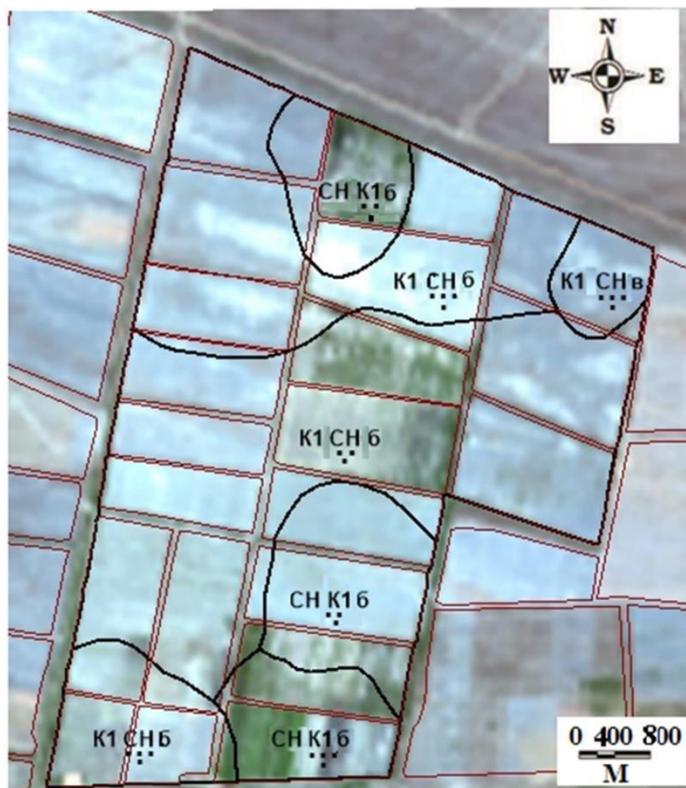
4) Светлоярский орошаемый массив за весь период орошения никогда не подвергался вторичному засолению и УГВ здесь не поднимался выше 3 м.

Почвенный покров исследуемого массива характеризуется высокой комплексностью, связанной с микрорельефом, и до орошения был представлен светло-каштановыми почвами, луговыми темноцветными почвами западин и солонцами, которые занимали



**Рис. 1.** Природное районирование по А.Г. Доскач (1978): 1 – Волго-Ахтубинская пойма; 2 – Северная Сарпинская низменная равнина; 3 – Сарпинская ложбина. Условные обозначения: контуры – границы массивов орошения; А – северная часть Светлоярского орошаемого массива; Б – ключевой участок полевых исследований.

повышенные участки. Такие особенности, как комплексность и трехчленность почвенного покрова сформировались после отступления Каспия и под воздействием суффозионно-просадочных, эоловых, фитогенных процессов, деятельности роющих животных (Чурсин, 1992). Почвы сформировались на хвалынских, часто засоленных глинах и суглинках, местами подстилаемых шоколадными глинами.



**Рис. 2.** Почвенный покров до орошения ключевого участка (карта, составленная Ленгипроводхоз, 1965 г.) Светлоярского орошаемого массива на фоне современного космического снимка Landsat-8, май 2015 г. К1 – светло-каштановые, СН – солонцы степные. Содержание компонентов в почвенном комплексе, %:  – 25–35,  – 35–50. Гранулометрический состав: б – тяжелосуглинистый, в – среднесуглинистый.

Светло-каштановые солонцеватые почвы относятся к глубоководнозасоленным, но среди них встречаются солончаковые и солончаковатые разности. Светло-каштановые несолонцеватые почвы составляют меньшую долю. Они формируются на породах более легкого гранулометрического состава или на тяжелых суглинках, подстилаемых песком, супесями ([Дегтярева, Жулидова, 1970](#)). Согласно карте Ленгипроводхоза, почвенный покров ключевого участка исследования до начала орошения был представлен светлокаштановыми почвами в комплексе с солонцами, содержание которых достигало 25–50% (рис. 2).

Современные полевые исследования проведены в июне–июле 2015–2016 гг. В ходе полевых работ на маршрутах и трансектах (через каждые 15 м) закладывали разрезы, прикопки, полуямы и бурили скважины на глубину до 2 м, делали морфологическое описание почвенного профиля и отбор образцов по горизонтам, оценивали состояние сельскохозяйственных культур.

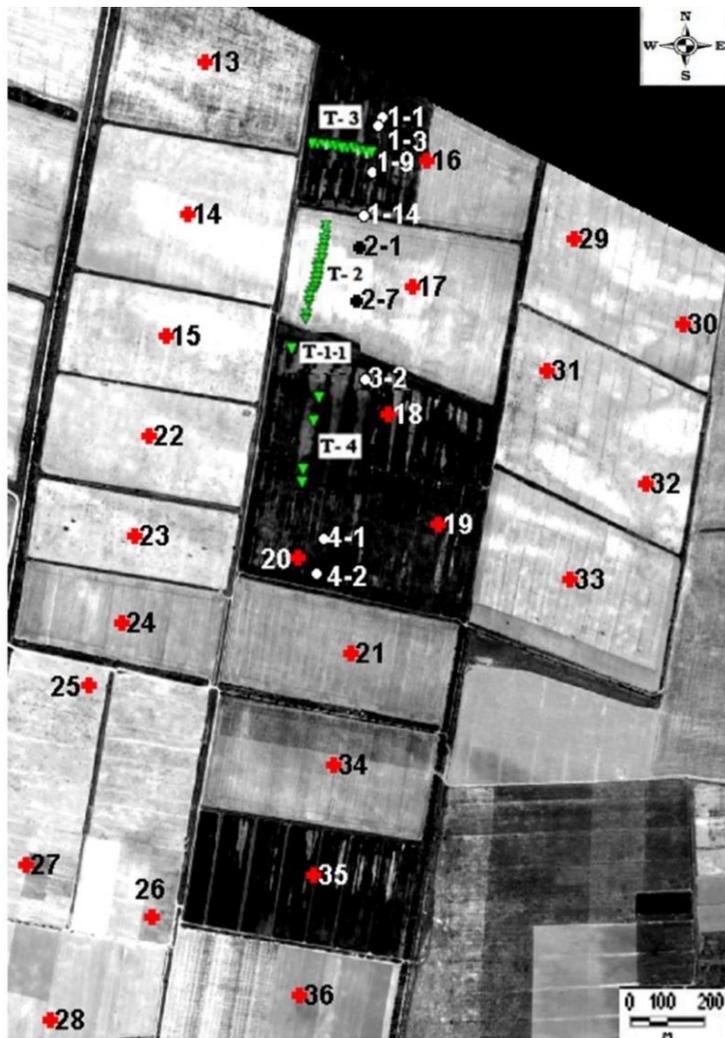
Точки полевого обследования намечали по привязанному снимку Pleiades (детальность 0.5 м, 20.05.2015). На местности привязку осуществляли с помощью GPS-приемника. Выбор точек определяли предварительным анализом пятнистого изображения состояния сельскохозяйственных культур и поверхности почвы на снимке. Точки закладывали на светлых пятнах открытой поверхности (стерня пшеницы), пятнах с разреженной люцерной и на культуре в благополучном состоянии.

Всего на маршрутах и трансектах по ключевому участку (125 га) было заложено и описано 40 разрезов и прикопок на глубину до 1–2 м (рис. 3).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В начале 1990-х годов, через 20–25 лет орошения, на Светлоярском орошаемом массиве УГВ составлял 3–5 м, засоление почв преимущественно средней и слабой степени встречалось в первом метре на месте распространения солонцов и солонцеватых почв.

В последние 10–15 лет в связи с уменьшением потребления воды на орошение грунтовые воды постепенно опустились глубже, и сегодня на территории массива УГВ находится ниже 5 м. Орошение в настоящее время проводится поверхностным способом по широким полосам 3–4 раза за вегетационный период для люцерны. На озимые зерновые культуры подается только один влагозарядковый полив весной.



**Рис. 3.** Маршруты и трансекты полевых исследований с точками отбора образцов в 2015–2016 гг. на фоне снимка высокого разрешения (Pleiades, панхроматический канал, 20.05.2015) на территории Светлоярского орошаемого массива. Условные обозначения: ■ 1-14, 2-7 и др. – точки опробования; T-1-1, T-2, T-3, T-4 – трансекты; ★ -данные ВГМП (2013 г.). Темные поля – люцерна, светлые – озимые зерновые.

В ходе полевых работ на исследуемой территории Светлоярского орошаемого участка, в пределах которого до строительства Светлоярской ОС отмечалось 25–50% солонцов и солонцеватых почв, в настоящее время собственно солонцы не обнаружены.

Основная часть солонцовых горизонтов была срезана и перемешана с материалом карбонатных горизонтов при планировке полей, поскольку солонцы занимали преимущественно выпуклые элементы микрорельефа. Ареалы бывших солонцов сейчас проявляются только по наличию сохранившихся нижних горизонтов, содержащих сетку прожилок мелкокристаллического гипса (малый индекс  $cs$  в формуле профиля), начиная с глубины 65–90 см. Сверху в таких почвах сформирован насыпанный карбонатный пахотный горизонт. Профиль почвы:  $Pg,ca-BCA-BCAcs-BCsa,cs$ . По классификации почв СССР (1977) эти почвы могут быть отнесены к светло-каштановым карбонатным орошаемым; по классификации почв России (2004) – это агрозем аккумулятивно-карбонатный гипссодержащий глубокосолончаковатый среднесуглинистый на среднехвалынских суглинках; по WRB-2015 – *Eutric Calcaric Gypsic Cambisol (Siltic, Aric, Novic)*.

Отсутствие явных морфологических признаков солонцов и солонцеватых почв сопровождается низкой долей обменного натрия, среднее значение которой, по нашим данным, составило 1.2% от суммы обменных катионов, варьирование – от 0.8 до 2.3%. Вместе с тем во многих горизонтах на глубине от 20–30 до 100–180 см рН водной вытяжки 1 : 5 превышает 8.3, фиксируется токсическая щелочность в пределах от 0.07 до 0.42 смоль(экв)/кг. Токсическая щелочность менее 0.2 смоль(экв)/кг чаще всего связана только с магнием, большие значения связаны и с магнием, и с натрием. Обратим внимание, что чаще всего токсическая щелочность в водной вытяжке наблюдается в горизонтах, которые по формальным критериям относят к незасоленным. Но ее наличие свидетельствует о развитии ощелачивания почв при выщелачивании легкорастворимых солей и уменьшении доли обменного натрия в солонцовых почвах при орошении. Подобные явления хорошо описаны ранее в почвах солонцовых комплексов на Кисловской оросительной системе в Волгоградском Заволжье (Зимовец, 1990).

Рассмотрим солевое состояние почв. По материалам 1990-х годов на Светлоярском орошаемом массиве доля сохранившихся после

планировки полей мелких, корковых и средних солонцов, которые обычно являлись солончаковыми, имея засоленные горизонты, начинающиеся на глубине менее 30 см, не превышала 5% от площади. Химизм засоления был хлоридным и хлоридно-сульфатным натриевым. Степень засоления варьировала преимущественно от слабой до средней; изредка встречалась сильная степень засоления ([Горохова, 1992](#)). Засоление почв солонцовых комплексов хорошо диагностировалось по панхроматическим аэрофотоснимкам и состоянию люцерны, которая на стадии прорастания плохо переносит засоление и солонцеватость почв, что проявляется в образовании разреживания или выпадов данной культуры. На снимке эти явления отображались в виде мелкого белесого крапа и полосчатости изображения, создаваемых участками выпадов. Подобная информация использована на стадии планирования точек полевого исследования в 2015 г., предполагая полевую проверку солевого состояния почв на участках с разными характеристиками спектральной отражательной яркости космического снимка сверхвысокого разрешения. Результаты анализа водных вытяжек обследованных почв показали, что имеющаяся на снимках 2015 г. пятнистость на Светлоярском массиве не имеет связи с засолением почв. Большинство почв, вне зависимости от состояния культуры (люцерна, озимая пшеница) в 2015 г. оказались незасоленными до глубины 100 см (табл. 1).

Из полученных данных следует, что за прошедший с 1990-х годов прошлого века период орошения почв Светлоярского массива произошло дополнительное рассоление почв солонцовых комплексов с преимущественным перемещением легкорастворимых солей глубже 100 см. Поддержанию такого состояния почв способствует пониженный УГВ, расположенный на глубине более 5 м на большей части массива, сокращение объемов полива за счет уменьшения площади орошения, а также наличие супесчаных и песчаных прослоек на глубине 100–150 см в почвах, препятствующих капиллярному подъему воды и солей.

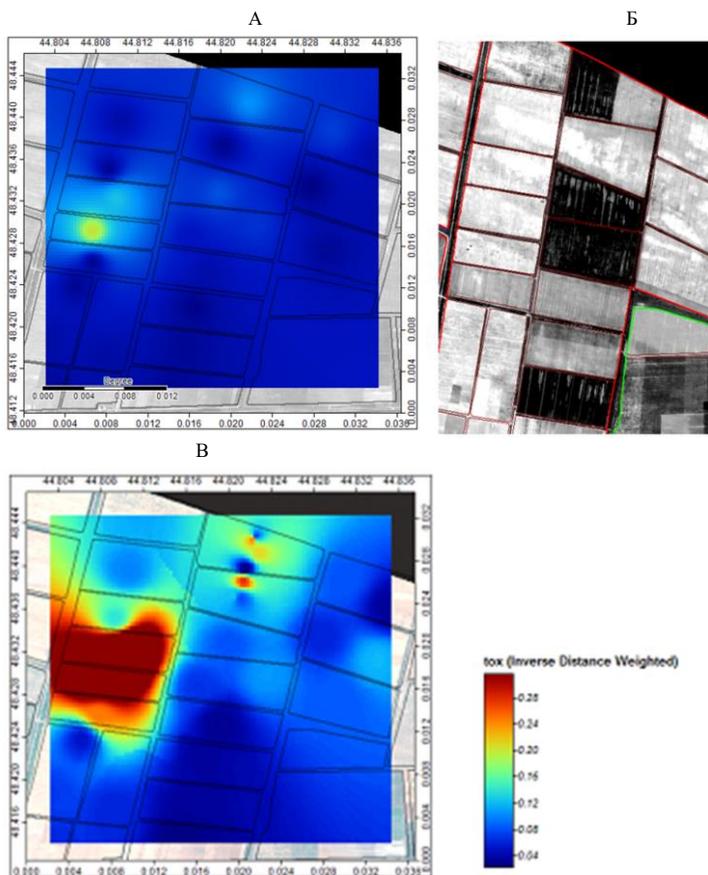
Смещение солей во второй метр профиля почв и глубже не оказывает заметного отрицательного влияния на сельскохозяйственные культуры, наблюдаемого на космических снимках. Выяснилось, что пятнистость на снимках связана с содержанием карбонатов в пахотном горизонте орошаемых почв. Однако почвы, засоленные во втором метре, остаются потенциально опасными, и ин-

**Таблица 1.** Выборочные данные анализа водной вытяжки почв, расположенных на пятнах полей Светлоярского орошаемого массива (2015 г.)

Глубина, см	рН	Общая сумма солей, %	Сумма токсичных солей, %	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	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>	K <sup>+</sup>	Степень, химизм засоления
				смоль(экв)/кг								
Разр. 2.7												
0–30	8.2	0.07	0.03	Нет	0.50	0.10	0.37	0.56	0.19	0.16	0.05	Нет
30–50	8.4	0.07	0.00	Нет	0.55	0.08	0.30	0.38	0.25	0.28	0.02	Нет
50–70	8.5	0.08	0.02	0.03	0.58	0.10	0.36	0.25	0.38	0.43	0.02	Нет
70–100	8.7	0.08	0.04	0.05	0.52	0.08	0.46	0.25	0.25	0.59	0.02	Нет
100–150	8.2	0.45	0.28	Нет	0.40	0.15	6.01	2.38	1.25	2.90	0.04	Слабое, СФ
Разр. 3.2												
0–25	8.2	0.07	0.02	Нет	0.50	0.10	0.37	0.62	0.12	0.18	0.04	Нет
25–30	8.3	0.07	0.04	Нет	0.55	0.10	0.26	0.36	0.25	0.26	0.02	Нет
50–70	8.3	0.08	0.05	Нет	0.60	0.10	0.37	0.38	0.12	0.54	0.02	Нет
70–100	8.1	0.16	0.09	Нет	0.40	0.30	1.60	0.88	0.50	0.90	0.03	Нет
100–150	8.1	0.18	0.07	Нет	0.35	0.90	1.43	1.50	0.25	0.90	0.04	Слабое, Х
150–190	8.2	0.13	0.07	Нет	0.40	0.35	1.16	0.75	0.50	0.63	0.04	Нет

Примечание. СФ – сульфатное; Х – хлоридное. Почвы: разр. 2.7 – агрозем аккумулятивно-карбонатный сегрегационный глубокогипсо содержащий глубоководнокачаватый легкосуглинистый на среднехвалынских суглинках (2004); светло-каштановая орошаемая карбонатная глубоководнокачаватая маломощная пахотная легкосуглинистая на среднехвалынских суглинках (1977); разр. 3.2 – агрозем аккумулятивно-карбонатный сегрегационный глубокогипсо содержащий глубоководнокачаватый среднесуглинистый на среднехвалынских суглинках (2004); светло-каштановая орошаемая карбонатная глубоководнокачаватая маломощная пахотная среднесуглинистая на среднехвалынских суглинках (1977).

формация о количестве и распределении солей в них является важной. В связи с этим, на ключевой участок площадью 125 га Светлоярского орошаемого массива, в программе SAGA методом обратных взвешенных расстояний были построены интерполяционные



**Рис. 4.** Пространственное распределение содержания средневзвешенной суммы токсичных солей (%) в слое 0–100 см (А) и 100–200 см (Б), полученные интерполяцией методом обратных расстояний; фрагмент снимка ключевого участка (Pleiades, панхроматический канал, 20.05.2015) (В).

карты распределения средневзвешенной суммы токсичных солей (%), содержащихся в слоях 0–100 и 100–200 см (рис. 4). Для этого использованы данные по скважинам, предоставленные ВГМП, и собственных полевых исследований 2015 г., которые были нанесены по координатам на снимок высокого разрешения. Всего использовано 33 точки пробоотбора.

Метод обратных взвешенных расстояний (IDW – Inverse Distance Weighting) предполагает, что объекты, которые находятся поблизости, более схожи, чем объекты, удаленные друг от друга. При этом каждая точка пробоотбора оказывает локальное влияние, которое уменьшается с увеличением расстояния. При расчете значения в точке, где не было пробоотбора, выполняется интерполяция между точками, значения показателя в которых известны, при этом вес точек стремительно уменьшается как функция от расстояний.

На исследуемом ключевом участке в слое 0–100 см 93.5% почв являются незасоленными ( $S_{\text{токс}} < 0.1\%$ ) (табл. 2). Среди них в почвах на площади около 7% встречаются профили с токсичной щелочностью, образующейся в бывших солонцовых или солонцеватых, или подсолонцовых засоленных горизонтах, подвергшихся рассолению. Почвы слабого засоления преимущественно хлоридно-сульфатного химизма составляют 6.4% ( $S_{\text{токс}} 0.1–0.25$ ), среднего – 0.2% ( $S_{\text{токс}} 0.25–0.5$ ). В слое 100–200 см незасоленными почвами являются 46.9%, слабозасоленными – 46.5%, средnezасоленными – 7% и сильнозасоленными – 0.4%.

Полученные карты позволяют оценить сопряженность суммы токсичных солей в слоях 0–100 и 100–200 см. В почвах с содержанием  $S_{\text{токс}} < 0.1\%$  в слое 100–200 см максимальное содержание токсичных солей в слое 0–100 см не превышает 0.07% (табл. 3). При наличии слабой или средней степени засоленности в слое 100–200 см содержание суммы токсичных солей в слое 0–100 см варьирует от 0.03 до 0.30%, включая незасоленные и засоленные горизонты. В результате ареалы полностью незасоленных почв до глубины 200 см, имеющих содержание  $S_{\text{токс}} < 0.1\%$  составляют 46.9%. В пределах ареалов со слабым засолением в слое 100–200 см 85% площади занимают почвы с отсутствием засоления в слое 0–100 см, это означает, что почвы представлены глубокосолончаковатыми или глубокозасоленными вариантами. Еще 14.6% глубокосолончаковатых почв имеют в отдельных горизонтах первого метра токсичную щелочность, формально являясь незасоленными. Слабое засоление по всему профилю до 200 см занимает всего 0.3%. Небольшие ареалы со средней степенью засоленности в слое 100–200 см до 70% имеют слабое засоление в слое 0–100 см, являясь солончаковатыми разностями. Остальные 30% представлены глубокосолончаковатыми средnezасоленными почвами.

**Таблица 2.** Распределение пикселей по площадям в интервале 0–100 и 100–200 см

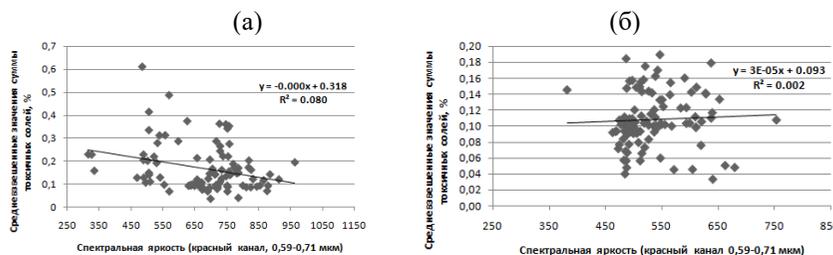
$S_{\text{токс}}$ , %	Доля площади в слое, %	
	0–100 см	100–200 см
<0.05	51.5	3.1
0.05–0.1	42	43.8
0.1–0.15	4	28.3
0.15–0.25	2.4	17.3
0.25–0.5	0.2	7
>0.5	0	0.4

**Таблица 3.** Статистические показатели содержания суммы токсичных солей ( $S_{\text{токс}}$ ) в слое 0–100 см в пределах ареалов разной степени засоленности в слое 100–200 см

Содержание $S_{\text{токс}}$ в слое 100–200 см, %	Содержание $S_{\text{токс}}$ в слое 0–100 см, %					
	$n$	минимум	нижний квартиль	медиана	верхний квартиль	максимум
<0.05	333	0.023	0.029	0.033	0.034	0.043
0.05–0.1	4694	0.022	0.039	0.041	0.044	0.069
0.1–0.15	3031	0.026	0.050	0.055	0.058	0.079
0.15–0.25	1857	0.026	0.059	0.066	0.074	0.109
0.25–0.5	748	0.034	0.107	0.126	0.159	0.279
>0.5	44	0.169	0.179	0.184	0.193	0.204

Примечание.  $n$  – число пикселей сопряженных растровых карт засоленности.

Из сопряженного анализа карт засоленности почв и космического снимка следует, что пятнистость, отраженная на космическом снимке высокого разрешения, не связана с ареалами засоления почв на интерполяционных картах. Наибольшее содержание токсичных солей в слое 100–200 см почвенного профиля сосредоточено в западной и локально в северной частях участка. В слое 0–100 см слабая степень засоленности почв отмечается в пределах тех же ареалов на двух полях, но на меньшей площади. Отмеченные поля являются наиболее потенциально опасными для возникновения очагов вторичного засоления в случае подъема уровня грунтовых вод (выше 3 м). На остальной территории засоление составляет от 0.05 до 0.10%.



**Рис. 5.** Корреляционные связи между спектральной яркостью равномерно распределенных точек на снимке сверхвысокого разрешения и среднезвешенными значениями суммы токсичных солей во втором метре почвы на интерполяционной карте засоления: озимая культура (а); люцерна (б).

На рис. 5 представлен график корреляционной связи между спектральной яркостью (красный канал, 0.59–0.71 мкм) равномерно распределенных точек на снимке сверхвысокого разрешения и среднезвешенными значениями суммы токсичных солей (%) во втором метре почвы отдельно для полей с озимыми культурами и для полей с люцерной. Он построен на основе определения спектральной яркости в равномерно-распределенных точках по полям с разными культурами ( $N = 100$ ) на снимке сверхвысокого разрешения (красный канал, 0.59–0.71 мкм) и среднезвешенного значения суммы токсичных солей (%) во втором метре почвы в этих же точках по интерполяционной карте засоления.

Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) между указанными величинами равен 0.080 для зерновых культур и 0.002 для люцерны соответственно, из чего следует, что в современных условиях статистическая связь между степенью засоленности почв и спектральной яркостью на космическом снимке отсутствует.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение современного состояния орошаемых почв Светлоярского орошаемого массива, расположенного в северной части Прикаспийской низменности (Волгоградская область), показало, что пятнистость, отраженная на космическом снимке высокого разрешения, не связана с засоленностью и солонцеватостью почв. Из этого следует, что в современных условиях мультиспектральные

образы спутниковой информации не позволяют картографировать засоленность почв исследованного массива.

На ключевом участке полевого исследования, в пределах которого до строительства Светлоярской ОС отмечалось 25–50% солонцов и значительное количество солонцеватых почв, в настоящее время морфологические признаки солонцов и солонцеватости не выявляются. Основная часть солонцовых горизонтов была срезана и перемешана с материалом других горизонтов при планировке.

Почвенный покров Светлоярского орошаемого массива, представленный в 1990-х годах солончаковыми и солончаковатыми почвами мелиорированных солонцовых комплексов, в настоящее время находится в фазе рассоления. За последний 20–25-летний период засоленность почв сместилась из слоя 0–100 см в более глубокие горизонты в пределах 100–200 см и имеет слабую или среднюю степень засоления с преобладанием хлоридно-сульфатного и сульфатного химизма солей.

Оценка площадного распространения засоленных почв возможна на основе интерполяции экспериментальных данных с координатной привязкой методом обратных взвешенных расстояний. Составлены интерполяционные карты засоления орошаемых почв в слоях 0–100 и 100–200 см исследованного массива. Установлено, что наиболее высокое содержание токсичных солей почвы сосредоточено в западной и локально в северной частях Светлоярского орошаемого массива на глубине 100–200 см. Эти участки являются потенциально опасными для возникновения очагов вторичного засоления в случае подъема уровня грунтовых вод выше 3 м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горохова И.Н.* Оценка засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья с использованием аэрофотоснимков. Автореф. дис. ... канд. техн. н. М., 1992. 25 с.
2. *Горохова И.Н., Панкова Е.И.* Метод дистанционного контроля за состоянием орошаемых земель юга России // *Аридные экосистемы*. 1997. Т. 3. № 5. С. 26–34.
3. *Дегтярева Е.Т., Жулидова А.Н.* Почвы Волгоградской области. Волгоград: Нижне-Волжское книжное изд-во, 1970. 319 с.
4. *Доскач А. Г.* Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука, 1979. 142 с.

5. *Зимовец Б.А.* Экология и мелиорация почв сухостепной зоны. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1991. 248 с.
6. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
7. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
8. *Новикова А.Ф., Гэпин ЛО, Конюшкова М.В.* [Динамика процессов засоления-рассоления почв участка “Червленое” Светлоярской оросительной системы в ирригационный и постирригационный периоды](#) // Бюл. почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2009. Вып. 63. С. 16–24.
9. *Панкова Е.И., Новикова А.Ф.* Мелиоративное состояние и вторичное засоление орошаемых земель Волгоградской области // Почвоведение. 2004. №6. С. 731–744.
10. *Савин И.Ю., Отаров А., Жоголев А.В., Ибраева М.А., Дуйсеков С.* [Влияние многолетних изменений площади засоленных почв Шаульдерского орошаемого массива по космическим снимкам Landsat](#) // Бюл. почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2014. Вып. 74. С. 49–65.
11. *Чурсин Б.П.* Почвенные ресурсы // Почвенно-экологические проблемы в степном земледелии. Пущино, 1992. С. 23–29.
12. *Abbas A., Khan S., Hussain N., Hanjra M.A., Akbar S.* Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach // Phys. Chem. Earth. Part A/B/C/. 2013. V. 55–57. P. 1–8.
13. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 192 p.
14. *Platonov A., Ibrakhimov M.* Using satellite images for multi-annual soil salinity mapping in the irrigated areas of Syrdarya province. Innovations for sustainability and food security in arid and semiarid lands // 2<sup>nd</sup> international Conference on Arid Lands Studies. Abstract book. Samarkand, 2014. P. 114.
15. *Ildefonso Pla Sentis.* Advances in the prognosis of soil sodicity under dryland and irrigated condition // International Soil and Water Conservation Research. 2014. V. 2. No. 4. P. 50–63.
16. *Taghizadeh-Mehrjardi R., Minasny B., Sarmadian F., Malone B.P.* Digital mapping of soil salinity in Ardakan region, central Iran // Geoderma. 2013. (2014). P. 15–28.

## **SOIL SALINITY OF THE SVETLOYAR IRRIGATED MASSIF IN THE VOLGOGRAD REGION IN 2010-S YEARS**

**I. N. Gorokhova, N. B. Khitrov,  
E. I. Pankova, K. O. Prokopyeva**

*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,  
Russia, 119017, Moscow, Pyzhevskii per. 7-2*

Results of salinity assessment of irrigated soils at the Svetloyar Irrigated Massive located in the Northern Sarpa Lowland (Volgograd region) are shown. Soil cover patterns suffered severe transformation under the impact of ameliorative activity during 45–50-year irrigation. There were 25–50% of Solonetz and solonetzic soils on the investigated territory before the construction of Svetloyarsk Irrigation System. In 2010-s there were practically no Solonetz soils, as the main part of solonetzic (nitric) horizons were cut and mixed with material of other upper horizons during the planning works. Soil cover patterns of irrigated massive presented by transformed solonetz complex with solonchakous (epiprotosalic in WRB-2015) and deep solonchakous (endoprotosalic) soils passed to a phase of salt leaching at the present. Horizons with soluble salts moved deeper from the layer 0–100 cm in 1990-s to the layer 100–200 cm in 2010-s. Soils have become very deep solonchakous (bathyprotosalic) with weak and moderate degree of salinity predominantly chloride-sulfate and sulfate composition of salts. Under current conditions, the application of the multispectral satellite information did not allow us to map the salinized soils on the investigated massive. Therefore, maps of salinity in the layers 0–100 and 100–200 cm were created by interpolation method (the method of Inverse Distance Weights) on the basis of experimental data obtained during field investigation in 2015 and 2016. The high content of toxic salts was revealed in soils at the western part and locally in the northern part of Svetloyar Irrigated Massive. These territories will be potentially the most hazardous for secondary salinization, if ground water level rises up (higher than 3 m).

*Keywords:* irrigated soils, mapping of soil salinity

### **REFERENCES**

1. Gorokhova I.N. Assessment of salinization of irrigated soils in the Lower Volga region using aerial photographs. Candidate's thesis. Moscow, 1992, 25 p. (in Russian)

2. Gorokhova I.N., Pankova E.I. Method of remote control over the state of irrigated lands in south of Russia, *Arid ecosystems*, 1997, V. 3, No. 5, pp. 26–34. (in Russian)
3. Degtyareva E.T., Zhulidova A.I. *Soil of the Volgograd region*, Volgograd, The Lower Volzhsky Publ., 1970, 319 p. (in Russian)
4. Doskach A.G. Natural zoning of the Prikaspiiskaya semidesert, Moscow, Nauka Publ., 1979. 142 p. (in Russian)
5. Zimovets B.A. *Ecology and amelioration of soils at the dry steppe zone*, Moscow, 1991, 248 p. (in Russian)
6. *Classification and identification of soils of Russia*. Smolensk, Oykumena Publ., 2004, 342 p. (in Russian)
7. *Classification and identification of soils of the USSR*. Moscow, Kolos, 1977, 223 p. (in Russian)
8. Novikova A.F., Gepin L.O., Konyushkova M.V. The dynamics of salinization-desalination processes of the “Chervlene” site of the Svetloyar irrigation system in the irrigation and post-irrigation periods, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2009, V. 63, pp. 16–24. (in Russian)
9. Pankova E.I., Novikova A.F. Ameliorative Status and Secondary Salinization of Irrigated Soils in Volgograd Oblast, *Pochvovedenie*, 2004, No 6, pp. 731–744. (in Russian)
10. Savin I.Yu., Otarov A., Zhogolev A.V., Ibraeva M.A., Duseikov S. [Long-term changes in the area of saline soils recognized by LANDSAT images in Shauldersk irrigated massive](#), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 201, V. 74, pp. e38-e51.
11. Chursin B.P. *Soil resources. Soil-ecological problems in steppe agriculture*, Pushchino, 1992, pp. 23–29. (in Russian)
12. Abbas A., Khan S., Hussain N., Hanjra M.A., Akbar S. Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach, *Physics and Chemistry of the Earth, Part A/B/C*, 2013, V. 55-57, pp. 1–8.
13. *12.IUSS Working Group WRB*. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World Soil Resources Reports No. 106, FAO, Rome. 192 p.
14. Platonov A, Ibrakhimov M. Using satellite images for multi-annual soil salinity mapping in the irrigated areas of Syrdarya province. Innovations for sustainability and food security in arid and semiarid lands. *2<sup>nd</sup> international Conference on Arid Lands Studies*, Abstract book, Samarkand, 2014, pp. 114.

15. Ildefonso Pla Sentis. Advances in the prognosis of soil sodicity under dry-land and irrigated condition. *International Soil and Water Conservation Research*, 2014, V. 2, No. 4, pp. 50–63.

16. 15.Taghizadeh-Mehrjardi R., Minasny B., Sarmadian F., Malone B.P. Digital mapping of soil salinity in Ardakan region, central Iran, *Geoderma*. 2013(2014), pp. 15–28.

### **Ссылки для цитирования**

*Горохова И.Н., Хитров Н.Б., Панкова Е.И., Прокопьева К.О.* Засоленность почв Светлоярского орошаемого массива в Волгоградской области в 2010-х годах // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 93. С. 75-93. doi: 10.19047/0136-1694-2018-93-75-93

Gorokhova I.N., Khitrov N.B., Pankova E.I., Prokopyeva K.O. Soil salinity of the Svetloyar irrigated massif in the Volgograd region in 2010-s years, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, V. 93, pp. 75-93. doi:10.19047/0136-1694-2018-93-75-93