УДК 631.45

ДВУМЕРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ РЯДОМ С ОРОСИТЕЛЬНЫМ КАНАЛОМ НА УЧАСТКЕ “ЧЕРВЛЕНОЕ” СВЕТЛОЯРСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

© 2018 г. Е. И. Кравченко*, Н. Б. Хитров**, И. Н. Горохова

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

**e-mail: krav4enko_elena@mail.ru*

***<https://orcid.org/0000-0001-5151-5109>*

*Поступила в редакцию 04.06.2018, после доработки 04.07.2018,
принята к публикации 15.11.2018*

Изучено современное состояние засоленности орошаемых почв на территории ключевого участка, расположенного рядом с засыпанным оросительным каналом в пределах орошаемого массива “Червлёное” Светлоярской оросительной системы (Волгоградская область). В 90-е годы прошлого столетия на данном участке было зафиксировано сильное вторичное засоление почв, контур которого выделялся на аэрофотоснимке. После прекращения орошения на ключевом участке произошло частичное рассоление почв под действием атмосферных осадков в условиях понижения уровня грунтовых вод. По материалам полевых работ 2017 г. построена модель двумерного распределения (глубина, расстояние от оросительного канала) активности ионов (Ca^{2+} , Cl^- , Na^+). Выявлено, что преобладает засоление сульфатно-хлоридно-натриевого типа, характерное для естественных почв территории, но в ряде почвенных горизонтов сохранились следы вторичного засоления, выражающиеся в присутствии хлорида кальция в почвенном растворе. По глубине залегания верхнего засоленного горизонта почвы относятся к солончаковатым, распределение солей срединно-аккумулятивное, максимум солей находится на глубине 100–150 см.

Ключевые слова: вторичное засоление, активность ионов натрия, сульфатно-хлоридное засоление, хлориды кальция

DOI: 10.19047/0136-1694-2018-94-19-37

ВВЕДЕНИЕ

Засоленные почвы составляют около 21% сельскохозяйственных угодий России ([Научные основы ..., 2013](#)). На оросительных системах (ОС) в аридной зоне еще в СССР наблюдались

подъемы уровня грунтовых вод, приводящие к подтоплению и вторичному засолению почв, которые были вызваны избыточными нормами орошения и поверхностным способом поливов культур. Подтопление и вторичное засоление почв были часто локализованы вдоль оросительных каналов, проложенных в земляном русле. К настоящему времени площади ОС сократились, а для орошения применяют иные способы поливов, поэтому важно изучить засоленность орошаемых почв на современном этапе, для того чтобы можно было эффективно проводить необходимые мелиоративные мероприятия при реконструкции и восстановлении ОС.

Вторичное засоление почв в XX в. изучали В.А. Ковда, Н.Г. Минашина, Б.А. Зимовец, Е.И. Панкова и многие другие. В настоящее время исследование засоленности почв во всем мире ведется с использованием самых разнообразных методов: наземный мониторинг с измерением удельной электропроводности вытяжек из водонасыщенных паст ([Richards, 1954](#); [Воробьева, 1998](#); [Juan Herrero, Carmen Castañeda, 2013](#)); контактная оценка засоления почв с помощью электромагнитной индукции ([Soil Survey..., 2004](#); [Corwin, Lesch, 2014](#); [Jianli Ding, Danlin Yu, 2014](#)). Наиболее широко применяемым подходом на сегодняшний день является сочетание спутниковых данных с наземными исследованиями, т.е. объединение технологий дистанционного и ближнего зондирования засоленных почв. Для этого используют спектральную яркость и спектральные индексы спутниковых материалов, различные модели распределения, дистанционных и наземных данных ([Jianli Ding, Danlin Yu, 2014](#); [Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2014](#)).

Вопросы состояния орошаемых почв на территории Светлоярской ОС освещены, начиная с 1990-х гг. прошлого века ([Горохова, Панкова, 1997](#); [Новикова, Морозова, 2003](#); [Панкова, Новикова, 2004](#); [Новикова и др., 2009](#)).

Цель исследования – анализ пространственного двумерного распределения солей и оценка современного состояния засоленности почв проведенных по трансектам, поперечно пересекающих контур вторичного засоления почв, зафиксированного в 1990-е годы рядом с оросительным каналом, на орошаемом массиве Червленое Светлоярской ОС.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Орошаемый массив “Червленое” Светлоярской ОС (рис. 1) находится в междуречье Волги и Дона на юге Волгоградской области.

Орошаемый массив “Червленое” расположен в нижней части северного склона возвышенности Ергени (абс. отм. 97–102 м) в 2.2 км от Волго-Донского канала. В рельефе преобладают плавные пологие склоны. Уровень грунтовых вод до орошения составлял от 18–20 до 5 м. Минерализация грунтовых вод была 1–10 г/л ([Новикова и др., 2009](#)).

Территория исследования относится к зоне сухой степи. Почвенный покров до орошения был представлен комплексом светло-каштановых солонцеватых почв и солонцов (25–50 и >50%) с невысокой долей участия лугово-каштановых почв. Почвообразующие породы – засоленные карбонатные лёссовидные суглинки и глины. Среди солонцов преобладали солонцы средние и глубокие, засоленные с 20–40 см, часто с участием соды в солонцовом горизонте ([Дегтярева, Жулидова, 1970](#); [Новикова, Морозова, 2003](#)). Во время строительства оросительной системы подвергалась планировка полей и гипсование почв.

Рис. 1. Положение участка исследования на схеме Светлоярской оросительной системы.

Начиная с 80-х и до 90-х годов прошлого века почвы орошаемого массива “Червлёное” подвергались вторичному засолению. В 1988 г. уровень грунтовых вод находился преимущественно на глубине 2.0–2.5 м, на некоторых участках достигал 1.5 м, воды характеризовались хлоридно-натриевым составом с минерализацией 3–10 г/л. Повсеместно отмечалось вторичное засоление почв от слабого до сильного ([Панкова, Новикова, 2004](#)). После 1992 г. орошение и возделывание культур было практически прекращено или проводилось исключительно на 1–2 полях в течение 15–18 лет. К настоящему времени произошли значительные изменения, связанные со снижением уровня грунтовых вод до глубины более 5 м, сохраняющиеся на протяжении предшествующих 8–9 лет.

Массив орошался и орошается водами Волго-Донского канала с минерализацией 0.5–2 г/л при отсутствии дренажа. Первоначально орошение проводилось поверхностным способом, начиная с 2000-х годов применяется полив дождеванием ([Новикова и др., 2009](#)).

Конкретным объектом исследования был участок вторичного засоления, возникший в 1990-е годы возле оросительного канала. В это время вдоль канала сформировался контур с сильноизвилистой границей в виде бахромы (рис. 2). В нем было установлено вторичное засоление сильной и очень сильной степени при уровне грунтовых вод 2–2.5 м ([Горохова, 1992](#)). Современное состояние изучали в августе 2017 г. Были заложены две трансекты, пересекающие контур, зафиксированный на аэрофотоснимке за 1990 г. Оросительный канал был засыпан в 2016 г., и в последующий год воду для орошения подавали по трубе. Трансекты, заложенные в 2017 г., расположены перпендикулярно бывшему оросительному каналу. Трансекта 8 состоит из пяти скважин на расстояниях 2, 25, 50, 110, 200 м от бывшего канала, трансекта 7 – из трех скважин на расстоянии 5, 50 и 200 м от канала (рис. 3).

Скважины бурили до глубины 2 м, образцы отбирали послойно, сплошной колонкой с учетом горизонтов с шагом 10–30 см. На основе морфологических признаков выделяли основные горизонты, глубину вскипания от HCl, наличие карбонатных и гипсовых новообразований.

Рис. 2. Фрагмент аэрофотоснимка участка “Червлёное” Светлоярской

Рис. 3. Схема точек опробования на фрагменте снимка со спутника Са-ОС за 1990 г. Пунктир – положение порус (август, 2015). Сплошной ли-оросительного канала. Овал – клю- нией соединены скважины двух чевой участок полевого исследова- трансект. Пунктирная линия – засы- панный оросительный канал.

Общее строение почвенного профиля RJca–BCAnc–BCca,cs. Почвы по классификации почв СССР (1977) – светло-каштановые пахотные орошаемые насыпные высококарбонатные неглубоко гипсодержащие среднесуглинистые на лёссовидных суглинках, по классификации России (2004) – агроземы стратифицированные светлогумусовые аккумулятивно-карбонатные сегрегационно-карбонатные гипсодержащие среднесуглинистые на лёссовидных суглинках.

Оценку засоленности орошаемых почв проводили по средним значениям из 2–3 повторностей измерения активности ионов Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- в почвенных пастах с постоянной влажностью 40% с помощью ионоселективных электродов ([Хитров, 1986](#); [Руководство..., 1990](#); [Теория и практика..., 2006](#); [Хитров и др., 2016](#)). Использовали ионоселективные электроды ЭКОМ-Na, ЭКОМ-Cl,

Таблица 1. Оценка степени засоленности горизонта почвы по величине активности ионов натрия, измеренной в пасте ионоселективным электродом ([Научные основы..., 2013](#))

Активность Na^+ в растворе, ммоль/л	Степень засоленности
Менее 20	Незасоленный горизонт
20–50	Слабая
50–150	Средняя
150–300	Сильная
Более 300	Очень сильная

ЭЛИС-121 Са, регистрирующий прибор – иономер Экотест-120. Значения активности ионов натрия менее 20 ммоль/л соответствуют незасоленным горизонтам, более высокие – засоленным горизонтам ([Полевой определитель..., 2008](#); [Научные основы..., 2013](#)) (табл. 1).

Построение двумерного профиля распределения активностей различных ионов выполняли в пакете программ Surfer-13 методом интерполяции kriging, учитывая анизотропию расположения точек по вертикали и горизонтали. По горизонтали указано расстояние от засыпанного оросительного канала в метрах, по вертикали – глубина в сантиметрах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Трансекта 8. Рассмотрим двумерную диаграмму распределения активности Na^+ (рис. 4). Верхняя граница засоленных горизонтов располагается на глубине 60 см возле засыпанного канала, при удалении от канала она становится ближе к поверхности и в скважине, находящейся в 200 м от канала, приближается к 30 см. Это означает, что все почвы являются солончаковатыми. Максимум содержания солей приурочен ко второму метру, при удалении от канала он так же, как и верхняя граница засоленного горизонта, смещается ближе к поверхности, до глубины около 1 м. Почвы имеют срединно-аккумулятивный тип распределения солей, слабую и среднюю степень засоления в пределах первого метра и сильную в области максимального скопления солей на глубине 100–150 см при современном уровне грунтовых вод глубже 5 м.

Рис. 4. Двумерное распределение активности ионов Na^+ вдоль трансекты 8. Зеленая линия – верхняя граница засоленного горизонта, красная линия – нижняя граница насыпного горизонта RLsa.

Распределение хлоридов похоже на таковое для натрия: максимум во втором метре, при удалении от бывшего оросительного канала смещается ближе к дневной поверхности (рис. 5).

В исследуемых объектах встречается два основных типа соотношения активностей ионов натрия (a_{Na}) и хлоридов (a_{Cl}): $a_{\text{Na}} > a_{\text{Cl}}$ и $a_{\text{Na}} < a_{\text{Cl}}$ (рис. 6). В большинстве образцов активность хлоридов не превышает активность натрия. Напротив, в скважинах непосредственно возле бывшего канала в отдельных горизонтах наблюдается обратная картина – активность хлоридов превышает активность ионов натрия.

Двумерное распределение разницы активностей ионов натрия и хлоридов ($a_{\text{Na}} - a_{\text{Cl}}$) представлено на рис. 7. Соотношение $a_{\text{Na}} > a_{\text{Cl}}$, соответствующее положительным значениям разницы ($a_{\text{Na}} - a_{\text{Cl}}$) означает, что натрий связан не только с хлоридами, но и с сульфатами (зеленые цвета на рис. 7). Такая картина наблюдается по всему профилю почв, находящихся дальше 50 м от канала, а также в глубоких горизонтах (глубже 140 см) в скважине 8.1, расположенной в 20 м от канала.

Рис. 5. Двумерное распределение активности ионов Cl^- . Красная линия – верхняя граница насыпного горизонта RJ.

Рис. 6. Вертикальное распределение активности ионов Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} : А – скв. 8.4, 200 м от канала; Б – скв. 8.1, 20 м от канала.

Обратная картина, когда $a_{\text{Na}} < a_{\text{Cl}}$, соответствующая отрицательным значениям разницы ($a_{\text{Na}} - a_{\text{Cl}}$), означает, что помимо ионов Na^+ хлориды компенсируются также другими катионами, в частности Ca^{2+} и Mg^{2+} (красный цвет на рис. 7). Превышение содержания хлоридов над натрием встречается глубже 120 см в почвенном профиле возле канала, а также в средней части профиля почвы в 20 м от канала.

Рис. 7. Двумерное распределение разности ($a_{Na} - a_{Cl}$). Темно-зеленая линия – верхняя граница появления гипса, красная линия – нижняя граница насыщенного горизонта RJsa.

Рис. 8. Двумерное распределение активности ионов Ca^{2+} на трансекте 8. Темно-зеленая линия – верхняя граница появления гипса, красная линия – нижняя граница насыщенного горизонта RJsa, желтая линия – верхняя граница появления карбонатных новообразований.

Активность ионов кальция по всему профилю почв, расположенных дальше 50 м от канала, варьирует в сравнительно узком диапазоне от 1 до 4 ммоль/л (рис. 8). Эти почвы карбонатные, вскипают с поверхности, верхняя граница появления карбонатных новообразований (белоглазка) поднимается ближе к поверхности при удалении от канала. Даже в горизонтах, содержащих

мелкокристаллический гипс, наблюдаемый морфологически, активность ионов кальция не превышает 4 ммоль/л. В пределах 40 м от канала в почвах выделяется зона с высокой активностью ионов кальция (4–9 ммоль/л), которая местами поднимается выше верхней границы новообразований гипса.

Если сопоставить двумерное распределение соотношения активностей натрия и хлоридов (рис. 7) с распределением активности ионов кальция (рис. 8), становится заметно, что в области до 40 м от засыпанного оросительного канала максимум активности Ca^{2+} и минимум разности ($a_{\text{Na}} - a_{\text{Cl}}$) совпадают. Это означает, что в указанной области в почвенных растворах присутствуют хлориды кальция.

Оценим соотношение кальция и хлоридов в области максимума. Оценка концентрации хлоридов в области максимума, компенсируемых ионами кальция, может быть получена по абсолютной величине отрицательной разницы ($a_{\text{Na}} - a_{\text{Cl}}$). Она соответствует 20–22 ммоль/л при влажности 40%. Для оценки уровня активности кальция, связанного с хлоридами, необходимо из максимальных значений кальция вычесть средние значения фона. С учетом варьирования получаем превышение 5–7 ммоль/л. Поскольку кальций – двухвалентный ион, для сопоставления с оценочной концентрацией хлоридов необходимо получить эквивалентную концентрацию – 10–14 ммоль(экв)/л. Таким образом, превышение активности хлоридов над натрием преимущественно связано с кальцием, особенно, если учесть, что коэффициенты активности двухвалентных ионов ниже, чем у одновалентных.

Механизм накопления хлоридов кальция в почвенных растворах связан с прохождением грунтовых вод через незасоленную толщу, почвенный поглощающий комплекс которой заполнен преимущественно обменным кальцием: подъем растворов натриевого состава сопровождается реакциями ионного обмена с вытеснением обменных кальция и магния натрием раствора, и поглощением натрия почвенным поглощающим комплексом. В результате происходит накопление хлоридов кальция и магния в почвенных растворах.

Подобный тип химизма засоления, при котором хлорид-ионы компенсируются ионами кальция и магния, является свидетельством вторичного засоления почв ([Научные основы ..., 2013](#)).

Рассмотрим отношение активностей ионов натрия и кальция $a_{Na}/\sqrt{a_{Ca}}$, которое отражает конкуренцию катионов за ионообменные позиции в почвенном поглощающем комплексе. До глубины 50 см отношение невелико (<10), связано невысокой активностью натрия в поверхностных горизонтах. В области максимальных значений активности ионов натрия и фоновых значений активности ионов кальция на глубине 100–160 см в почвах трансекты 8 на расстоянии более 20 м от канала (скв. 8.2, 8.3) отношение $a_{Na}/\sqrt{a_{Ca}}$ имеет максимум – 60–75, что характерно для горизонтов, засоленных преимущественно натриевыми солями. Напротив, в области появления хлоридов кальция, особенно в горизонтах с максимальной активностью ионов кальция, наблюдаемой в горизонтах средней части профиля скв. 8.1 и нижней части профиля скв. 8, отношение $a_{Na}/\sqrt{a_{Ca}}$ не превышает 20–40 даже на фоне высокой активности ионов натрия. В этих горизонтах, изначально незасоленных или слабозасоленных, обменный кальций, вытесненный натрием в почвенный раствор при поднятии натриевых грунтовых вод, препятствует более интенсивному обменному поглощению ионов натрия почвой в условиях затрудненного удаления продуктов реакции.

Рис. 9. Двумерное распределение отношения $a_{Na}/\sqrt{a_{Ca}}$. Темно-зеленая линия – верхняя граница появления гипса, красная линия – нижняя граница насыпного горизонта RLca, желтая линия – верхняя граница появления карбонатных новообразований.

Трансекта 7. Рассмотрим двумерную диаграмму распределения активности Na^+ в пределах другой трансекты, расположенной приблизительно в 100 м в сторону также перпендикулярно к руслу бывшего оросительного канала (рис. 10А). Верхняя граница засоленного горизонта у канала находится на глубине 50 см, при удалении от канала понижается до 60 см. Соответственно, по глубине залегания верхнего засоленного горизонта почвы являются солончаковатыми. Максимум активности Na^+ расположен во втором метре, на глубине 100–180 см. Вертикальное распределение солей носит срединно-аккумулятивный характер. Степень засоления слабая и средняя в первом метре и сильная на глубине 100–150 см. Вместе с тем особенностью трансекты 7 является заметная локализация максимума активности ионов натрия в средней части трансекты на расстоянии 50–100 м от канала. Тогда как на трансекте 8 этот максимум был сильно вытянут вплоть до расстояния 200 м.

Похожая картина наблюдается на двумерном распределении активности хлоридов (рис. 10Б). На трансекте 7 максимум находится во втором метре также в центральной части на расстоянии 50–100 м. Кроме того, значения активности хлоридов в области максимума заметно выше – они составляют 100–150 ммоль/л на трансекте 7 по сравнению с 90–103 ммоль/л на трансекте 8.

На трансекте 7 также имеются горизонты, в которых разность ($a_{\text{Na}} - a_{\text{Cl}}$) является отрицательной (рис. 10В). В отличие от трансекты 8 здесь содержание хлоридов превышает содержание натрия не только в нижней части почвенного профиля возле канала, но на расстоянии 200 м от него (скв. 7.2). В этих же горизонтах отмечается максимум активности ионов кальция, который достигает 12 ммоль/л (рис. 10Г). При этом область максимума активности ионов кальция находится ниже верхней границы появления гипса.

Отношение активности натрия и кальция $a_{\text{Na}}/\sqrt{a_{\text{Ca}}}$ на трансекте 7 (рис. 10Д) так же, как на трансекте 8, имеет максимальные значения в горизонте сильного засоления на глубине 100–150 см в центральной части и минимальные значения – в поверхностных незасоленных и слабозасоленных горизонтах до глубины 40 см, с одной стороны, и в областях накопления хлоридов кальция, с другой.

Сравнение двух трансект по распределению ионов Na^+ Cl^- и Ca^{2+} позволяет утверждать, что вторично-засоленные горизонты с

присутствием хлорида кальция не имеют строгой приуроченности к области, непосредственно примыкающей к бывшему оросительному каналу. Они встречаются не только вблизи засыпанного оросительного канала, но и на значительном расстоянии от него (до 200 м). Поскольку ареал вторичного засоления в 1990-е годы образовал достаточно широкую бахромчатую полосу вдоль канала и наблюдаемые в настоящее время (2017 г.) точки опробования встречаются в разных его частях, включая противоположный край ареала от канала, можно предположить, что сейчас фиксируются остаточные формы ранее возникшего вторичного засоления.

Сравнивая состояние почв исследуемого участка в два срока, 1990-е годы и 2017 г., можно заключить, что солончаковые сильно вторично-засоленные почвы возле оросительного канала, наблюдавшиеся четверть века назад, частично рассолились, перейдя в категорию солончаковатых слабой и средней степени засоления в пределах первого метра, сохранив сильную степень засоления на глубине 100–150 см. Удалению солей способствовала постепенная промывка атмосферными осадками в условиях понижения уровня грунтовых вод и отсутствия подачи оросительной воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На ключевом участке возле бывшего оросительного канала, засыпанного несколько лет назад, где в 1990-х годах был зафиксирован ареал сильного вторичного засоления, через четверть века после прекращения подачи воды по этому каналу наблюдаются следующие изменения, свидетельствующие о частичном рассолении почв:

1. Понижилась верхняя граница засоленных горизонтов. Почвы из солончаковых с засоленными горизонтами в пределах 0–30 см превратились в солончаковатые разности с верхней границей слабозасоленного горизонта 30–40 см. Степень засоления почв мало меняется по мере удаления от бывшего оросительного канала, но изменяется химизм засоления вдоль трансект.

Рис. 10. Двумерное распределение активности Na^+ (А), Cl^- (Б), разницы ($a_{\text{Na}} - a_{\text{Cl}}$) (В), активности Ca^{2+} (Г) и отношения $a_{\text{Na}}/\sqrt{a_{\text{Ca}}}$ (Д) на трансекте 7.

Верхние границы засоленного горизонта (светло-зеленая), гипса (темно-зеленая), белоглазки (желтая); нижняя граница гор. RJca (красная).

2. Максимум солей в настоящее время сосредоточен на глубине 100–150 см, распределение солей – срединно-аккумулятивное. В пределах первого метра от поверхности горизонты почв имеют слабую и среднюю степень по сравнению с сильным засолением в 1990-х годах.

3. Следы вторичного засоления в виде горизонтов с хлоридом кальция (и магния) в профиле почв не имеют строгой приуроченности в пространстве относительно русла бывшего оросительного канала. Они сохранились как в непосредственной близости к каналу, так и на значительном расстоянии от него в пределах широкой полосы ареала, фиксированного в 1990-х годах. Это позволяет

допустить, что наблюдаемые в 2017 г. очаги с хлоридами кальция являются остаточными формами вторичного засоления почв, возникшего несколько десятилетий тому назад в период активной эксплуатации оросительного канала, имевшего земляное русло.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 272 с.
2. Горохова И.Н. Оценка засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья с использованием аэрофотоснимков. Автореф. дис. ... канд. техн. н. М., 1992. 25 с.
3. Горохова И.Н., Панкова Е.И. Метод дистанционного контроля за состоянием орошаемых земель юга России // Аридные экосистемы. 1997. Т. 3. № 5. С. 26–34.
4. Дегтярева Е.Т., Жулидова А.Н. Почвы Волгоградской области. Волгоград: Нижне-Волжское книжное изд-во, 1970. 319 с.
5. Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т.1. Теоретические и методические основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2013. 756 с.
6. Новикова А.Ф., Морозова А.С. Засоленные почвы Волгоградской области // Почвоведение. 2003. № 9. С. 1061–1074.
7. Новикова А.Ф., Гэтин 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. № 63. С. 16–24.
8. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. Мелиоративное состояние и вторичное засоление почв орошаемых земель Волгоградской области // Почвоведение. 2004. № 6. С. 731–744.
9. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
10. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв / Под ред. Хитрова Н.Б. и Понизовского А.А. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1990. 236 с.
11. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
12. Хитров Н.Б. Система показателей для краткой характеристики засоленных почв // Почвоведение, 1986. № 4 С. 67–79.

13. Хитров Н.Б., Черников Е.А., Попова В.П., Фоменко Т.Г. Причины и механизмы засоления почв виноградников юга Тамани // Почвоведение. 2016. № 11. С. 1–14. doi: 10.7868/S0032180X16110058
14. Corwin D.L., Lesch S.M. A simplified regional-scale electromagnetic induction/ Salinity calibration model using ANOCOVA modeling techniques. *Geoderma*. 2014. V. 230–231. P. 288–295.
15. Juan Herrero, Carmen Castañeda. Changes in soil salinity in the habitats of five halophytes after 20 years // *Catena*. 2013. V. 109. P. 58–71.
16. Jianli Ding, Danlin Yu. Monitoring and evaluating spatial variability of soil salinity in dry and wet seasons in the Werigan–Kuqa Oasis, China, using remote sensing and electromagnetic induction instruments // *Geoderma*. 2014. V. 235–236. P. 316–322.
17. Richards L.A. (ed.) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, USDA. Agriculture Handbook, 1954. No 60. 160 p.
18. Soil Survey Laboratory Methods Manual // Soil Survey investigation. Report № 42, Version 4.0, November, 2004. 700 p.
19. 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.

TWO-DIMENSIONAL DISTRIBUTION OF SALINITY IN IRRIGATED SOILS NEAR THE IRRIGATION CHANNEL AT THE PLOT "CHERVLENOW" OF THE SVETLOYAR IRRIGATION SYSTEM

E. I. Kravchenko*, N. B. Khitrov, I. N. Gorokhova**

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

**e-mail: krav4enko_elena@mail.ru*

***<https://orcid.org/0000-0001-5151-5109>*

Received 04.06.2018, Revised 04.07.2018, Accepted 15.11.2018

The current state of irrigated soils' salinity at the key plot located along the buried irrigation channel within the irrigated plot Chervlenoye of the Svetloyar Irrigation System (Volgograd Region) was studied. In the 1990-s a strong secondary soil salinization was detected during the aerial survey. Its boundaries were clearly observed on the image. After the irrigation had been ceased, a partial soluble salts leaching from the soil took place at the key plot as a result of precipitation and decrease of the groundwater table. Basing on the field data obtained in 2017 a model of two-dimensional distribution (depth, distance from

the irrigation channel) of the ion activity (Ca^{2+} , Cl^- , Na^+) was created. It was found that sulfate-chloride-sodium type of salinization prevails which is typical for natural soils at the studied territory. However, the traces of secondary salinization expressed by the presence of calcium chloride in soil solution are preserved in a number of soil horizons. According to the depth of the upper saline horizon, the soils belong to solonchakous type, the distribution of salts is medio-accumulative, maximum of salts is located at a depth of 100–150 cm.

Keywords: secondary salinization, sodium ion activity, sulfate-chloride salinity, calcium chloride

REFERENCES

1. Vorobyeva L.A. *Chemical analysis of soils*, Moscow Publishing house. State University, 1998. 272 p. (in Russian)
2. Gorokhova I.N. Assessment of salinization of irrigated soils of the Lower Volga region using aerial photographs. Author. dis. ... Cand. tech. s. Moscow, 1992. 25 p. (in Russian)
3. Gorokhova I.N., Pankova E.I. Method of remote control over the state of irrigated lands in south of Russia, *Arid ecosystems*, 1997, T. 3, No. 5, pp. 26–34. (in Russian)
4. Degtyareva E.T., Zhulidova A.N. Soils of the Volgograd region? Volgograd: The Lower Volga Book Publishing House, 1970. 319 p. (in Russian)
5. *Scientific basis for the prevention of soil degradation (land) in Russia's agricultural lands and the formation of systems for the reproduction of their fertility in adaptive-landscape agriculture*: T.1. Theoretical and methodological bases of prevention of degradation of soils (lands) of agricultural lands. Collective monograph, Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute Publ., 2013, 756 p. (in Russian)
6. Novikova A.F., Morozova A.S. Saline soils of the Volgograd Region. *Pochvovedenie*, 2003, No 9, pp. 1061–1074. (in Russian)
7. 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)
8. 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)
9. *Field determinant of soils in Russia*, Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute Publ., 2008, 182 p. (in Russian)

10. *A guide to laboratory methods for studying the ion-salt composition of neutral and alkaline mineral soils*, Khitrov N.B., Ponizovsky A.A. (Eds). Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Science Institute Publ., 1990. 236 p. (in Russian)
11. *Theory and practice of chemical soil analysis*, Moscow, GEOS, 2006, 400 p. (in Russian)
12. Khitrov N.B. System of indicators for a brief description of saline soils. *Pochvovedenie*, 1986, No. 4, pp. 67–79. (in Russian)
13. Khitrov N.B., Chernikov E.A., Popova V.P., Fomenko T.G. Factors and Mechanisms of Soil Salinization under Vineyards of Southern Taman. *Eurasian Soil Science*, 2016, V. 49, No. 11, pp. 1228–1240. doi: 10.1134/S1064229316110053
14. Corwin D.L., Lesch S.M. A simplified regional-scale electromagnetic induction/ Salinity calibration model using ANOCOVA modeling techniques. *Geoderma*, 2014, V. 230–231, pp. 288–295.
15. Juan Herrero, Carmen Castañeda. Changes in soil salinity in the habitats of five halophytes after 20 years, *Catena*, 2013, V. 109, pp. 58–71.
16. Jianli Ding, Danlin Yu. Monitoring and evaluating spatial variability of soil salinity in dry and wet seasons in the Werigan–Kuqa Oasis, China, using remote sensing and electromagnetic induction instruments, *Geoderma*, 2014, V. 235–236, pp. 316–322.
17. Richards L.A. (ed.) *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, USDA. Agriculture Handbook, 1954, No 60, 160 p.
18. *Soil Survey Laboratory Methods Manual* / Soil Survey investigation. Report № 42, Version 4.0, November, 2004. 700 p.
19. 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

Кравченко Е. И., Хитров Н. Б., Горохова И. Н. Двумерное распределение засоления орошаемых почв рядом с оросительным каналом на участке «Червленое» Светлоярской оросительной системы // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 94. С. 19–37. doi: 10.19047/0136-1694-2018-94-19-37

For citation:

Kravchenko E.I., Khitrov N.B., Gorokhova I.N. Two-dimensional distribution of salinity in irrigated soils near the irrigation channel at the plot "Chervlenoe" of the Svetloyar irrigation system, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, V. 94, pp. 19–38. doi:10.19047/0136-1694-2018-94-19-37