

ГЕНЕЗИС
И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.445.53

СОВРЕМЕННЫЙ ГИДРОМОРФИЗМ СОЛОНЦОВ
ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2020 г. Н. В. Елизаров^а, *, В. В. Попов^а, Н. В. Семендяева^б

^аИнститут почвоведения и агрохимии СО РАН, пр-т Академика Лаврентьева, 8/2, Новосибирск, 630090 Россия

^бНовосибирский государственный аграрный университет, ул. Добролюбова, 160, Новосибирск, 630039 Россия

*e-mail: elizarov@issa-siberia.ru

Поступила в редакцию 29.11.2019 г.

После доработки 20.04.2020 г.

Принята к публикации 10.05.2020 г.

На территории Западной Сибири остро стоит проблема засоления и осолонцевания почв вследствие подъема уровня залегания минерализованных грунтовых вод выше критической глубины. Цель исследований – изучить современный гидроморфизм солонцов лесостепной зоны Западной Сибири. Динамику уровня почвенно-грунтовых вод изучали в разные по увлажнению годы и в течение вегетационного периода. Для выявления негативных процессов засоления и осолонцевания почвенного профиля под влиянием грунтовых вод проводили сравнение химического состава грунтовых вод с составом солей водной вытяжки почв. Данные получены в ходе многолетних наблюдений за уровнем залегания и химическим составом грунтовых вод в опыте по исследованию длительного действия различных доз гипса на свойства солонцов корковых, заложенных в Новосибирской области. Во время исследований в 2013 г. произошел резкий подъем уровня грунтовых вод, что привело к увеличению минерализации грунтовых вод и запасов солей в профиле солонцов в течение 2015–2016 гг. Зафиксировано увеличение содержания гипотетической соды в профиле солонца. Результаты исследований могут быть использованы для мониторинга состояния почв Западной Сибири, а также необходимы при планировании мелиоративных мероприятий при введении целинных и залежных земель в сельскохозяйственный оборот.

Ключевые слова: засоление, осолонцевание, деградация почв, грунтовые воды, Salic Gleyic Solonetz, Sodic soil

DOI: 10.31857/S0032180X20120059

ВВЕДЕНИЕ

В Западной Сибири остро стоит проблема вторичного засоления и осолонцевания почв. Слабая дренированность территории приводит к переувлажнению и засолению сельскохозяйственных угодий. Сложный гривно-равнинный рельеф, близкое залегание и “пульсирующий” характер почвенно-грунтовых вод обусловили мозаичность почвенного покрова. При фоновом гумусово-аккумулятивном дерновом процессе почвообразования повсеместно наблюдается галогенный интразональный. Современный почвенный покров представлен набором разнообразных полугидроморфных и гидроморфных почв. Автоморфные почвы (в основном черноземы обыкновенные) развиваются только на вершинах грив. На склонах широко распространены лугово-черноземные и черноземно-луговые солонцеватые почвы с большим количеством пятен солонцов. В межгривных понижениях и микрозападинах повсеместно встречаются солонцовые и засоленные почвы. Засоленные почвы распространены практически во всех

природно-климатических зонах, но отличаются по генезису и свойствам, что требует различных подходов к их освоению, рациональному использованию и борьбе с засолением [6, 20, 21, 33, 34, 36, 37].

В настоящее время в России деградация плодородных почв происходит вследствие их переувлажнения и вторичного засоления. Особенно широко эти процессы выражены в лесостепной и степной зонах [7, 18, 26]. Орошение почв в условиях близкого залегания минерализованных грунтовых вод без надлежащего дренажа, несоблюдение поливных норм при поливе минерализованными водами приводят к подъему уровня залегания грунтовых вод выше критической глубины [2, 3, 9, 30]. Развитие дорожного, промышленного и складского строительства без проведения необходимых дренажных мероприятий стало причиной перекрытия естественного стока талых вод и застаивания их вдоль дорог и насыпей [12, 15, 24]. Сокращение пашни и увеличение площади ложно-западинных лесов также способствовало ухудшению гидрологического режима террито-

рии, подъему уровня минерализованных грунтовых вод и развитию процессов вторичного засоления и осолонцевания мелиорированных и целинных почв.

Кроме того, подъем грунтовых вод на территории Западной Сибири происходит из-за неудовлетворительного состояния мелиоративных осушительных систем [14]. Осушительные каналы, созданные более ста лет назад и открывшие доступ к обширным земельным ресурсам, перестали поддерживаться в надлежащем состоянии. Произошло их заиливание и зарастание, что привело к потере их пропускной способности и возвращению мелиорированных ландшафтов в первоначальное, естественное состояние.

Данные явления характерны для пониженных слабодренированных равнин Западной Сибири, особенно Барабинской низменности.

Среди естественных причин усиления гидроморфизма большую роль играют флуктуации климатических характеристик. В ряде регионов России выявлен тренд увеличения среднегодовых температур и количества атмосферных осадков в зимний период [1, 6, 11, 22, 32, 35]. В южной части Западной Сибири (в границах Томской, Новосибирской и Омской областей) с повышением температуры значительно увеличился влагозапас в снежном покрове, являющейся основным источником питания грунтовых вод Западной Сибири [17, 23].

Широкое распространение явлений переувлажнения на территории России привело к трансформации автоморфных почв степной и лесостепной зон в деградированные гидроморфные. Данные явления наблюдаются в Каменной Степи (Воронежская область), где произошло внутригодовое перераспределение стока со значительным его увеличением в холодное время года, что привело к переувлажнению [16, 27, 29–31]. Подъем грунтовых вод произошел на территории Волго-Донского междуречья, Прикаспийской низменности [19, 28], Русской равнине [13, 19]. В ходе исследований был введен термин “современный гидроморфизм” или “неогидроморфизм” – гидрогенная трансформация структуры, функционирования и компонентного состава ландшафтов [19], а также “мочар” и “мочаризация” – переувлажнение автоморфных почв, в первую очередь черноземов, и последующее их заболачивание [3, 30].

Особую важность приобретают исследования в лесостепной и степной зонах Западной Сибири. Данная территория имеет ряд особенностей, которые способствуют развитию процессов засоления, осолонцевания и осолодения вследствие переувлажнения. Обширные пониженные равнины, занимающие большую часть лесостепной и степной зон, слабо дренированы. Положительные формы рельефа выражены в виде узких грив, ши-

роко распространены многочисленные замкнутые блюдцеобразные понижения суффозионного происхождения. Близко залегающие засоленные палеоген-неогеновые глины представляют собой водоупоры, способствующие аккумуляции влаги.

Промерзание почвы до 1.5–2 м способствует формированию водоупоров для снеготалых вод и застаиванию их в понижениях, через которые происходит инфильтрация в грунтовые воды. Учитывая тенденцию климата Западной Сибири к увеличению зимнего водозапаса, следует ожидать нарастания гидроморфизма территории. В Ишимской степи зафиксирован подъем уровня грунтовых вод за последние 30 лет с 4–7 до 2.5–3 м [9] и переувлажнение автоморфных почв плакоров [10].

Цель исследований – изучить современный гидроморфизм солонцов лесостепной зоны Западной Сибири. В задачи входило: исследовать многолетнюю динамику уровня грунтовых вод; изучить изменение уровня почвенно-грунтовых вод в течение вегетационного периода в разные по увлажненности годы; исследовать минерализацию и химический состав грунтовых вод при различном уровне залегания; зафиксировать изменение уровня грунтовых вод в течение вегетационного периода и в зависимости от положения скважин по рельефу; определить влияние изменяющихся характеристик почвенно-грунтовых вод на солевой состав почв ключевого участка.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследуемые процессы протекают в высокодинамичных природных средах, поэтому для выявления механизмов деградации почв необходимо рассматривать систему грунтовая вода–почва в целом. Территория имеет определенную пространственную неоднородность условий почвообразования, поэтому для выявления особенностей процессов деградации почв природных и антропогенно-нарушенных территорий использован сравнительно-географический метод, основанный на катенном анализе организации почвенного покрова и почвенно-геохимической сопряженности.

Детальные исследования проводили в северо-восточной лесостепи Барабинской равнины (Чулымский район Новосибирской области). Экспериментальный участок расположен на плоском межгрядном пространстве (55.080911 N, 81.206495 E; 55.080826 N, 81.206755 E; 55.080748 N, 81.206680 E; 55.080849 N, 81.206406 E). Почвы – солонцы корковые черноземно-луговые высоко-солончаковатые сульфатно-содовые слабо- и средnezасоленные многонатриевые (Salic Gleyic Solonetz).

Район расположения экспериментального участка относится к зоне неустойчивого увлажнения. Климат резко континентальный с продолжительной

холодной зимой (5–5.5 мес.), жарким и коротким летом (3–3.5 мес.). Территория характерна большая амплитуда температур в течение года – разница между среднемесячной температурой самого холодного месяца (январь) и самого теплого (июль) достигает 40°C, а между абсолютными максимумами – 90°C. В зимнее время погода холодная и ясная, ветреная, особенно в январе–феврале. Снег с повышенных элементов рельефа сдувается в понижения, что способствует развитию процессов осолодения и заболачивания. Обнаженная поверхность сильно промерзает и оттаивает лишь к середине мая. Зимой бывают оттепели, особенно в ноябре–декабре. В июле–августе выпадает основное количество осадков, которые часто носят ливневый характер. Среднегодовое количество осадков 350 мм. Коэффициент увлажнения изменяется от 0.8 до 1.2.

Экспериментальный полигон расположен на полого-увалистой равнине с ложинообразными заболоченными понижениями, вытянутыми с северо-востока на юго-запад, в направлении общего уклона. Между заболоченными ложинами располагаются слабоприподнятые широкие пологие гряды, с многочисленными блюдцеобразными понижениями и западинами.

Материнские породы представлены четвертичными озерно-аллювиальными отложениями, повышения – легкими и средними суглинками, склоны – средними суглинками с редкими прослоями песка и супеси.

Микроделяночный опыт по изучению мелиорации солонцов различными дозами гипса заложен под руководством академика В.И. Кирюшина в 1981 г. на ровном участке без выраженного микрорельефа. Исследовали действие гипса в дозах от 0.25 до 1.25 нормы по Гедройцу (5 вариантов и контроль). Размер делянки 4 м², расстояние между делянками 1 м. Повторность в опытах четырехкратная, а расположение делянок – рендомизированное. Весь участок расположен на солонце корковом многонатриевом. Наблюдения за уровнем залегания и солевым составом грунтовых вод проводили во временных скважинах с 1984 до 1994 гг. три раза за вегетационный период (в мае–июне, июле и августе–сентябре) в вариантах с внесением гипса и в контроле. С 1994 г. участок находился под залежью, но перед этим на нем была посеяна смесь люцерны с донником. В 2006 г. исследования по длительному действию гипса в профиле почв были продолжены сотрудниками кафедры почвоведения и агрохимии НГАУ, наблюдения за грунтовыми водами на опытном участке проводили в 2006, 2009, 2013 и с 2015 по 2019 гг.

В почвах всех объектов исследования определяли химизм почвенно-грунтовых вод и катионно-анионного состава водной вытяжки по общепри-

нятым методикам (определение химизма почвенно-грунтовых вод – ГОСТ 26423-85; определение катионно-анионного состава водной вытяжки – ГОСТ 26428-85). Статистическую обработку данных, полученных в результате исследований, выполняли в программе Microsoft Office Excel 2007. При сравнении средних значений данных двух выборок применяли *t*-критерий Стьюдента для уровня достоверности 95%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На большей части территории Барабинской низменности почвенно-грунтовые воды залегают ближе 5 м. Пополнение грунтовых вод происходит атмосферными осадками через различные локальные понижения, такие как колючные западины и межгрядные понижения, которые являются аккумуляторами стоковых вод. В зимний период формируется устойчивый снежный покров. Запасы воды в снеге к концу зимы небольшие (50–100 мм), однако промерзание почвы до 1.5–2 м способствует формированию водоупоров для снеготалых вод и застаиванию их в понижениях, где образуются временные водоемы. Вместе с тальми водами переносятся значительные количества легкорастворимых солей. Водоносные горизонты верхнего гидрогеологического комплекса многоярусны и при этом связаны в местах выклинивания локальных водоупоров, часто образуют один пьезометрический уровень. Равнинный рельеф и горизонтальное залегание отложений создают малые уклоны поверхности грунтовых вод.

Начиная с 1984 г. уровень грунтовых вод (УГВ) изменялся с максимальной глубины 350 см в 1984 г. до 40–50 см в 1987, 1988, 2013, 2018 и 2019 гг. На рис. 1 видно, что изменения уровня залегания грунтовых вод носят циклический характер. После подъема УГВ в 1987 и в 1988 гг. до 50 см, в 1989–1990 гг. УГВ находился на глубине не выше 180–200 см. Похожая ситуация наблюдалась и после второго подъема грунтовых вод до 50 см в 2013 г.

За все время наблюдений УГВ не опускался до уровня 1984 г. (320 см), а нашими исследованиями с 2013 по 2019 гг. не было зафиксировано УГВ ниже 200 см (рис. 1). Пульсация УГВ хорошо видна не только в разные по увлажненности годы, но и от весны к осени. Весной УГВ всегда выше, чем осенью, что связано с питанием весенними тальми водами, через локальные понижения (потускулы).

На рис. 2 видно, что 2013, 2015 и 2018 гг. отличались большим количеством осадков (715, 488, 528 мм соответственно). В эти годы УГВ находился на глубине 40–80 см весной и не опускался ниже 180 см осенью.

Следует отметить, что один и тот же климатический фактор может привести к противоположным результатам в зависимости от других условий

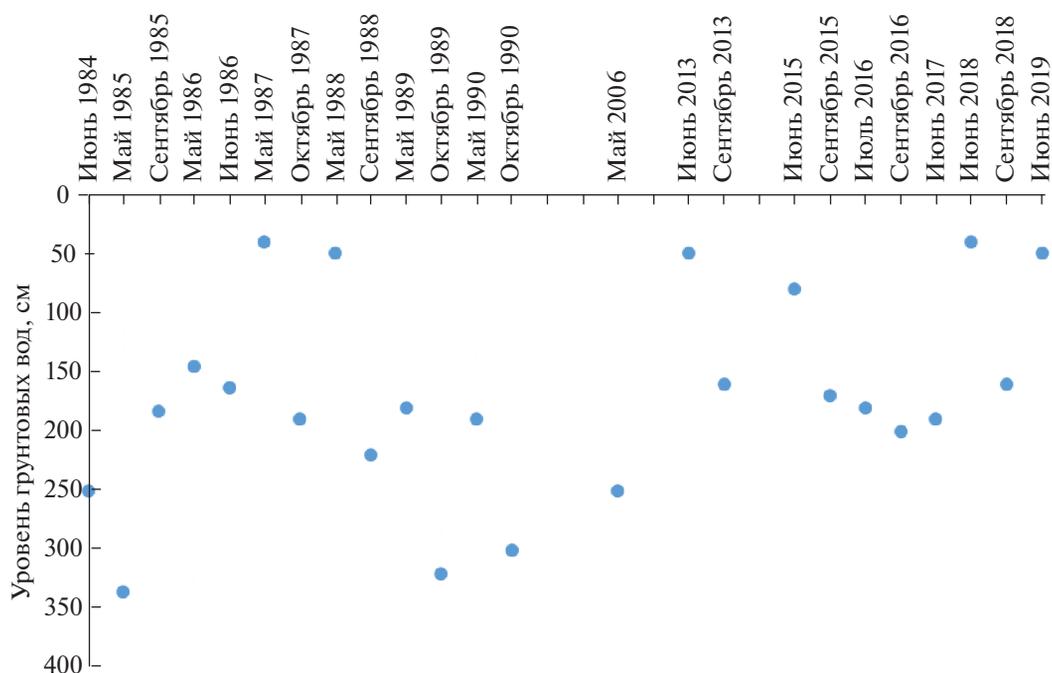


Рис. 1. Уровень грунтовых вод на опытном участке с 1984 по 2019 гг. (данные В.Н. Елизарова 1984–1987 гг., Р.Ф. Галева 1987–1990 гг.).

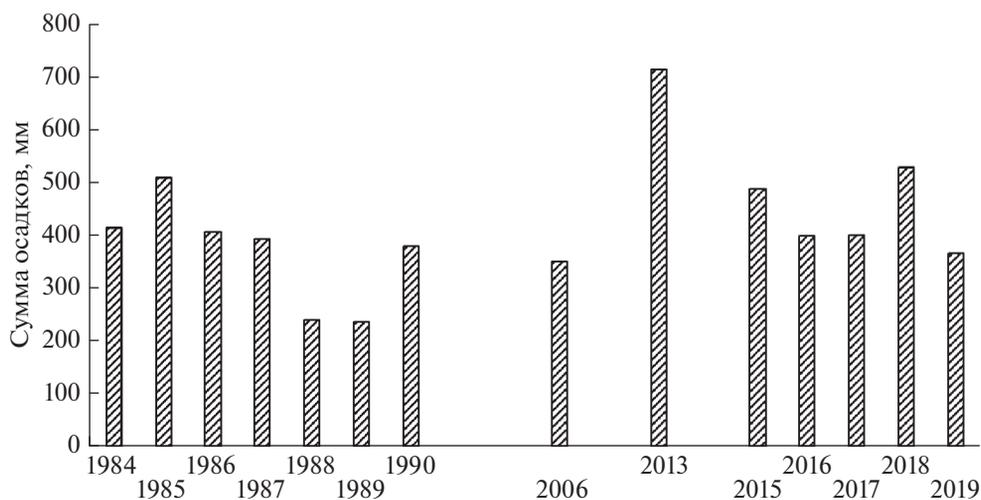


Рис. 2. Суммы выпавших осадков в весенне-летний период (с мая по сентябрь) на опытном участке с 1984 по 2019 гг. (данные ГМС “Чулым” ID 29625).

среды и степени своего проявления. Увеличение увлажненности еще не свидетельствует об активизации рассоления почв. Для этого количество осадков должно превышать испарение в теплый период года или следует ожидать засоления почвенного профиля при повышении уровня минерализованных грунтовых вод.

Для детального исследования зависимости УГВ от близлежащей автомобильной и железнодорожной дорог были заложены наблюдательные скважи-

ны 3 (55.082530 N, 81.204237 E) и 4 (55.085364 N, 81.202190 E) (рис. 3), а также скважина 1 (55.079354 N, 81.209517 E) выше по рельефу. В целом УГВ в начале лета 2018 г. повторял рельеф местности. Самое близкое к поверхности залегание грунтовых вод (40 см) зафиксировано в скважине 2 (55.080792 N, 81.206841 E), а самое глубокое – в скважине 3 (80 см), рядом с автомобильной дорогой. Осенью УГВ понизился во всех скважинах, но неравномерно. Максимальная ам-

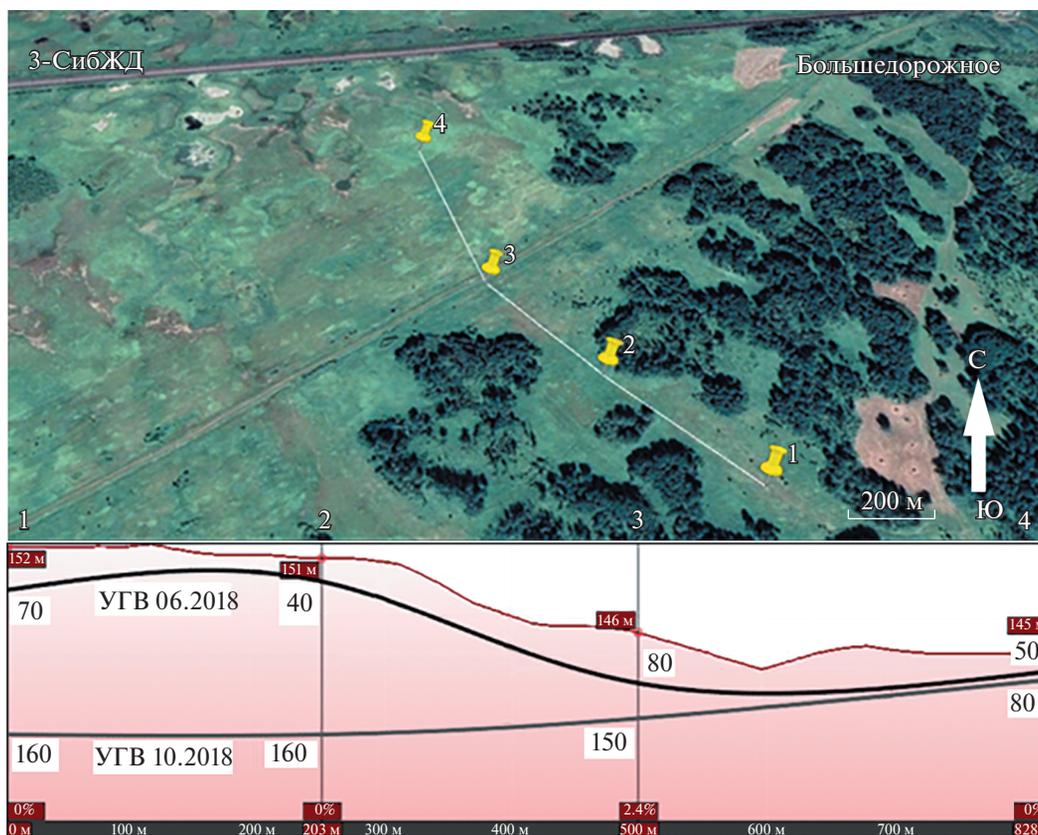


Рис. 3. Почвенно-гидрологический профиль ключевого участка и изменение УГВ от весны к осени 2018 г.: 1, 2, 3, 4 – точки отбора грунтовых вод в 2018 г., скважина 2 находится на экспериментальном участке.

плитуда зафиксирована в скважине 2 (120 см), а минимальная в скважине 4 (30 см), в понижении между железной и автомобильной насыпями. Минерализация грунтовой воды в скважинах была разной.

Во скважине 2, находящейся рядом с опытом по мелиорации солонцов различными дозами гипса, зафиксирована максимальная минерализация (2.2 г/л), тогда как в скважине 4 она была в 2 раза ниже (1.1 г/л). Данное явление объясняется тем, что под воздействием гипса произошло улучшение водно-физических свойств почвы, и легкорастворимые соли из иллювиального горизонта солонца промылись в грунтовые воды. При этом к осени возросла минерализация почвенно-грунтовой воды во всех скважинах в среднем на 0.27 г/л. Следует отметить, что величина минерализации грунтовой воды более стабильна, чем УГВ и более инертна во времени.

При изучении солевого состава грунтовых вод зафиксировано увеличение содержания гидрокарбонат-ионов с 19.0 смоль(экв)/л в 1988 г. до 28.1 смоль(экв)/л в 2018 г. (табл. 1). При этом в июне 2015 г. наблюдалось резкое увеличение концентрации анионов HCO_3^- на 13.5 смоль(экв)/л (при стандартном отклонении 5.8), с последую-

щим снижением к осени. Одновременно с резким увеличением содержания гидрокарбонат-ионов зафиксирован рост концентрации ионов натрия с 17.2 до 32.6 смоль(экв)/л (на 15.4 смоль(экв)/л с 2013 по 2015 г. соответственно при стандартном отклонении 5.4). Данное явление мы связываем с резким подъемом УГВ, зафиксированного при предыдущем измерении в 2013 г. Таким образом, прослеживается увеличение минерализации грунтовых вод за счет роста содержания в них, главным образом, содообразующих ионов.

По натриевому адсорбционному отношению (SAR), используемому в зарубежных классификациях по оценке ирригационных вод, грунтовые воды ключевого участка представляют опасность засоления и осолонцевания подпитываемых почв. При увеличении минерализации с 1.7 до 2.6 г/л вырос и показатель SAR с 8 до 18 (табл. 2). Между минерализацией грунтовых вод и SAR прослеживается тесная связь (коэффициент корреляции Пирсона 0.64, $n = 30$), что объясняется содовым засолением грунтовых вод. В основе показателя SAR лежит отношение концентрации одновалентного катиона Na^+ к сумме двухвалентных Ca^{2+} и Mg^{2+} , что позволяет определить вероятность вхождения Na^+ в почвенный поглощающий комплекс и

Таблица 1. Изменение солевого состава грунтовых вод за период исследований, смоль(экв)/л

Дата	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Август, 1988	0.5	19.0	2.7	3.2	1.9	5.2	16.1
Август, 2006	1.4	19.2	1.7	3.0	1.0	4.4	19.9
Июнь, 2013	1.9	20.2	0.6	3.1	0.9	3.4	21.5
Сентябрь, 2013	0.0	21.1	0.6	2.1	0.3	6.3	17.2
Июнь, 2015	3.0	34.6	1.2	0.2	0.9	5.1	32.6
Сентябрь, 2015	0.8	23.2	1.3	2.1	0.8	7.0	19.7
Июнь, 2017	1.5	23.5	0.3	1.3	1.7	6.3	17.4
Июнь, 2018	3.1	21.8	0.3	1.4	1.0	5.5	20.0
Сентябрь, 2018	2.7	28.1	0.7	1.6	0.7	4.3	28.1

Примечание. $n = 3$; $p = 0.05$.

Таблица 2. Изменение минерализации и натриевого адсорбционного отношения (SAR) грунтовых вод

Параметр	Август, 1988	Август, 2006	Июнь, 2013	Сентябрь, 2013	Июнь, 2015	Сентябрь, 2015	Сентябрь, 2016	Июнь, 2017	Июнь, 2018	Сентябрь, 2018
Минерализация, г/л	1.89	1.75	1.80	1.71	2.75	1.94	2.42	2.59	2.14	2.46
SAR	8	11	13	9	18	10	9	15	11	13

Примечание. $n = 3$; $p = 0.05$.

Таблица 3. Изменение содержания гипотетической соды в профиле солонца многонатриевого, смоль(экв)/кг

Глубина, см	Сентябрь, 1988	Сентябрь, 2006	Сентябрь, 2009	Май, 2013	Июнь, 2015	Август, 2015	Август, 2016	Август, 2017	HCP ₀₅	pH, 2016
0–20	1.31	1.08	0.65	0.48	1.10	2.55	2.50	1.73	0.99	9.60
20–40	2.23	2.78	2.40	0.20	1.49	2.97	3.54	2.90	0.99	9.70
40–60	3.21	1.78	2.51	1.35	1.76	2.40	3.23	1.81	0.80	9.70
60–80	2.11	1.40	2.05	2.06	1.49	2.40	2.50	Не опр.	0.69	9.70
80–100	1.13	1.11	1.67	1.20	1.36	1.58	1.54	»	0.62	9.65

Примечание. $n = 3$; $p = 0.05$.

развитие в почвах процесса осолонцевания. При этом предельные величины SAR находятся в зависимости от общей минерализации воды, т.е. вероятности развития засоления профиля почв. Поэтому, чем выше минерализация воды, тем более низкими являются критические величины SAR. Исследуемые грунтовые воды при общей минерализации 1.7–2.5 г/л представляют высокую опасность засоления почв [20], поэтому критические значения SAR (при которых появляется очень высокая опасность осолонцевания почв) находятся в пределах 14–18 и более. Таким образом, по натриевому адсорбционному отношению фиксируется высокая вероятность развития солонцового процесса почвообразования на исследуемой территории.

Высокая щелочность (pH 9.6–9.7) и присутствие гидрокарбонатов и карбонатов в количестве 1.3–3.8 смоль(экв)/кг при содержании катионов кальция 0.1–0.3 смоль(экв)/кг в профиле указывает на содовое засоление исследуемых почв. В табл. 3 представлено изменение содержания гипотетической соды в слое 20–40 см солонца многонатриевого с 1988 по 2017 гг. В результате резкого подъема минерализованных грунтовых вод весной 2013 г. зафиксировано перераспределение гидрокарбонатов и карбонатов из верхней части профиля (0–40 см) в слой 60–80 см, поэтому резко снизилось содержание гипотетической соды в слое 20–40 см. В последующих 2015 и 2016 гг. наблюдалось плавное увеличение содержания гипотетической соды в метровом слое почвы. Максимум наблюдался в слое 20–40 см осенью 2016 г.

В катионном составе водной вытяжки преобладал натрий. Содержание как обменного, так и водорастворимого натрия сильно варьируют в разные годы и в течение вегетационного периода [25]. Согласно существующим рекомендациям, принято определять содержание натрия в осенний период, когда количество его достигает максимума. Наши исследованиями зафиксировано, что с мая по сентябрь 2015 г. количество водорастворимого натрия увеличилось в слое 0–20 см с 1.1 до 3.6, а в слое 20–40 см с 1.5 до 3.0 смоль(экв)/кг, т.е. в 2 раза. Увеличение содержания водорастворимого натрия в профиле солонца прослеживается с 2013 по 2016 гг.

Таким образом, после резкого подъема УГВ сначала произошло уменьшение количества гипотетической соды в слое 20–40 см с 2.4 до 0.2 смоль(экв)/кг (2009, 2013 г. соответственно). В последующие 2015–2016 гг. зафиксирован рост содержания гипотетической соды до 3.5 смоль(экв)/кг, то есть величины абсолютного максимума за период наблюдений с 1988 по 2016 гг. Данное обстоятельство указывает на постепенный характер вторичного содового засоления почвенного профиля в течение трех лет после резкого подъема грунтовых вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геоморфологические и климатические условия лесостепной зоны Западной Сибири обусловили широкое распространение засоленных и солонцовых почв. В настоящее время фиксируется повсеместное повышение УГВ. Данное явление связано с тенденцией увеличения количества зимнего влагозапаса, а также с возвращением ранее мелиорированных, но позже выведенных из сельскохозяйственного оборота агроландшафтов в первоначальное, естественное состояние. Кроме того, усугубляет ситуацию ведение хозяйственной деятельности без осуществления необходимых дренажных мероприятий.

Многолетние детальные исследования свидетельствуют об общем повышении УГВ на ключевом участке. Все чаще фиксируется подъем грунтовых вод весной до 40–50 см от поверхности почвы. Грунтовые воды экспериментального участка представляют высокую опасность осолонцевания почв (SAR = 14–18). После резкого подъема УГВ в почвенном профиле проявилось вторичное засоление, которое выразилось увеличением содержания гипотетической соды до величины абсолютного максимума за весь период наблюдений.

Усиление гидроморфизма на территории лесостепной зоны Западной Сибири приводит к вторичному засолению и осолонцеванию почв, ухудшению их физико-химических и химических свойств, что в итоге ведет к снижению плодородия.

Для минимизации данных негативных процессов необходимо восстановить имеющиеся мелиоративные системы, а также не допускать ведение хозяйственной деятельности без осуществления соответствующих дренажных мероприятий.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т. Анализ изменчивости климата на территории России в последние десятилетия // Тр. ВНИИГМИ-МЦД. 2000. Вып. 167. С. 3–15.
2. Горохова И.Н., Панкова Е.И., Харланов В.А. Изменения мелиоративного состояния орошаемых почв Волгоградской области в XXI веке // Почвоведение. 2019. № 5. С. 595–612. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19030067>
3. Зайдельман Ф.Р., Иванов А.Л., Каштанов А.Н. Деградация богарных и орошаемых черноземов под влиянием переувлажнения и их мелиорация. 2012. М.: АПР, 212 с.
4. Зайдельман Ф.Р., Смирнова Л.Ф., Шваров А.П., Никифорова А.С. Практикум по курсу “Мелиорация почв”. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 52 с.
5. Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А. Изменения индикаторов соотношения тепла и влаги, биопродуктивности в зональных равнинных ландшафтах России во второй половине XX в. Известия РАН. Сер. Географическая. 2006. № 3. С. 19–28.
6. Исанова Г.Т., Абудувайли Ц., Мамутов Ж.У., Калдыбаев А.А., Сапаров Г.А., Базарбаева Т.А. Засоленные почвы и определение провинции соленакопления на территории Казахстана // Аридные экосистемы. 2017. Т. 23. № 4. С. 35–43.
7. Кизинек С.В., Белоусов В.С., Тараненко В.В., Шарифуллин Р.С., Володин А.Б. Биомелиорация засоленных почв с помощью сорговых культур в Западном Предкавказье // Рисоводство. 2018. № 1. С. 57–60.
8. Корсак В.В. Проблемы орошения сельскохозяйственных угодий и их засоления в XXI веке // Аграрный научный журнал. 2016. № 8. С. 19–24.
9. Кравицов Ю.В. Основные результаты многолетних почвенно-гидрологических исследований в Ишимской степи // Почвы и окружающая среда. 2018. Т. 1. № 4. С. 284–294.
10. Кравицов Ю.В. Подъем грунтовых вод в Ишимской степи // Сиб. экол. журн. 2009. № 2. С. 217–222.
11. Кузьмина Ж.В. Анализ многолетних метеорологических трендов на юге России и Украины (от лесостепи до пустынь) // Аридные экосистемы. 2007. Т. 13. № 32. С. 47–61.

12. *Майнашева Г.М.* Особенности элементарных почвенных процессов (ЭПП) южных черноземов в условиях антропогенного гидроморфизма // Вестник Моск. гор. пед. ун-та. Естественные науки, 2012. № 2. С. 47–51.
13. *Минаков Р.Н., Ахтырцев А.Б.* Динамика гидроморфного процесса лесостепи Центрально-Черноземного региона // Вестник ВГАУ. Сер. Землеустройство и кадастр. 2011. № 2. С. 151–155.
14. *Нагиев П.Ю., Гумбаталиев М.А., Гейдарова Р.М.* Динамика засоления орошаемых земель на основе аэрокосмических снимков и математическое моделирование процесса засоления почв // Сб. тр. конф. Прорывные научные исследования как двигатель науки нового времени. СПб., 2016. С. 107–111.
15. *Назаренко О.Г., Тюрина И.Г., Магомедов Х.Р.* Почвенные индикаторы гидрогенной трансформации ландшафтов прибрежной зоны Краснодарского водохранилища // Научн. журн. Рос. НИИ проблем мелиорации. 2011. № 4. С. 1–19.
16. *Назаренко О.Г.* Современные процессы развития локальных гидроморфных комплексов в степных агроландшафтах. Автореф. ... докт. биол. наук. М., 2002. 46 с.
17. *Непша А.В., Прохорова Л.А., Завьялова Т.В.* Геоэкологические проблемы орошаемых земель на юге Украины // Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. № 1–2. С. 38–43.
18. *Новикова Н.М., Конюшкова М.В., Уланова С.С.* Восстановление растительности на мелиорированных солонцовых почвах Приергенинской равнины (Республика Калмыкия) // Аридные экосистемы. 2018. № 3(76). С. 67–89.
19. *Новикова Н.М., Назаренко О.Г.* Современный гидроморфизм: процессы, формы, проявления, признаки // Аридные экосистемы. 2007. Т. 13. № 33–34. С. 70–82.
20. *Новикова А.В.* Засоленные почвы, их распространение в мире, окультурирование и вопросы экологии. Харьков, 2004. 120 с.
21. *Панкова Е.И.* Засоленные почвы России. М.: ИКЦ “Академкнига”, 2006. 854 с.
22. *Панова М.Л.* Оценка возможного влияния климатических факторов на сельское хозяйство юга Тюменской области // Вестник Тюменского гос. ун-та. 2011. № 4. С. 66–72.
23. *Перемитина Т.О., Яценко И.Г., Днепровская В.П.* Исследование и прогноз тенденций изменения климата Сибирского региона // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 4. № 2. С. 103–107.
24. *Рухович Д.И., Симакова М.С., Куляница А.Л., Брызжев А.В., Калинина Н.В., Королева П.В., Вильчевская Е.В., Долинина Е.А., Рухович С.В.* Влияние лесополос на фрагментацию овражно-балочной сети и образование мочаров // Почвоведение. 2014. № 11. С. 1043–1045.
25. *Семендяева Н.В., Коробова Л.Н., Елизаров Н.В.* Изменение свойств и биологической активности солонцов корковых Барабинской низменности при длительном действии гипса // Почвоведение. 2014. № 11. С. 1325–1331.
26. *Снытко В.А., Собисевич А.В., Шёнфельдер Т.* Вторичное засоление почв как эколого-географическая проблема // Эколого-географические проблемы регионов России. Мат-лы VIII Всерос. науч.-пр. конф. Самара, 2017. С. 225–228.
27. *Титова Т.В., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А., Рябцев А.Н., Гармашова Л.В., Рыбакова Н.П., Шеншина Н.А.* Изменение дифференциальной порозности почв Каменной Степи в условиях сезонного переувлажнения // Агрофизика. 2016. № 2. С. 3–15.
28. *Тищенко С.А., Колесников С.И., Горбов С.Н., Воронюк О.В.* Видовой состав и экологическая структура герпетобий переувлажненных ландшафтов Ростовской области // Известия Самарского науч. центра РАН. 2016. Т. 18. № 2(2). С. 511–514.
29. *Хитров Н.Б., Назаренко О.Г.* Распространение переувлажненных почв в исходно автоморфных агроландшафтах Ростовской области при ведении системы “сухого” земледелия // Деградация богарных и орошаемых черноземов под влиянием переувлажнения и их мелиорация. М., 2012. С. 125–166.
30. *Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И., Чижикова Н.П., Роговнева Л.В.* Почвы Каменной Степи, имеющие признаки слитогенеза (вертигенеза) // Бюл. Почв. ин-та. 2013. Вып. 72. С. 3–25.
31. *Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А.* Особенности формирования гидрологического режима сезонно переувлажненных почв Каменной Степи // Агрохимия. 2019. № 2. С. 60–73. <https://doi.org/10.1134/S0002188119020054>
32. *Cohen J.L., Furtado J.C., Barlow M. et al.* Asymmetric seasonal temperature trends // Geophys. Res. Lett. 2012. V. 39 P. L04705.
33. *Furquim S.A.C., Santos M.A., Vidoca T.T., Balbino M. de A., Cardoso E.L.* Salt-affected soils evolution and fluvial dynamics in the Pantanal wetland, Brazil // Geoderma. 2017. V. 286. P. 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.10.030>
34. *Juhosa K., Czirány S., Madarász B., Ladányi M.* Interpretation of soil quality indicators for land suitability assessment – A multivariate approach for Central European arable soils // Ecological Indicators. 2019. V. 99. P. 261–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.063>
35. *Kaufmann R.K., Kauppi H., Mann M.L., Stock J.H.* Reconciling anthropogenic climate change with observed temperature 1998–2008 // PNAS. 2011. V. 108. P. 11790–11793.
36. *Meng Q.F., Li D.W., Zhang J.I., Zhou L.R., Ma X.F., Wang H.Y., Wang G.C.* Soil properties and corn (*Zea mays* L.) production under manure application combined with deep tillage management in solonchic soils of songnen plain, northeast China // J. Integrative Agriculture. 2016. V. 15. № 4. P. 879–890. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61196-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61196-0)
37. *Zhang T., Zhan X., He J., Feng H., Kang Y.* Salt characteristics and soluble cations redistribution in an impermeable calcareous saline-sodic soil reclaimed with an improved drip irrigation // Agricultural Water Management. 2018. V. 197. P. 91–99.

Modern Hydromorphism of Solonetztes in the Forest-Steppe Zone of Western Siberia

N. V. Elizarov^{1, *}, V. V. Popov¹, and N. V. Semendyaeva²

¹*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090 Russia*

²*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, 630039 Russia*

**e-mail: elizarov@issa-siberia.ru*

In Western Siberia, there is an acute problem of soil salinization and alkalization owing to the rise in the level of mineralized groundwater above the critical depth. We studied modern hydromorphism of solonetztes in the forest-steppe zone of Western Siberia. The dynamics of the levels of soil and groundwater were studied in the years with different wetting and during the growing season. To identify the negative processes of soil salinization and solonetzization under the influence of groundwater, the chemical composition of the groundwater was compared with the composition of salts in the soil water extracts. Observations over the level and chemical composition of groundwater were conducted on the plots of the long-term experiment on the effects of different doses of gypsum on the properties of crusty solonetztes in Novosibirsk oblast. During the study, a sharp rise in the groundwater level took place in 2013; it led to an increase in the groundwater salinity and the amount of soluble salts in the profile of solonetz in 2015–2016. An increase in the content of hypothetical soda in the profile of the solonetz was recorded. The results of this study can be used for the purposes of soil monitoring in Western Siberia and for planning land reclamation measures upon the development of virgin land and return of abandoned fields into agricultural use.

Keywords: salinization, soil degradation, hydromorphism, groundwater, solonetztes, salt migration, sodium, alkalinity, Western Siberia, Salic Gleyic Solonetz, sodic soil