

НЕКОТОРЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ВОСТОЧНОГО БЕРЕГА ОЗЕРА БУЛУХТА (СЕВЕРНЫЙ ПРИКАСПИЙ)*

© 2015 г. Н. П. Шабанова, А. В. Колесников, А. В. Быков

Институт лесоведения РАН, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, ул. Советская, 21
e-mail: shabanova_nata@mail.ru

Поступила в редакцию 22.08.2014 г.

Изучены морфологические и химические свойства почв сопряженных по рельефу ландшафтов восточного берега соленого оз. Булухта. Почвенная катена представлена солонцами, различающимися на уровне вида, и солончаками, занимающими днище озера. На основании морфогенетического и аналитического изучения свойств почв дана оценка степени выраженности основных почвообразовательных процессов в разных позициях рельефа. Показано, что процессы гумусонакопления нарастают от элювиальных позиций к аккумулятивным, снижаясь в супераквальном ландшафте, где накопление органического вещества ограничено сильным засолением почв и темпами смыва гумусированного материала с берега. В транзитной и аккумулятивной позициях катены на фоне грунтового засоления, происходит рассоление верхних почвенных горизонтов за счет дополнительного притока влаги и перевода поверхностного стока во внутрпочвенный по зоогенным пустотам. Проведен сравнительный анализ сезонной динамики уровня, минерализации и состава грунтовых вод под почвами катены. Выявлено, что в подчиненных ландшафтах динамика уровня и минерализации грунтовых вод зависит от гидрологического режима озера, который в свою очередь определяется количеством и распределением осадков в течение сезона.

Ключевые слова: засоленные почвы, солонцы (Solonetz), катена, околотоводные ландшафты, динамика уровня и минерализации грунтовых вод, Прикаспийская низменность.

DOI: 10.7868/S0032180X15080079

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к изучению околотоводных экосистем растет в связи с их уязвимостью в условиях нарастающего антропогенного воздействия и меняющегося климата. Для ландшафтов северного Прикаспия характерно распространение соленых озер, и Булухта является типичным примером усыхающего озера в условиях аридного климата. Его прибрежные экосистемы особенно интересны в связи с их уникальностью и малой изученностью. Здесь, на самой северной границе своего ареала, еще сохраняются эндемичные сообщества тамариска рыхлого (*Tamarix laxa* Willd.). Эти сообщества являются экологическими реликтами Прикаспийской низменности и представляют псаммофитную или луговую стадии сукцессий зарастания побережий Каспия [11]. Исчезновение этих сообществ ведет к обеднению не только флористического, но и фаунистического разнообразия территории, так как они играют важную роль в качестве среды обита-

ния редких в регионе видов животных [19]. Кроме того, сохранение прибрежных кустарниковых зарослей увеличивает противозерозионную устойчивость прибрежных склонов, что особенно важно в условиях крайне динамичного водного режима оз. Булухта [6–8]. Динамичность водного режима водоема в свою очередь отражается не только на экологическом состоянии всех околотоводных экосистем, но и обуславливает специфичность условий почвообразования в прибрежных ландшафтах [21, 28]. Почвенный покров окрестностей оз. Булухта изучен в недостаточной степени, в литературе представлены единичные данные по свойствам почв, почвообразующих пород и грунтовых вод [16]. В связи с этим целью работы является изучение генетических особенностей почв сопряженных ландшафтов восточного берега оз. Булухта.

В задачи исследования входило: 1) изучить морфологические и химические свойства почв, приуроченных к разным позициям рельефа; 2) выявить основные элементарные почвообразовательные процессы (ЭПП) и оценить степень их выраженности на разных участках катены; 3) определить химический состав и минерализа-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 12-04031041 и 13-05-00808) и гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущей научной школы РФ НШ-1858.2014.4.

цию грунтовых вод и выявить их взаимосвязь с засолением почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Оз. Булухта расположено на западе заволжской части Прикаспийской низменности, территория которой относится к морской бессточной аккумулятивной равнине хвалынского возраста. Территория характеризуется сочетанием плоской поверхности с редкими сухими руслами, широкими балками и обширными депрессиями – котловинами соленых озер Булухта, Эльтон и Боткуль. Бессточная равнина лежит на высоте 20–25 м над ур. м., отметки уреза озерных котловин располагаются на высоте от +16 м (оз. Булухта) до –16 м (оз. Эльтон). Климат отличает резкая атмосферная засушливость и безводность. Испаряемость доходит до 1000 мм, тогда как среднегодовое количество осадков не превышает 300 мм [12].

Оз. Булухта имеет остаточное-эрозионное происхождение [16]. Его береговая линия неглубоко расчленена балками, местами осложнена суффозионно-карстовыми явлениями. При небольшой глубине озеро имеет обширный водосбор. Водой озеро заполняется преимущественно после весеннего снеготаяния, но к началу лета большая часть дна озера высыхает и представляет собой мокрый солончак, лишь в небольшой части с водой. Максимальный уровень воды в озере достигается не каждый год и зависит от обилия зимних осадков и условий весеннего снеготаяния. Во время снеготаяния вода озера сильно опресняется [25].

Гидрохимический режим озера подвержен сильным изменениям. Соленость воды колеблется от 19 до 200‰. При этом основным компонентом состава устойчиво остается NaCl (от 51% осенью до 56% в начале лета). Вторым компонентом состава является Na₂SO₄ (24.1–38.1%). Заметную долю в минеральном растворе озерных вод составляют также MgSO₄ (до 18.6% в летний период) и CaSO₄ (до 7.2% весной) [25].

Береговая линия озера на картах обозначается горизонталью 16.7 м. Современная первая терраса (18.5 м) заканчивается береговым обрывом высотой от 0.5 до 1.8 м. На большей части побережья береговой обрыв вплотную подходит к зеркалу озера и в периоды заполнения акватории размывается прибоем.

В ботанико-географическом отношении оз. Булухта и прилегающие к нему территории находятся на границе ксерофитно-полукустарничковых Северотуранских (Прикаспийских) пустынь с преобладанием галофитных видов, таких как кокпек (*Atriplex cana* С.А. Мей), кермек кустарничковый (*Limonium suffruticosum* (L.) O. Kuntze), обиона (*Halimione verrucifera* (Bieb.) Aellen), сарсазан (*Halocnemum strobilaceum* (Pall.) Bieb.) и полукустар-

ничково-дерновинно-злаковых опустыненных степей Евразийской степной области [28].

Материал собрали в 2012–2013 гг. Объектами исследования были сопряженные по рельефу почвы восточного берега оз. Булухта. Почвенную катену закладывали в пределах абразионного типа берега с хорошо выраженным береговым уступом на пологом склоне, тянущемся от поверхности второй террасы до днища озера. Протяженность катены составляла 280 м, перепад высот – 4 м, высота берегового уступа – 1 м.

На каждом участке почвенной катены в соответствии с изменением растительности и рельефа закладывали почвенные разрезы (рисунок), в которых детально изучали морфологию и строение, а также отбирали образцы по генетическим горизонтам. В отобранных образцах определяли содержание органического вещества, карбонатов, гипса, величину рН водной вытяжки (1 : 2.5), состав обменных катионов и водной вытяжки (1 : 5). Рядом с разрезами бурили скважины до грунтовых вод. В течение двух сезонов в скважинах измеряли уровень, общую минерализацию и состав грунтовых вод.

Анализ грунтовых вод и водной вытяжки из образцов почв выполняли общепринятыми методами [9], но концентрацию иона SO₄²⁻ в водных вытяжках определяли по методу Комаровского [10]. Содержание Na⁺ в водной вытяжке рассчитывали по разности между суммой анионов и суммой (Ca²⁺ + Mg²⁺). Обменные катионы определяли по методу Пфедфера в модификации Молодцова и Игнатовой [9]. Карбонаты исследовали алкалометрическим методом по Ф.И. Козловскому; общее содержание сульфат-ионов – гравиметрическим методом согласно способу, предложенному Хитровым [23], содержание органического вещества – титриметрическим методом по И.В. Тюрину. Засоленность оценивали согласно критериям, приведенным в монографии [13]. При оценке классификационного положения изученных почв и индексации генетических горизонтов использовали “Полевой определитель почв России” [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее повышенные элювиальные позиции катены (поверхность второй террасы озера) занимают солонцы светлые солончаковые (разр. 1-1) под злаково-прутняково-ромашниково-полынными сообществами. Транзитные позиции (пологий склон второй террасы) занимают солонцы светлые солончаковатые (разр. 1-2) под злаково-полынными сообществами с участием обионы и кермека широколистного и солонцы светлогумусовые среднемощные глубокосолончаковатые (разр. 1-3) под пятнами злаковых сообществ с участием полыней. В аккумулятивной позиции (первая терраса) под разнотравно-гало-

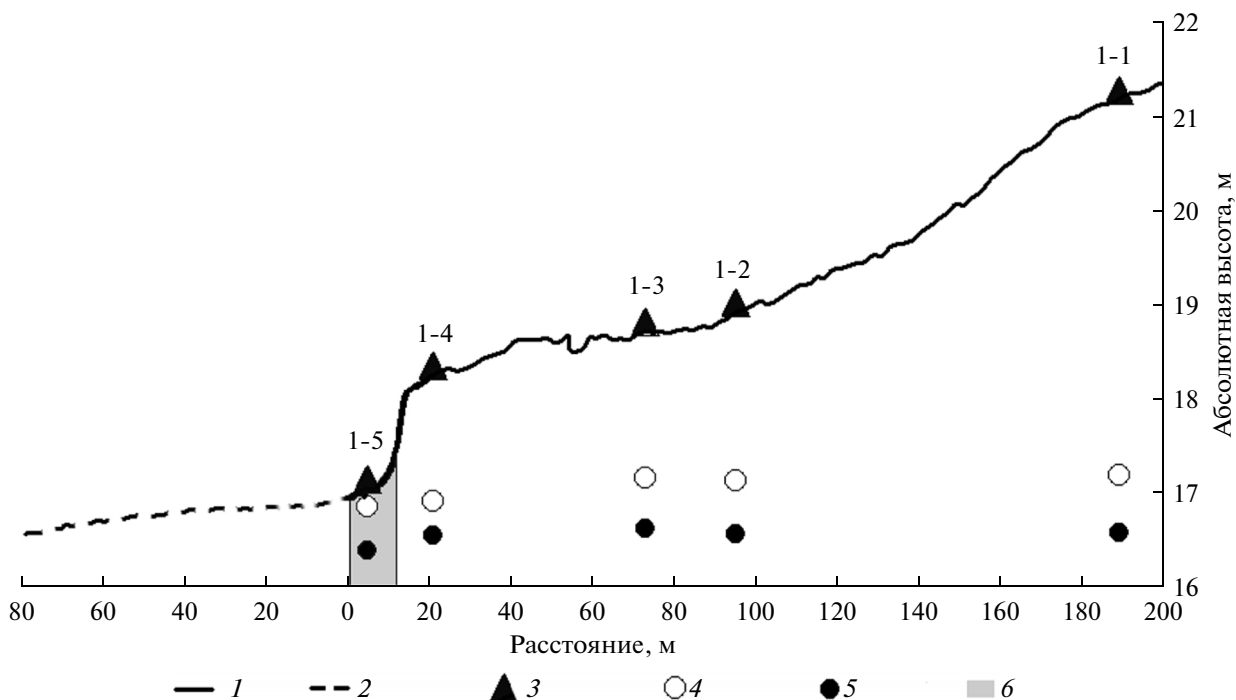


Схема расположения почв по катене. Условные обозначения: 1 – рельеф поверхности; 2 – рельеф прибрежной части дна озера; 3 – скважины, разрезы; уровень грунтовых вод: 4 – весной 2012 г., 5 – осенью 2012 г., 6 – зона произрастания тамарикса.

фитнополукустарничковыми сообществами с участием сарсазана развиваются солонцы светлогумусовые маломощные солончаковые квазиглееватые (разр. 1-4). Сразу под берегом в супераквальной позиции (днище озера) под зарослями тамариска (*Tamarix laxa* Willd) формируются солончаки глеевые гумусово-стратифицированные (разр. 1-5). В стороне от заложенной катены в нижней части склона второй террасы и, особенно, на первой террасе распространены глубокие западины до 70 см глубиной, достигающие до 10 м в диаметре. В данной статье почвы западин не рассматриваются.

Ниже приведены морфологические описания изученных почв.

Разр. 1-1. Солонец светлый мелкий солончаковый. Calcic Solonetz (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Protosalic). Грунтовые воды на глубине 4.02 м. Верхняя граница вскипания с 26 см. Глубина бурного сплошного вскипания с 35 см.

SEL, 0–8(10) см. Сухой, светло-серый с палевым оттенком, сверху комковато-плитчатый, ниже сыпучий, порошистый, рыхлый, легкий суглинок, много тонких корешков, редкие корни больше 1 мм 2–3 шт./дм², переход резкий по цвету, плотности, граница волнистая.

BSN, 8(10)–23 см. Свежий, буровато-коричневый (шоколадный), светлеет при высыхании, крупнопризматический, распадается на более мелкие призмы по горизонтали и вертикали (вы-

сота агрегатов 3–5 см), педы покрыты глянцевыми кутанами, мелкопористый, плотный, средне-суглинистый, агрегаты пронизаны многочисленными мелкими корешками менее 1 мм. Переход заметный по цвету, плотности, структуре, граница волнистая.

BSNdc, 23–32 см. Влажноватый, коричнево-бурый, светлее вышележащего, призматический, к низу структура становится хуже, уплотнен, среднесуглинистый, чувствуются песчаные частички, мелкие корешки, в нижней части начинает слабо вскипать (вскипает бурый материал), переход резкий по появлению большого количества морфологически выраженных белых выцветов солей.

BCAs, 32–55 см. Влажноватый, желтовато-бурый, при высыхании светлеет, в верхней части пестрый от обилия солей, карбонаты в виде пропиточных пятен диаметром 5 мм белесовато-желтого цвета, менее плотный, непрочноглыбистая структура, опесчаненный средний суглинок, единично корни, переход постепенный по цвету.

BCs, 55–80 см. Влажноватый, буровато-желтый, снежно-белые прожилки солей преимущественно вертикальной направленности скапливаются в гнезда диаметром 3–5 см, опесчаненный средний суглинок, переход заметный по гранулометрическому составу, цвету, уменьшению солей, граница ровная.

Cs, 80–100 см. Свежий, желтовато-палевый тонкозернистый песок, комковатый, слабоуплот-

ненный, в нижней части тонкие белые прожилки гипса, меньше чем в вышележащем горизонте, корней нет.

Глубже вскрыты слоистые озерно-аллювиальные отложения разного гранулометрического состава.

Разр. 1-2. Солонец светлый мелкий солончатый. Calcic Solonetz (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Protosalic). Верхняя граница вскипания с 26–28 см. Грунтовые воды на глубине 1.81 м.

SEL, 0–10 см. Сухой, светло-серый, комковато-порошистый, в нижней части плитчатый, легкосуглинистый к среднесуглинистому, слабоуплотнен, пронизан мелкими корешками, довольно много, переход резкий по цвету, плотности, граница неровная.

BSN, 10–26(29) см. Свежий, темно-коричневый в нижней части с буроватостью, столбчатый с белесыми головками, распадается на призмы по горизонтали, среднесуглинистый, плотный, по граням педов темно-коричневые глянцевые пленки, педы пронизаны мелкими корнями, в нижней части начинает вскипать, граница неровная, переход ясный по цвету.

BCAs, 29–50 см. Влажноватый, коричневатобурый, призмочно-глыбистый, тяжелосуглинистый, уплотненный, в верхней части тонкие ниточки, прожилки солей белого цвета диаметром менее 1 мм, преимущественно вертикального направления, корней мало, переход постепенный по цвету.

BCs, 50–75 см. Влажноватый, бурый, непрочно-глыбистый, тяжелосуглинистый, уплотненный, на 60 см единично обломки ракушек, с 70 см появляются снежно-белые прожилки мелкокристаллического гипса 3–4 шт./дм².

Разр. 1-3. Солонец светлогумусовый среднемогучный глубокосолончатый. Calcic Solonetz (Loamic, Cutanic, Differentic, Bathyprotosalic). Грунтовые воды на глубине 1.57 м. Верхняя граница вскипания с 43 см. Рядом с разрезом отмечены норные отверстия общественной полевки, в самом разрезе на боковой стенке вскрыта гнездовая камера.

AJ, 0–20 см. В верхней части под куртинами злаков фрагментарно выражена дернина, сухой, светло-серый, крупноореховатый с порошистостью, уплотненный, к низу становится плотнее, легкосуглинистый, пронизан многочисленными тонкими корешками, пор мало, переход ясный по плотности, граница ровная.

SEL, 20–27 см. Сухой, светло-серый, темнее вышележащего, очень плотный, крупноореховатый, легкосуглинистый, пронизан немногочисленными корнями, граница ровная, переход ясный по цвету.

BSN, 27–43 см. Свежий, серовато-темно-коричневый, среднесуглинистый, призматическая

структура распадается до мелких орешков, педы очень плотные, по граням глинисто-гумусовые пленки, педы оплетены тонкими корешками, на левой боковой стенке на глубине 32–40 см гнездовая камера общественной полевки, заполненная растительными остатками, переход ясный по цвету, вскипанию граница ровная.

BCAs, 43–80 см. Влажноватый, коричневатобурый к низу светлеет, уплотненный, среднесуглинистый в нижней части тяжелосуглинистый, крупнокомковатый, непрочный, на глубине 50 см появляются скопления солей в виде прожилок белого цвета, слабо выраженная карбонатная пропитка в виде неправильной формы желтовато-белесых пятен диаметром 5–8 мм, в нижней части мелкокристаллический гипс в виде прожилок диаметром 1 мм и округлой формы скоплений пятен диаметром 3–5 мм (15–20 шт./дм²), корней мало.

Разр. 1-4. Солонец светлогумусовый маломощный квазиглееватый солончатый. Calcic Solonetz (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Protosalic). Грунтовые воды залегают на глубине 1.34 м. Верхняя граница вскипания с 20 см, бурное вскипание с 26 см. Здесь наблюдается максимальная активность роющей деятельности общественной полевки. Поверхность первой террасы практически полностью изрыта их норными отверстиями.

AJ, 0–7 см. Сухой, серый, комковато-чешуйчатый с порошистостью, рыхлый, легкосуглинистый, густо пронизан корнями, переход резкий по цвету, плотности и структуре, граница ровная.

SEL, 7–12(13) см. Сухой, белесовато-серый, комковато-плитчатый, плотный, среднесуглинистый, пористый, довольно много корней, переход заметный по уменьшению белесоватости и укрупнению структурных отдельностей.

BSNq, 12(13)–23 см. Свежий, коричнево-сизоватый (кофейный), столбчатый, столбы высотой 10 см, распадается на более мелкие призмы, по граням глинисто-гумусовые кутаны темно-коричневого цвета, плотный, среднесуглинистый, пронизан корнями, переход ясный по плотности, цвету.

BM_{s,q}, 23–40 см. Свежий, неоднородный по окраске, на сизовато-сером фоне обилие солевых новообразований в виде белых пятен, стяжений, преимущественно вертикально ориентированных по ходам корней, непрочный, ореховато-комковатый, уплотненный, средний к тяжелому суглинок, в небольшом количестве буроватые пятна зоогенного происхождения диаметром 3 см, количество которых к низу увеличивается. Переход заметный по цвету, граница неровная.

BC_{s,q}, 40–50 см. Свежий, неоднородно окрашенный, на буром фоне сизовато-серые округлые кротовины диаметром 9 см, менее плотный, уплощенно-глыбистый, средний к тяжелому суглинок, солевые новообразования в большом количестве в виде округлых конкреций, но их меньше, чем в вы-

шележащем горизонте, встречается ракушки, переход заметный по цвету, граница неровная.

Cs, 50–68 см. Влажноватый, желтовато-бурый, легкосуглинистый, мягкий, выламывается непрочными глыбками, распадается на мелкие комки, бурно вскипает от HCl, единичные корни, солевые новообразования в виде прожилок, неправильной формы скоплений и единичной сферической формы белоглазки диаметром 4 мм.

Разр. 1-5. Солончак глеевый гумусово-стратифицированный. Calcic Gypsic Gleyic Solonchak (Loamic, Chloridic, Novic). Грунтовые воды с 0.19 м. Вскипание с поверхности.

RJs, 0–6(9) см. Сырой, коричневато-бурый, мелкокомковатый, мягкий, пластичный со слабыми признаками горизонтальной делимости, тяжелый суглинок, единичные корни диаметром до 1 мм, округлые поры 5–8 шт./см², обломки раковин, граница волнистая, переход заметный по цвету.

Gox,s, 9–19 см. Сырой, светло-палевый, глыбисто-ореховатый, тяжелый суглинок, мягкий, пластичный, осколки раковин, скопления солей синевато-белого цвета, мелкокристаллические, мягкие, неправильной формы, размером 5 × 5 мм, железисто-марганцевые конкреции коричневато-черные неправильной округлой формы диаметром 2–5 мм 10–15 шт./дм², корни тамариска диаметром до 10 мм 5–10 шт./дм², по ходам корней ржавые железистые пятна, граница ровная, переход заметный по цвету.

Gs, 19–37 см. Мокрый, белесовато-сизый в верхней части с ржаво-бурыми прослоями, средний суглинок к легкому, крупнокомковатый, мягкий, пластичный, пронизан корнями тамариска диаметром до 1 мм 20–30 шт./дм². Поры округлые диаметром 0.5–1 мм 4–6 шт./см², по граням структурных отделеностей ржавые пятна, скопления солей, по ходам отмерших корней сочится вода, раковин нет.

Солонцы верхней части катены (разр. 1-1 и 1-2) характеризуются стандартным набором генетических горизонтов и отличаются хорошо выраженным столбчатым солонцовым горизонтом. В разр. 1-3 наблюдаются некоторые отличия: профиль почвы характеризуется повышенной плотностью, солонцовый горизонт вместо столбчатой структуры имеет призматическую, распадающуюся до мелких орешков, граница появления солевых новообразований и вскипания понижена, на поверхности сформирован светло-гумусовый гор. AJ мощностью 20 см. Отмеченные морфологические признаки связываем с совместным воздействием землероев и растительности. На пороях грызунов активно разрастается злаковая растительность. Под ее сравнительно более густым и высоким растительным покровом накапливается больше атмосферной влаги, чем под

низкорослым разреженным растительным покровом солонцов повышенных позиций. Кроме того, в транзитных по сравнению с элювиальными позициях лучше условия увлажнения, что ведет к промывке солей, существенному уплотнению горизонтов и разрушению солонцового горизонта с потерей столбчатой структуры. Подобные изменения в почвах на перерытых участках не раз отмечались в литературе [1, 4, 5, 14, 17, 26, 27]. Формирование гумусового горизонта обусловлено развитием более богатой злаковой растительности.

Профиль солонца на первой террасе (разр. 1-4) отличается небольшой мощностью, наличием хорошо выраженного гумусового горизонта серого цвета, многочисленными следами зоогенной деятельности (кротовины, ходы и камеры беспозвоночных). Близость грунтовых вод на первой террасе обуславливает высокое расположение солей и наличие признаков гидроморфизма в виде стальных оттенков в окраске горизонтов: гумусовый горизонт приобретает более темную окраску, солонцовый горизонт имеет коричневато-сизый цвет.

Формирование гумусовых горизонтов в разр. 1-3 и 1-4 связано с лучшими условиями увлажнения в подчиненных позициях рельефа. Улучшение влагообеспеченности почв также обусловлено наличием нор мелких грызунов, по ходам которых идет активное промачивание почвенного профиля [7]. Кроме того, грызуны активно приносят органическое вещество в профиль почвы в виде пищевых запасов, подстилок, экскрементов и др., что также вносит вклад в формирование гумусового вещества почвы [2, 26, 27].

Солончак, расположенный в днище озера (разр. 1-5), характеризуется интенсивным оглеением, многочисленными скоплениями легкорастворимых солей, гипса, железисто-марганцевых конкреций и наличием на поверхности гумусового горизонта серовато-бурого цвета небольшой мощности, сформировавшегося в результате размыва берегового уступа и сноса гумусированного материала с первой террасы. На этих наносах, образующихся в прибрежной части дна озера, в настоящее время произрастают тамарисковые сообщества.

Химические свойства. В табл. 1 приведены данные по составу и содержанию солей в изученных почвах катены. По данным химического анализа в солонце элювиальной позиции (разр. 1-1) поверхностный солонцово-элювиальный гор. SEL не засолен, первый солонцовый гор. BSN (10–20 см) характеризуется слабой степенью засоления и сульфатно-натриевым составом солей. Второй солонцовый гор. BSNdc (20–30 см) имеет сульфатно-хлоридно-натриевое засоление, в нем количество токсичных солей увеличивается до 0.52%. Максимальное количество солей (0.74%) наблюдается в подсолонцовых горизонтах, степень засоления в них возрастает до очень сильной, а состав солей меняется на хлоридно-

Таблица 1. Состав водной вытяжки (1 : 5) в почвах каены восточного берега оз. Булухта

Горизонт	Глубина, см	смоль(экв)/кг							Сумма		Химизм засоления	Степень засоления
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	солей	токсичных солей %		
Солонец светлый мелкий солончаковый (разр. 1-1)												
SEL	2-10	0	0.3	0.62	4.3	1	0.8	3.4	0.36	0.15	Не засолен	Не засолен
BSN	12-20	0	0.1	2.18	4.9	0.8	0.5	5.9	0.48	0.24	Сульфатно-натриевый	Слабая
BSNdc	20-30	0.2	0.3	6.24	6.1	1.3	2.1	9.5	0.81	0.52	Сульфатно-хлоридно-натриевый	Средняя
BCAs	35-50	0.9	0	10.19	10.4	9.6	11.8	0.1	1.21	0.74	Хлоридно-магнийевый с участием гипса	Очень сильная
BCs	60-80	0	0.5	10.71	9.0	5.5	10.9	3.8	1.17	0.74	Хлоридно-магнийевый с участием гипса	»
Cs	80-100	0.2	0.2	5.62	5.9	3.9	4.9	3.0	0.71	0.42	Хлоридно-натриево-магнийевый	Сильная
Солонец светлый мелкий солончаковый (разр. 1-2)												
SEL	0-10	0	0	0.62	0.4	0.6	0.3	0.12	0.06	0.03	Не засолен	Не засолен
BSN	10-25	0	0	1.87	0.3	1.6	0.5	0.07	0.12	0.07	Хлоридно-кальциевое	Слабая
BCAs	30-50	0.15	0.5	14.04	10.4	14.0	7.8	3.3	1.48	0.67	Хлоридно-магнийевое с участием гипса	Сильная
BCs	50-75	0.05	0.5	16.85	5.5	8.3	6.5	8.0	1.32	0.86	»	Очень сильная
Солонец светлогумусовый среднемошный мелкоосолончаковый (разр. 1-3)												
AJ	0-20	0	0.6	0.73	0.3	0.8	0.5	0.3	0.103	0.04	Не засолен	Не засолен
SEL	20-27	0	0.2	0.94	0.8	1.6	1.3	0	0.13	0.05	»	»
BSN	27-43	0.2	0.1	0.73	0.8	1.5	0.3	0.03	0.108	0.03	»	»
BCAs	43-80	0	0.5	2.7	9.5	7.4	5.2	0.1	0.782	0.16	Хлоридно-магнийевое с участием гипса	Средняя
Солонец светлогумусовый маломощный солончаковый квазилгееватый (разр. 1-4)												
AJ	0-7	0	0.1	0.21	0.5	0.4	0.4	0.01	0.04	0.02	Не засолен	Не засолен
SEL/BSN	7-23	0	0	2.6	1.0	1.3	1.0	1.3	0.21	0.14	Хлоридно-магнийевое-натриевый	Средняя
BM _{s,q}	23-28	0.1	0.2	10.3	1.7	2.9	0.3	9.2	0.73	0.58	Хлоридно-натриевый	Сильная
BM _{s,q} /BC _{s,q}	28-50	0	0.9	22.57	8.1	16.1	8.3	7.17	1.83	1.06	Хлоридно-натриево-магнийевый с участием гипса	Очень сильная
Cs	50-68	0	0.5	30.58	11.7	16.6	11.4	14.78	2.49	1.56	Хлоридно-магнийевое-натриевый с участием гипса	»
Солончак глеевый гумусово-стратифицированный (разр. 1-5)												
RJs	0-9	0.1	1.0	40.77	8.6	13.3	14.8	22.37	2.88	2.14	Хлоридно-натриевый с участием гипса	Очень сильная
Gox _s	9-19	0.1	0.3	12.38	8.7	13.0	3.6	4.88	1.29	0.59	»	Сильная
Gs	19-37	0	0.6	22.98	10.8	16.4	11.4	6.58	1.99	1.10	Хлоридно-магнийевый с участием гипса	Очень сильная

Таблица 2. Содержание карбонатов, гипса, органического вещества, обменных оснований и значения рН в почвах восточного берега оз. Булухта

Горизонт	Глубина, см	рН водный	С орг	CaCO ₃	Гипс	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Σ	Обменный Na, %
Солонец светлый мелкий солончаковатый (разр. 1-1)											
SEL	2–10	7.37	0.80	Не опр.		5.63	2.67	1	0.49	9.79	10
BSN	12–20	8.57	1.05	»		6.82	8.77	10.62	0.31	26.52	40
BSNdc	20–30	8.68	0.91	»		6.83	2.48	10.09	0.73	20.13	50
BCAs	35–50	8.91	0.30	13.17	5.00	Не опр.					
BCs	60–80	8.91	Не опр.	17.66	1.43	»					
Cs	80–100	8.98	»	7.40	Не опр.	»					
Солонец светлый мелкий солончаковый (разр. 1-2)											
SEL	0–10	8.29	1.05	Не опр.		4.65	8.37	9.24	0.36	22.62	41
BSN	10–25	9.21	1.04	»		6.22	6.43	11.26	0.56	24.47	46
BCAs	30–50	8.75	0.32	»	7.1	Не опр.					
BCs	50–75	8.63	Не опр.	»	1.38	»					
Солонец светлогумусовый среднемошный (разр. 1-3)											
AJ	0–20	7.61	1.62	Не опр.		7.4	3.24	0.55	1.31	12.5	4
SEL	20–27	8.4	0.99	»		7.17	3.13	1.77	0.73	12.8	14
BSN	27–43	8.83	1.01	»		10.39	6.43	5.21	0.75	22.78	23
BCAs	43–80	8.29	0.31	»	3.84	Не опр.					
Солонец светлогумусовый маломошный солончаковый квазиглееватый (разр. 1-4)											
AJ	0–7	7.77	5.69	Не опр.		9.42	4.87	2.1	2.27	18.66	11
SEL/BSN	7–23	9.03	1.93	»		6.73	5.15	7.79	1.36	21.03	37
BMs,q	23–28	8.68	Не опр.	4.59	»	5.1	1.83	1.93	0.62	9.48	20
BMs,q/BCs,q	28–50	8.54	»	10.78	4.41	Не опр.					
Cs	50–68	8.58	»	18.39	11.6	»					
Солончак глеевый гумусово-стратифицированный (разр. 1-5)											
RJs	0–9	8.03	1.19	13.78	1.25	Не опр.					
Gs,ox	9–19	8.24	0.29	14.78	7.60	»					
Gs	19–37	8.27	0.17	11.58	Не опр.	»					

магниевого с участием гипса. В почвообразующей породе, характеризующейся песчаным составом, количество токсичных солей уменьшается до 0.43%, а в составе катионов наряду с магнием преобладает натрий. Максимальная аккумуляция карбонатов и гипса происходит в подсолонцовых горизонтах, содержание карбонатов в гор. BCAs и BCs соответственно составляет 13.2 и 17.6% от массы почвы, содержание гипса 5 и 1.43% (табл. 2). В почвообразующей породе содержание карбонатов и гипса меньше.

В солонце светлом мелком солончаковатом (разр. 1-2), расположенном в транзитной позиции, верхний солонцово-элювиальный горизонт также не засолен. Солонцовый горизонт характеризуется слабой степенью засоления и хлоридно-кальциевым составом солей, причем содержание солей в нем в 3–4 раза меньше, чем в солонце на второй террасе. Подсолонцовые горизонты характеризуются сильным хлоридно-магниево-засолением с участием гипса. Хотя общее содержание солей в этих горизонтах выше, чем в разр. 1-1, содержание токсичных солей в гор. BCAs (30–50 см) меньше. Общая сумма солей в этих горизонтах больше за счет растворенных в водной вытяжке сульфатов

кальция, которые не являются токсичными. Содержание гипса в гор. BCAs и BCs составляет 7.1 и 1.38% соответственно. Меньшее содержание солей в верхних горизонтах почвы разр. 1-2 обусловлено лучшими условиями увлажнения в транзитных позициях рельефа.

Среди сравниваемых почв наиболее промыт от солей солонец светлогумусовый среднемошный (разр. 1-3) транзитной позиции, сформированный под пятном злакового сообщества. Верхние 43 см солонца не засолены. Соли появляются в подсолонцовом гор. BCAs и характеризуются хлоридно-магниево-засолением с участием гипса. Содержание токсичных солей в этом горизонте невысокое и составляет 0.16%, что соответствует средней степени засоления. Содержание гипса в гор. BCAs равно 3.84%. Промытость профиля почвы обусловлена подчиненным положением в рельефе и дополнительным поступлением влаги по ходам грызунов.

На первой террасе в разр. 1-4 верхний гумусовый гор. AJ (0–7 см) не засолен. Солонцовый горизонт характеризуется средней степенью засоления и хлоридно-натриевым составом солей. Ниже в гор. BCs (28–50 см) количество токсич-

ных солей резко увеличивается до 1%, что соответствует очень сильной степени засоления. Содержание карбонатов в этом горизонте составляет 10.78%, гипса 4.41%. Максимальная аккумуляция легкорастворимых солей, карбонатов и гипса содержится в гор. Cs, содержание токсичных солей в этом горизонте составляет 1.56%, содержание карбонатов и гипса 18.39 и 11.6% соответственно.

Среди почв катены наиболее засоленными являются почвы суперкальвных ландшафтов — солончаки глеевые гумусово-стратифицированные, характеризующиеся сильным хлоридно-натриевым засолением с поверхности. Сумма токсичных солей в верхнем гор. RJs достигает 2.1%, ниже в гор. Gox,s наблюдается уменьшение содержания токсичных солей до 0.6%. В следующем гор. Gs происходит смена химизма засоления на хлоридно-магниевое и увеличение количества токсичных солей до 1.1%. Содержание гипса высокое по всему профилю и колеблется в пределах 11–13%. Содержание карбонатов невысокое в гор. RJs (1.2%), возрастает в гор. Gox,s до 7.6%. Высокая степень засоления обусловлена близким залеганием сильноминерализованных грунтовых вод. Согласно критериям оценки почв по гипсоносности и карбонатности, исследуемые солонцы по глубине залегания верхней границы гипсового горизонта относятся к высокогипсовым, а по содержанию карбонатов к среднекарбонатным.

Таким образом, для солонца элювиальной позиции характерно преобладание сульфатно-натриевого засоления в верхней части профиля, сменяющегося в подсолонцовых горизонтах на хлоридно-магниевое. Сульфатно-натриевое засоление, как известно [24], является признаком континентального типа соленакопления, характерного для лугово-степных комплексов плакорных территорий с глубокими грунтовыми водами сульфатно-натриевого состава (территория Джаныбекского стационара ИЛАН РАН). Здесь же формирование сульфатно-натриевого засоления, вероятно, обусловлено литологической неоднородностью почвообразующих пород, препятствующей свободному подтоку пленочно-капиллярной влаги от грунтовых вод. В верхних горизонтах солонца в результате взаимодействия атмосферных осадков и исходных остаточных почвенно-грунтовых растворов происходит изменение химизма засоления. Однако из-за небольшой глубины промачивания и плотности солонцового горизонта процесс не проникает глубже этого горизонта. Такая своеобразная смена химизма засоления в неоднородных по литологическому составу отложениях отмечалась ранее для почв второй террасы сора Хаки [26]. В почвах подчиненных позиций с более близкими грунтовыми водами засоление относится к приморскому типу соленакопления с преобладанием в составе солей хлоридов.

Содержание и распределение органического вещества в почвах изучаемой катены неодинаково.

В солонце элювиальной позиции максимум органического вещества (1%) содержится в солонцовом горизонте, что является характерным для солонцов лугово-степных комплексов, переживающих стадию не вполне установившегося рассоления и осолодения [3], в подсолонцовых горизонтах его содержание резко уменьшается до 0.3%. В солонцах, расположенных в транзитных позициях (разр. 1-2 и 1-3), максимум органического вещества содержится в верхних горизонтах и составляет 1 и 1.6% соответственно. Повышенное по сравнению с солонцами элювиальных позиций содержание органического вещества, обусловлено лучшей влагообеспеченностью растительности и, следовательно, дополнительным поступлением в почву растительного опада. Кроме того, в разр. 1-3 повышенное содержание органического вещества связано с более богатой злаковой растительностью. Наибольшее количество органического вещества содержится в солонце аккумулятивной позиции, в верхних 7 см которого оно достигает 5%. Солончак, расположенный в днище озера, характеризуется повышенным содержанием гумуса в гор. RJs (1.2%), ниже его содержание резко уменьшается до 0.3%. Повышенное содержание органического вещества связано с его поступлением с первой террасы в результате эрозии.

Таким образом, содержание органического вещества увеличивается от элювиальных ландшафтов к аккумулятивным, снижаясь в суперкальвном ландшафте, где процессы гумусонакопления ограничены высоким засолением почв, скоростью поступления органического вещества с первой террасы в результате эрозии, а также периодичностью заполнения тальми или дождевыми водами акватории озера.

Для изученных почв характерна щелочная реакция, изменяющаяся от слабощелочной (7.4–7.8) в надсолонцовых и гумусовых горизонтах до щелочной и сильнощелочной (8.6–9.2) в солонцовых и подсолонцовых горизонтах.

Эффективная емкость катионного обмена в верхних горизонтах солонцов исследованной катены составляет 9.48–26.52 смоль(экв)/кг, что соотносится с данными, полученными для солонцов Северного Прикаспия на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН [18] и Ергенинской возвышенности [20]. По содержанию обменного натрия исследованные солонцы относятся к многонатриевым. Исключение составляет солонец, формирующийся под злаковой растительностью (разр. 1-3), который относится к средненатриевым. Максимальные значения ЕКО наблюдаются в солонцовых горизонтах, содержащих наибольшее количество илистого материала, а также богатого обменными позициями органического вещества. Профили почв дифференцированы и по содержанию обменного натрия — его значение максимально в солонцовых горизонтах. Абсолютные величины содержания

Таблица 3. Основные ЭПП в почвах элементарных ландшафтов

Элементарный почвенный процесс	Элювиальный (разр. 1-1)	Транзитный (разр. 1-2)	Транзитный (разр. 1-3)	Аккумулятивный (разр. 1-4)	Супераквальный (разр. 1-5)
Накопление органического вещества	+	++	+++	++++	++
Засоление	++	++	+	+++	++++
Рассоление	+	++	+++	+	Нет
Осолонцевание	+++	+++	+	++	Нет
Рассолонцевание	Нет	Нет	++	+	Нет
Оглеение	Нет	Нет	Нет	+	+++
Аккумуляция карбонатов	++	++	+	+++	++++
Аккумуляция гипса	++	++	+	+++	++++

Примечание. Количество знаков (+) указывает на интенсивность ЭПП.

обменного натрия в солонцах близки к таковым на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН [18].

Выявленные отличия в морфологических и химических показателях почв можно считать следствием различий протекающих в них ЭПП (табл. 3). На фоне общего сходства происходят современные процессы дифференциации почв. В подчиненных позициях за счет лучшего увлажнения верхние горизонты почв рассоляются на несколько большую глубину по сравнению с солонцами элювиальных позиций. В местах зоогенной деятельности процесс рассоления и рассолонцевания почв усиливается, что отражается в морфологических свойствах и меньшем содержании обменного натрия. В аккумулятивной позиции при более высоком залегании грунтовых вод процесс зоогенной мелиорации не проникает на большую глубину. В днище озера при активном засолении почв происходит накопление органического вещества вследствие процессов эрозии.

Динамика уровня, состава и минерализации грунтовых вод. Химический состав грунтовых вод под всеми исследованными почвами сходен и характеризуется преобладанием в составе солей хлоридов натрия (табл. 4). По степени минерализации грунтовые воды относятся к сильноминерализованным [15], приближаясь к рассолам в супераквальных ландшафтах. По направлению к озеру наблюдается уменьшение глубины залегания грунтовых вод и увеличение минерализации. В исследуемых почвах прослеживается тесная связь с грунтовыми водами. Химизм засоления почв совпадает с химизмом грунтовых вод. При этом при приближении к озеру в почвах, как и в грунтовых водах, в составе солей возрастает концентрация хлоридов и ионов натрия (табл. 3, 4).

Сезонные наблюдения за составом, уровнем и минерализацией грунтовых вод показали их высокую динамику в течение сезона. В элювиальной и транзитных позициях рельефа уровень грунтовых вод (УГВ) снижается от весны к осени на 0.4–0.5 м, минерализация при этом повышается в свя-

зи с расходом воды на вегетацию и физическое испарение.

В аккумулятивной и супераквальной позициях динамика уровня и минерализации грунтовых вод противоположна. При повышении УГВ, наблюдается повышение их минерализации, а при падении УГВ происходит уменьшение минерализации.

Наиболее высокие уровень и минерализация грунтовых вод в этих ландшафтах наблюдаются весной при максимальной акватории озера, когда вода подходит почти к самому берегу (табл. 4). К осени, когда большая часть дна озера обсыхает, уровень и минерализация грунтовых вод в этих ландшафтах существенно уменьшается. Падение уровня и минерализации грунтовых вод, вероятно, связано с оттоком минерализованных растворов из озера вследствие его интенсивного усыхания в течение лета. Уменьшение минерализации грунтовых вод происходит преимущественно за счет снижения концентрации хлоридов, натрия и магния. Наблюдения 2013 г. показали, что минимальные значения уровня и минерализации грунтовых вод в этих ландшафтах наблюдались в конце июня. Осенью уровень и минерализация грунтовых вод вновь немного увеличились, но не превысили весенних значений. Август и сентябрь 2013 г. были дождливыми, и озеро вновь наполнилось водой. Очевидно, за счет этого произошел осенний подъем уровня и минерализации грунтовых вод в аккумулятивном и супераквальном ландшафтах. Связь грунтовых вод с минерализованными растворами из озера подтверждается составом ионов, содержание которых в грунтовых водах подвержено наибольшим изменениям в течение сезона, и преобладанием этих ионов в химическом составе озерной воды.

Таким образом, в аккумулятивном и супераквальном ландшафтах динамика уровня и минерализация грунтовых вод зависят от гидрологического режима озера, который в свою очередь определяется количеством осадков и их распределением в течение сезона.

Таблица 4. Уровень, состав и минерализация грунтовых вод под почвами катены в 2012–2013 гг.

Дата отбора	УГВ, м	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Минерализация, г/л	
		ммоль(экв)/л								
Солонец светлый мелкий солончаковый (разр. 1-1)										
07.05.2012	4.02	0.9	20	267.8	11.25	—	—	153	—	
03.10.2012	4.5	1	5.6	235.8	66	36.5	92.5	179.4	17.88	
29.04.2013	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	
27.06.2013	4.5	0.8	4.8	231.6	9	31	97	118	13.47	
23.09.2013	4.76	1	4.8	233.2	71	47	71	193	18.22	
Солонец светлый мелкий солончаковатый (разр. 1-2)										
07.05.2012	1.81	0	9	273.5	51.88	49.38	95.6	189.4	19.24	
03.10.2012	2.38	3	6.6	294.8	26	24	117.5	188.9	18.44	
29.04.2013	2.02	0	2.4	135.2	12	44	55	50.6	8.23	
27.06.2013	2.44	0.8	2.8	203.6	27	47	67	120.2	13.23	
23.09.2013	2.47	1	6.8	215.2	34	81	60	117	14.73	
Солонец светлогумусовый среднемощный глубокосолончаковатый (разр. 1-3)										
07.05.2012	1.57	0.6	11	157	91.9	28.75	58.7	173	15.93	
03.10.2012	2.11	1	4.6	232.8	73.5	16.5	82.5	212.9	18.32	
29.04.2013	1.71	0.8	10.8	96.8	18	27	46	53.4	7.3	
27.06.2013	2.03	1.6	12	189.6	12	23	90	102.2	11.98	
23.09.2013	2.18	1.2	8	397.2	84	70	97	324.4	28.66	
Солонец светлогумусовый маломощный солончаковый квазиглееватый (разр. 1-4)										
07.05.2012	1.34	0	12.75	541.7	51.88	73.75	175.63	357	34.29	
03.10.2012	1.58	1	6.6	386.8	66	34	137.5	288.9	26.31	
29.04.2013	1.32	1.6	6	679.4	9	79	199	418.2	38.56	
27.06.2013	1.75	0.4	4.4	386	15	51	115	239.8	22.62	
23.09.2013	1.64	0.8	6.4	474.8	79	66	125	371	32.39	
Солончак глеевый гумусово-стратифицированный (разр. 1-5)										
07.05.2012	0.19	0	17	714.2	92.5	56.25	210	557.5	47.3	
03.10.2012	0.72	1	15.6	369.8	61	44	115	288.4	25.93	
29.04.2013	0.42	0.8	7.2	878.4	7	52	252	589.4	49.6	
27.06.2013	0.78	0.8	4.4	376	18	43	118	236.2	22.26	
23.09.2013	0.49	1.2	6	408.8	81	45	116	338.6	28.95	

Примечание. Прочерк — нет данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В пределах геохимически сопряженных ландшафтов побережья соленого оз. Булухта создаются условия для формирования почв с различными физико-химическими и морфологическими свойствами. Террасы озера занимают солонцы, различающиеся на уровне вида по глубине залегания солевого горизонта, наличию и мощности гумусового горизонта, выраженности солонцового процесса и проявлению признаков гидроморфизма. В днище озера под тамариковыми сообществами формируются солончаки с маломощным гумусовым горизонтом.

2. В сопряженном ряду почв происходит увеличение содержания органического вещества от элювиальных ландшафтов к аккумулятивным. Наиболее интенсивно эти процессы протекают в полугидроморфных почвах аккумулятивных ландшафтов, где наиболее активна зоогенная деятельность. В гидроморфных почвах суперквальных ландшафтов в условиях высокого засоления процессы гумусонакопления ограничены и

зависят от темпов смыва органического вещества с первой террасы.

3. Основными почвообразующими процессами в рассмотренной катене являются процессы засоления—рассоления, осолонцевания, гумусонакопления и оглеения. Интенсивность ЭПП на разных участках катены определяется положением в рельефе, уровнем и минерализацией грунтовых вод, особенностями гидрологического режима озера и воздействием зоогенной деятельности. Совместное воздействие зоогенного и фитогенного факторов способствует ослаблению солонцового процесса, что проявляется в уменьшении содержания обменного натрия в ППК, а морфологически — в смене столбчатой структуры солонцового горизонта на призматически-ореховатую.

4. Изученные почвы различаются химизмом и степенью засоления. Для почв элювиальных позиций характерна смена химизма засоления с сульфатного в верхней части профиля на хлоридное — в нижней. В почвах подчиненных ландшафтов преобладает хлоридное засоление. В них на фоне

активного грунтового засоления происходит засоление верхних горизонтов почв за счет дополнительного увлажнения, а также благодаря локальному поступлению влаги по зоогенным пустотам. В гидроморфных почвах супераквальных ландшафтов с наиболее минерализованными грунтовыми водами преобладают процессы засоления.

5. Сезонная динамика уровня и минерализации грунтовых вод под почвами разных позиций различается. В аккумулятивной и супераквальной позициях динамика уровня и минерализации грунтовых вод подвержена сильным колебаниям в течение всего сезона и предположительно связана с гидрологическим режимом озера. В транзитных позициях грунтовые воды находятся под воздействием как минерализованных растворов из озера, так и влаги, поступающей с повышенных позиций. В элювиальном ландшафте влияние минерализованных растворов из озера на грунтовые воды отсутствует. Здесь в течение вегетационного сезона происходит постепенное снижение уровня грунтовых вод и увеличение их минерализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абатуров Б.Д.* Влияние деятельности степной пеструшки на почвенный и растительный покров сухих степей Казахстана // Бюл. МОИП. Отд. Биология. 1964. Т. 19. Вып. 6. С. 24–35.
2. *Абатуров Б.Д.* Млекопитающие как компонент экосистем (на примере растительных млекопитающих в полупустыне). М.: Наука, 1984. 286 с.
3. *Будина Л.П.* Типы солонцовых комплексов // Почвы комплексной равнины Северного Прикаспия и их мелиоративная характеристика. М.: Наука, 1964. С. 196–258.
4. *Бухарева О.А.* Экологические функции норных систем мелких млекопитающих в разных природных зонах Европейской территории России. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 2014. 24 с.
5. *Бухарева О.А., Быков А.В.* Сукцессия растительных ассоциаций на поселениях общественной полевки (*Microtus socialis* Pall.) на молодых территориях Волго-Уральского междуречья // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. 2011. Вып. 16. № 15(110). С. 5–9.
6. *Быков А.В.* Значение древесно-кустарниковой растительности для позвоночных животных глинистой полупустыни Заволжья // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16. № 5. С. 90–97.
7. *Быков А.В., Колесников А.В., Кулакова Н.Ю., Шабанова Н.П.* Аккумуляция влаги и эрозия почвы на поселениях общественных полевок в Северном Прикаспии // Почвоведение. 2008. № 8. С. 1019–1024.
8. *Быков А.В., Колесников А.В., Шадрин М.Б., Бухарева О.А., Шабанова Н.П.* Воздействие пожаров на приозерные тамарисковые сообщества в Северном Прикаспии // Лесоведение. 2013. № 6. С. 3–9.
9. *Воробьева Л.А.* Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 272 с.
10. *Гедройц К.К.* Избр. соч. Т. 1. М.: ГИСХЛ, 1955. 415 с.
11. *Димеева Л.А.* Закономерности первичных сукцессий Каспийского побережья // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17. № 3(48). С. 49–63.
12. *Доскач А.Г.* Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука, 1979. 144 с.
13. Засоленные почвы России. М.: ИКЦ Академнига, 2006. 854 с.
14. *Иванова Е.Н., Левина Ф.Я.* Солонцовые комплексы Прикаспия // Почвоведение. 1952. № 10. С. 909–919.
15. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
16. *Ковда В.А.* Почвы Прикаспийской низменности (северо-западная часть). М.: Изд-во АН СССР, 1950. 255 с.
17. *Ковда И.В., Моргун Е.Г., Ильина Л.П.* Почвенный комплекс солонцов и слитых каштановых почв Маныч-Гудиловской западины // Почвоведение. 2013. № 1. С. 3–16. DOI: 10.7868/S0032180X13010061.
18. *Колесников А.В., Соколова Т.А., Толмешта И.И., Сиземская М.Л.* О составе обменных катионов и селективности катионного обмена в целинных солончаковых солонцах Северного Прикаспия // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2002. № 3. С. 12–18.
19. *Линдеман Г.В., Абатуров Б.Д., Быков А.В., Лопушков В.А.* Динамика населения позвоночных животных Заволжской полупустыни. М.: Наука, 2005. 252 с.
20. *Новикова А.Ф., Конюшкова М.В.* Засоленные почвы восточной части Ергеней // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2011. Вып. 67. С. 80–94.
21. *Новикова Н.М.* Достижения и задачи в изучении экотонных систем “вода–суша” // Аридные экосистемы. 2006. Т. 12. № 30–31. С. 12–19.
22. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. 182 с.
23. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М., 1990. 236 с.
24. *Славный Ю.А., Турсина Т.В., Кауричева З.Н.* К вопросу о генезисе засоленных почв в Прикаспии // Почвоведение. 1970. № 10. С. 19–25.
25. *Филиппов О.В.* Формирование природных аквальных комплексов озерной части Волгоградского водохранилища в условиях измененного гидрологического режима. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 2004. 24 с.
26. *Шабанова Н.П., Лебедева М.П., Быков А.В.* Морфологические и химические свойства почв лугово-полупустынного комплекса террасы сора Хаки Боткульско-Хакской депрессии Прикаспийской низменности и влияние на них биогенного фактора // Почвоведение. 2010. № 3. С. 1–11.
27. *Шабанова Н.П., Лебедева М.П., Быков А.В.* Влияние роющей деятельности малого суслика на почвы первой террасы сора Хаки Боткульско-Хакской депрессии // Почвоведение. 2014. № 3. С. 1–14. DOI: 10.7868/S0032180X14030095.
28. *Шадрин М.Б., Быков А.В., Колесников А.В., Шабанова Н.П.* Структурно-функциональная организация экотона побережья пересыхающего озера Булухта (Северный Прикаспий) // Аридные экосистемы. 2013. Т. 19. № 4(57). С. 70–76.