

УДК 631.48

СВОЙСТВА СОЛОНЦОВ ТЕРРАС СОЛЕННЫХ ОЗЕР БУЛУХТА И ХАКИ В ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

© 2016 г. Н. П. Шабанова¹, М. П. Лебедева²¹Институт лесоведения РАН, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, ул. Советская, 21²Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7

e-mail: shabanova_nata@mail.ru

e-mail: m_verba@mail.ru

Поступила в редакцию 29.12.2014 г.

Проведена сравнительная оценка почвообразовательных процессов в солонцах (Calcic Gypsic Salic Solonetz (Siltic, Albic, Cutanic, Differentic)) террас озерных депрессий Волго-Уральского междуречья на основе анализа их макро- и микроморфологических признаков, химических, физико-химических и физических свойств. Выявлен ряд общих черт, обусловленных характерными для солонцов элементарными почвообразовательными процессами: гумусово-аккумулятивным, солонцовым, элювиально-иллювиальным, окарбоначиванием, гипсонакоплением. Диагностировано, что макро- и микроморфологические признаки солонцового процесса в сравниваемых почвах (выраженность гумусово-глинистых кутан и характер структурных отдельностей в солонцовом горизонте) не всегда соответствуют современным физико-химическим условиям его проявления, что обусловлено различиями в химизме и степени засоления солонцов, минерализацией, химизмом и глубиной залегания грунтовых вод. Солонцы второй террасы сора Хаки отличаются максимальной мощностью горизонтов, отмытых от солей, что определяет максимальное развитие здесь гумусово-аккумулятивного процесса с образованием светлогумусового горизонта (AJ) в отличие от других солонцов, в которых сформированы солонцово-элювиальные горизонты (SEL). Активное осолодение, интенсивная партлювация и иллювиирование тонкодисперсного органико-минерального вещества с образованием мощных кутан и поровых заполнений (инфилингов) также в наибольшей степени выражены в солонцах сора Хаки, особенно в солонцах второй террасы. На микроуровне зафиксировано, что в настоящее время мощные слоистые глинистые кутаны активно разрушаются и гумусируются *in situ* за счет активного проникновения в кутаны растительных корней, с их последующей биогенной переработкой почвенной микрофауной. Процесс оглеения (по количеству железисто-марганцовых микростяжений) наиболее интенсивно выражен в солонцах первой террасы сора Хаки, при том что для них характерно наиболее сильное засоление токсичными солями. Максимальное гипсонакопление выражено в слоях-горизонтах с более тяжелым гранулометрическим составом.

Ключевые слова: генезис, солонцы, солонцовый процесс, микро- и микроморфологические свойства, сравнительный анализ

DOI: 10.7868/S0032180X16060113

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный покров равнин Волго-Уральского междуречья Прикаспийской низменности имеет длительную историю изучения, многие свойства почв отражены в литературе [3–5, 13–17, 29, 31]. Наиболее подробно исследована территория Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН [9, 18–23, 26–28, 30, 34, 35, 40]. Однако почвенный покров озерных депрессий Волго-Уральского междуречья рассмотрен в меньшей степени. Существуют единичные работы, касающиеся вопросов изучения химического состава почв, почвообразующих пород и грунтовых вод разных террас этих озер [1, 8, 17, 38, 39, 41]. Данные по микростроению почв на террасах много-

численных бессточных депрессий, являющихся характерной особенностью Волго-Уральского междуречья, отсутствуют.

В мировой литературе исследованию свойств и генезиса солонцов отдельными методами посвящено большое количество работ [42–45, 47–50]. Однако сравнительного анализа свойств и генезиса солонцов на террасах, различающихся возрастом, гипсометрическим уровнем, глубиной залегания грунтовых вод и выраженностью микро-рельефа ранее не проводилось. Не использовался ранее и комплексный подход, сочетающий подробное морфологическое исследование солонцов на разном уровне их структурной организации с изучением химических, физических, физико-хи-

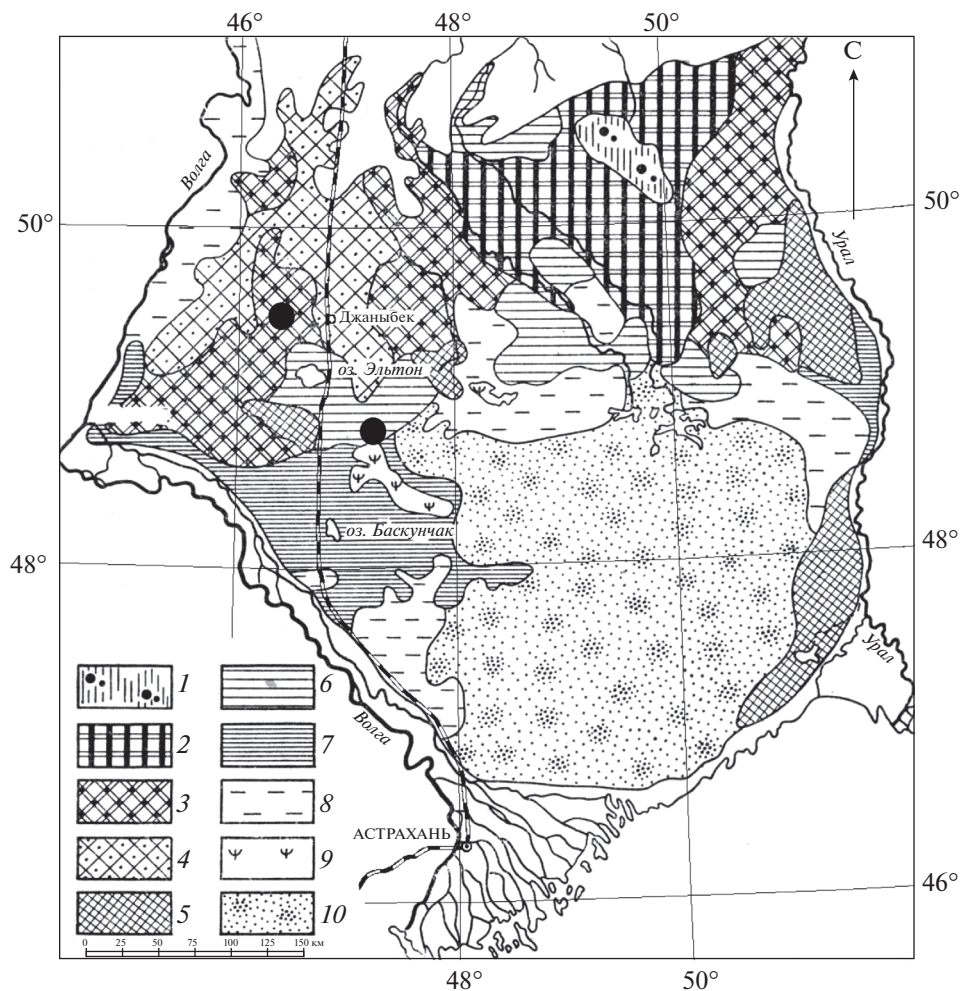


Рис. 1. Схема распространения типов солонцовых комплексов на Волго-Уральском междуречье (по [4]): 1 – луговые комплексы; 2 – собственно лугово-степные комплексы с плоскозападинным микрорельефом; 3 – луговато-степные комплексы с мелкобугристо-западинным микрорельефом; 4 – остепняющиеся луговато-степные комплексы со сглаженным микрорельефом; 5 – лугово-степные комплексы без микрорельефа; 6 – типичные степные комплексы; 7 – древнегидрогенные степные комплексы; 8 – некомплексные территории, 9 – солончаки; 10 – пески; кружками обозначены районы исследования.

мических свойств, а также с оценкой физико-химических условий протекания солонцового процесса.

Цель исследования – сравнительный анализ основных генетических особенностей солонцов террас озерных депрессий Булухта и Хаки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Оз. Булухта и сор Хаки имеют сходное водно-эрозионное происхождение и представляют собой реликтовые усыхающие водоемы. В геологическом отношении они сформировались в разное время: оз. Булухта образовалось в период раннехвалынской трансгрессии Каспийского моря, сор Хаки – в позднехвалынский период. По районированию Прикаспийской низменности [10] озера относятся к разным геоморфологическим райо-

нам: оз. Булухта к северо-западной бессточной раннехвалынской равнине с западным микрорельефом; сор Хаки к Баткульско-Хакской депрессии, сложенной морскими и озерно-соровыми отложениями (позднехвалынскими и голоценовыми).

Оз. Булухта расположено на западе Волго-Уральского междуречья (рис. 1). Форма озера напоминает эллипс, оно вытянуто с северо-запада на юго-восток. Протяженность озера составляет 12,4 км, ширина – 6,7 км, площадь – 77 км². Водой озеро заполняется преимущественно после весеннего снеготаяния, но к началу лета большая часть дна высыхает и представляет собой мокрый солончак, лишь в небольшой части с водой. Озеро имеет 3 террасы. Первая надпойменная терраса, сложенная глинисто-песчаными слоистыми отложениями, имеет абсолютную высоту 15, 16, 17,5 м.

Вторая терраса находится на отметках 20, 21 м. Террасы характеризуются ясным микрорельефом [17].

Гидрохимический режим озера подвержен сильным изменениям, во время снеготаяния вода озера сильно опресняется. Соленость воды колеблется от 19 до 200‰. При этом основным компонентом состава устойчиво остается NaCl, вторым компонентом является Na_2SO_4 . Заметную долю в минеральном растворе озерных вод составляют MgSO_4 и CaSO_4 [32].

Сор Хаки находится в центральной части Волго-Уральского междуречья и в настоящее время представляет собой заключительные фазы отмирания озера в условиях аридного климата — фазы соленых грязей, периодически и не сплошь покрываемых тонким слоем рапы. Сор Хаки является одним из крупнейших солончаков мира, занимающий площадь более 1000 км². По протяженности этот солончак достигает 80 км, ширина его 15–25 км, а глубина вмещающей его впадины более 15 м [8].

Поверхность Хаки покрыта тонкой коркой соли толщиной 0.3–3 см, под которой залегают засоленные глинистые отложения. Весной поверхность Хаки покрыта тонким слоем рапы, которая летом сохраняется лишь в микропонижениях [8]. Важнейшими компонентами воды в озере являются хлориды натрия и магния [11].

Береговая линия сора извилистая. Западные берега депрессии Хаки представлены резко выраженной первой террасой, приподнятой над сором [1]. На восточном берегу первая терраса выражена местами. Абсолютный уровень первой террасы здесь колеблется около –7, –10 м над ур. м.

Вторая терраса резко выражена и местами подходит вплотную к депрессии и составляет ее крутой берег. Абсолютный уровень второй террасы колеблется от –5...–6 до 0 м. Нулевая горизонталь оконтуривает собственно депрессию Хаки и ее две террасы. Третья терраса вдоль Хаки переходит на уровень 0–8 и 0–10 м, раскинувшись на 30–45 км с каждой стороны. Урдинские пески, примыкающие к сору с восточной стороны, граничат с третьей террасой депрессии Хаки [17].

Объектами исследования выбраны три эталонных разреза, заложенных на типичных участках первой и второй террас сора Хаки и на второй террасе оз. Булухта. Ключевые участки различались возрастом, гипсометрическим уровнем и глубиной залегания грунтовых вод. Считается, что возраст первой террасы сора Хаки составляет 10.5 тыс. лет [37]. Уровень грунтовых вод залегает на глубине 1.6 м. Поверхность первой террасы представлена абсолютно ровной поверхностью с единичными микроповышениями — сусликовыми. Почвенный покров первой террасы сора Хаки однороден. Основной фон занимают солон-

цы светлые солончаковые квазиглеевые (Calcic Gypsic Salic Solonetz (Siltic, Albic, Cutanic, Differentic, Охуауаиc)) под лебедово-сантонийско-попынной растительностью [39].

Возраст второй террасы сора Хаки оценивается в 11 тыс. лет [37]. Уровень грунтовых вод составляет 2.2 м. Микрорельеф более выражен и характеризуется значительными по размерам микроповышениями (до 8 м в диаметре) и незамкнутыми неглубокими микропонижениями. Почвенный покров второй террасы характеризуется комплексностью. На фоне преобладающих светлогумусовых солончаковатых солонцов (Calcic Gypsic Salic Solonetz (Siltic, Albic, Cutanic, Differentic)) под попынной растительностью появляются микропонижения со светло-каштановыми почвами под злаковой растительностью [38].

Возраст террас оз. Булухта составляет 16 тыс. лет [37]. Уровень грунтовых вод на второй террасе залегает на глубине 4 м. Террасы оз. Булухта в отличие от террас сора Хаки характеризуются ясным микрорельефом и появлением глубоких западин. Почвенный покров представлен солончаковыми солонцами (Calcic Gypsic Salic Solonetz (Siltic, Albic, Cutanic, Differentic)) и светло-каштановыми почвам в сочетании с лугово-каштановыми почвами по западинам.

Почвообразующими породами на всех ключевых участках являются слоистые озерные отложения.

В почвенных разрезах детально изучали морфологию и строение почвенного профиля, микромолиты для микроморфологических исследований отобрали по генетическим горизонтам. Почвенные шлифы изготовлены М.А. Лебедевым в лаборатории минералогии и микроморфологии Почвенного института им. В.В. Докучаева с использованием полисинтетических смол в условиях их вакуумной пропитки, что позволяет сохранять солевые новообразования без их разрушения. Микроморфологические признаки описывали согласно терминам международного руководства [46].

Возле разрезов бурили скважины до грунтовых вод. Влажность почвогрунтов, отобранных при бурении через 10 см до грунтовых вод, определяли термовесовым методом [25]. В почвах террас сора Хаки анализ водной вытяжки проводили в образцах, отобранных из буровых скважин, остальные анализы были сделаны из образцов генетических горизонтов. Для почвы террасы оз. Булухта все почвенные анализы выполнены в образцах, взятых из генетических горизонтов. В образцах почв определяли содержание органического вещества, карбонатов, гипса, величину рН водной вытяжки (1 : 2.5), состав обменных катионов и водной вытяжки (1 : 5). Также анализировали грунтовые воды, в которых определяли общую минерализацию и состав солей.

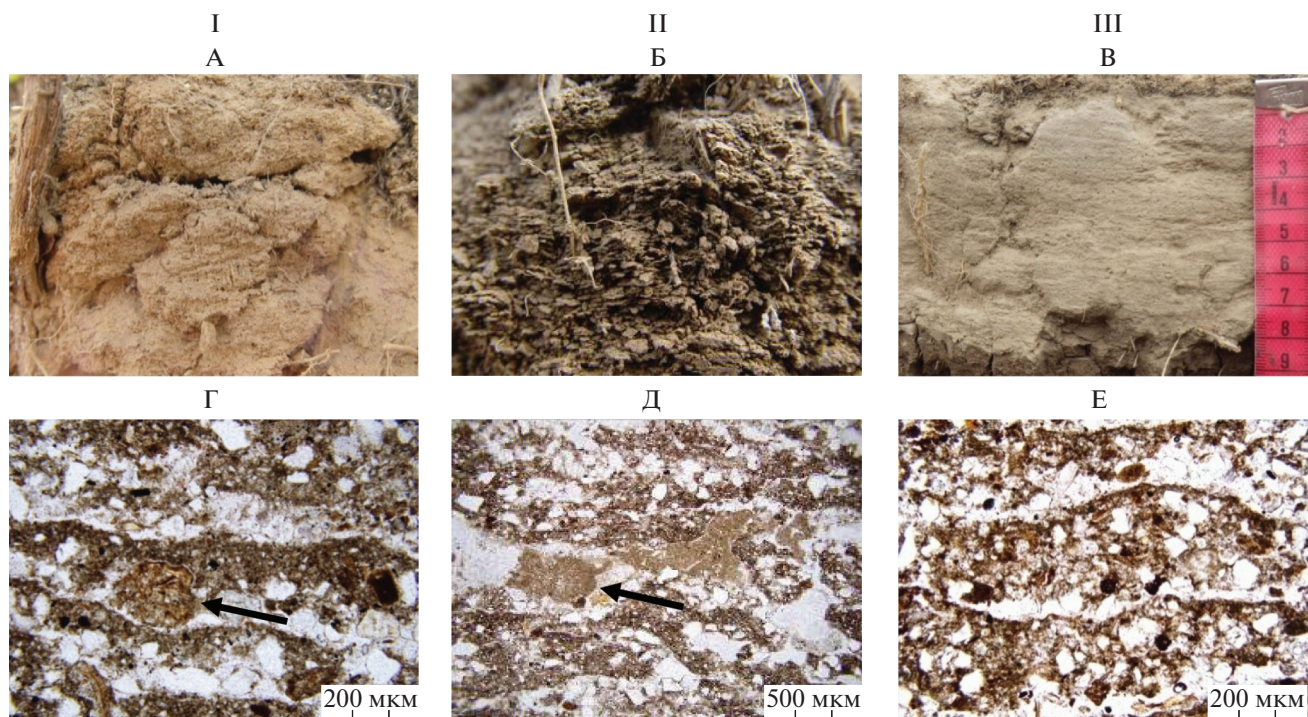


Рис. 2. Мезо- и микростроение надсолонцовых горизонтов (II N): I – первая терраса сора Хаки; II – вторая терраса сора Хаки; III – вторая терраса оз. Булухта; А–В – различия в структурной организации надсолонцовых горизонтов; А – непрочная плитчатая, Б – листовато-плитчатая, В – комковато-плитчатая; Г и Д – биогенные инфиллинги (свидетели деятельности микробиоты) между тонкопылеватыми и песчаными прослойками; Е – тонкоплитчатые агрегаты с пленками на поверхности.

Анализ грунтовых вод и водной вытяжки из образцов почв выполняли общепринятыми методами [2, 6], но концентрацию иона SO_4^{2-} в водных вытяжках определяли по методу Комаровского [7]. Обменные катионы исследовали методом Пфеффера в модификации Молодцова и Игнатовой [6]. Карбонаты определяли алкалиметрическим методом по Ф.И. Козловскому; общее содержание сульфат-ионов – гравиметрическим методом согласно способу, предложенному Хитровым [36], содержание органического вещества титриметрическим методом по И.В. Тюрину. Засоленность оценивали согласно критериям, приведенным в монографии “Засоленные почвы России” [12]. При оценке классификационного положения изученных почв и индексации генетических горизонтов использовали “Полевой определитель почв России” [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологическое строение. Все вскрытые почвенные разрезы представлены солонцами. На первой террасе сора Хаки вскрыт солонец светлый средний солончаковый квазиглеевый, на второй террасе – солонец светлогумусовый средний солончаковатый, на второй террасе оз. Булухта – солонец светлый мелкий солонча-

ковый. Мощность надсолонцовых горизонтов сравниваемых солонцов практически одинакова: на террасах сора Хаки она составляет 10–12 см, на террасе оз. Булухта – 8–10 см, что позволяет отнести сравниваемые солонцы к одному виду мелких/средних солонцов [24].

Детальное изучение почвенных разрезов обнаружило ряд принципиальных различий в морфологическом строении вскрытых почв.

Для надсолонцовых горизонтов сравниваемых почв характерна хорошо выраженная плитчатая структура, светлые тона окраски и легкий гранулометрический состав (рис. 2, табл. 1). Некоторая разница в цвете сравниваемых разрезов может быть связана с исходным различием в мощности глинистых кутан на поверхности песчано-пылеватых частиц.

На первой террасе сора Хаки надсолонцовые горизонты изученных разрезов по сравнению с другими почвами имеют более легкий гранулометрический состав, что можно объяснить эоловым переносом песчаных частиц с расположенного рядом массива Урдинских песков. Кроме того, на первой террасе сора Хаки в почвенном профиле обнаружены более явные признаки гидроморфизма: на контакте надсолонцового горизонта с солонцовым эти признаки выражены в виде железистых и марганцевых новообразова-

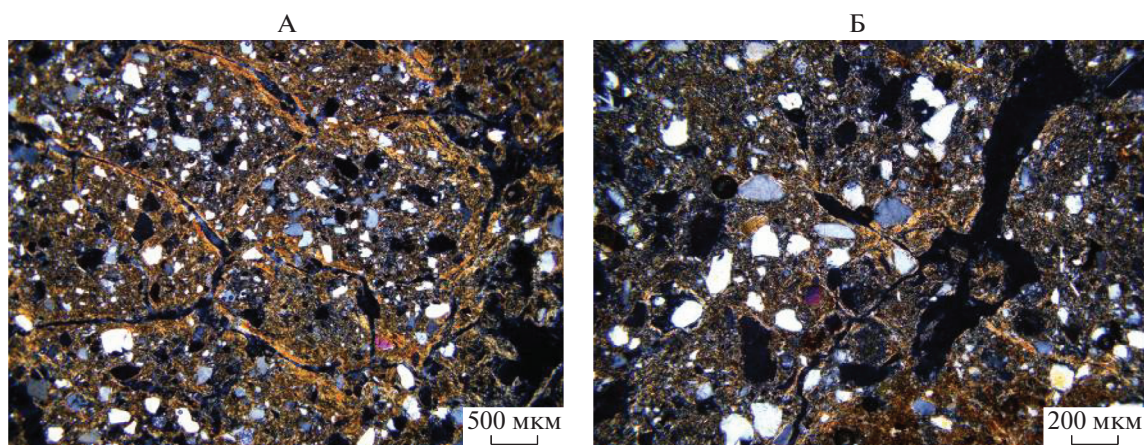


Рис. 3. Микроморфологическое разнообразие глинистых кутан в солонцовом горизонте (XN) солонцов с разной степенью выраженности кутан в поле: А – тонкие сплошные глинистые кутаны на гранях структурных отдельностей, первая терраса сора Хаки; Б – тонкие фрагментарные глинистые кутаны во внутрипедных порах, вторая терраса оз. Булухта.

ний, а в переходном гор. ВС – в виде оливковых тонов окраски. В солонце на второй террасе сора Хаки на поверхности формируется светлогумусовый гор. А1 небольшой мощности, отсутствующий в других почвах. Формирование гумусового горизонта связано с более богатой растительностью. Как будет показано ниже, большее проективное покрытие напочвенного покрова здесь, вероятно, связано с лучшей промытостью от солей надсолонцовых горизонтов почв второй террасы сора Хаки.

Для надсолонцовых горизонтов солонцов обеих террас сора Хаки характерна отчетливо выраженная дифференциация тонкодисперсного и песчаного материалов на микроуровне (рис. 2, Г и 2, Д), что не наблюдается в солонце второй террасы оз. Булухта, где дифференциация между тонкопылеватыми и песчаными прослойками выражена существенно хуже (рис. 2, Е).

Различия в морфологии солонцовых горизонтов сравниваемых солонцов выражаются в цвете, структуре и мощности горизонтов. Максимальная мощность солонцового горизонта наблюдается в солонце второй террасы оз. Булухта, минимальная – в солонце на первой террасе сора Хаки, солонец на второй террасе сора Хаки по мощности солонцового горизонта занимает промежуточное положение.

В солонце на первой террасе сора Хаки солонцовый гор. BSN имеет ореховато-мелкопризматическую структуру, которая во втором солонцовом гор. BSNdc сменяется на уплощенно-призматическую. В солонце на второй террасе по сравнению с первой структура солонцового горизонта выражена отчетливее и представляет собой хорошо выраженные столбцы с округлыми осолоделыми головками. Для солонцового горизонта

солонца оз. Булухта характерна крупнопризматическая структура.

Основные различия в сравниваемых морфологических признаках солонцовых горизонтов проявляются в цвете и мощности кутан, а также в разнице по цвету с внутрипедной массой. В солонцах террас сора Хаки глинисто-гумусовые серо-коричневые кутаны на гранях структурных отдельностей в солонцовых горизонтах характеризуются большой мощностью и резко отличаются по цвету от внутрипедной массы. Для этих солонцов также характерны мощные пылеватые инфиллинги – поровые заполнения тонкодисперсным органико-минеральным материалом. Наиболее отчетливо этот процесс миграции выражен в шлифах (рис. 3, А). В солонце второй террасы оз. Булухта кутаны выражены слабее и представлены тонкими фрагментарными кутанами по граням структурных отдельностей (рис. 3, Б).

Для вторых солонцовых горизонтов BSNdc исследуемых почв по сравнению с первыми солонцовыми горизонтами характерны более светлая бурая окраска и карбонатность материала, которая диагностируется вскипанием от HCl. В этих горизонтах наблюдается ухудшение структуры и меньшая степень выраженности кутан иллювирувания. В солонцах террас сора Хаки во втором солонцовом горизонте также присутствуют кутаны шоколадного цвета, но в меньшем количестве, чем в вышележащем горизонте. В солонце второй террасы оз. Булухта кутаны иллювирувания во втором солонцовом горизонте отсутствуют.

Подсолонцовые горизонты сравниваемых солонцов похожи по морфологическим показателям: они слабо оструктурены и характеризуются непрочноглыбистой структурой, желтовато-бу-

Таблица 1. Морфологические свойства солонцов террас озер Булухта и Хаки

| Показатель | Сор Хаки | | Оз. Булухта |
|---------------------------|---|--|--|
| Местоположение | Первая терраса | Вторая терраса | Вторая терраса |
| Почва | Солонец светлый средний солончаковый квазиглеевый | Солонец светлогумусовый средний солончаковатый | Солонец светлый мелкий солончаковый |
| Надсолонцовый горизонт | | | |
| Глубина, см | SEL 0–11(12) | AJ 0–6/SEL 6–10(12) | SEL 0–8(10) |
| Цвет | Палевый | Светло-серо-палевый/палевый | Светло-палевый |
| Структура | Тонкоплитчатая | Плитчато-листоватая | Комковато-плитчатая к низу сыпучая |
| Гранулометрический состав | Супесь пылевато-песчаная | Легкий суглинок пылевато-песчаный | Легкий суглинок пылевато-песчаный |
| Новообразования | Железистые и марганцевые точки | Биотубулы | Нет |
| Солонцовый гор. BSN | | | |
| Глубина/мощность, см | 11(12)–18/7(6) | 10(12)–20/10(8) | 8(10)–23/15(13) |
| Цвет | Коричнево-бурый | Буровато-коричневый | Буровато-коричневый |
| Структура | Ореховато-мелкопризматический | Столбчатый | Крупнопризматический |
| Гранулометрический состав | Тяжелый суглинок песчано-иловатый | Тяжелый суглинок иловато-песчаный | Тяжелый суглинок песчано-иловатый |
| Новообразования | Мощные глинисто-гумусовые кутаны | Мощные кутаны шоколадного цвета | Глянцевые кутаны по границам структурных отдельностей |
| Солонцовый гор. BSNdc | | | |
| Глубина, см | 18–28 | 20–25(27) | 23–32 |
| Цвет | На буром фоне темно-коричневые пятна | Светло-бурый | Коричнево-бурый |
| Структура | Уплотненно-призматический | Мелко-, крупнокомковатый | Призмовидный |
| Гранулометрический состав | Тяжелый суглинок песчано-иловатый | Тяжелый суглинок крупнопылевато-иловатый | Тяжелый суглинок песчано-иловатый |
| Новообразования | Местами тонкие шоколадные кутаны | Мощные кутаны шоколадного цвета | Не выражены |
| Глубина вскипания, см | 18 | 20 | 26 |
| Подсолонцовый гор. BSA | | | |
| Глубина, см | 28–35 | 25(27)–57 | 32–55 |
| Цвет | Неоднородный, на буром фоне палевые пятна | Бурый | Желтовато-бурый |
| Структура | Комковато-глыбистый | Слабо оструктурен | Непрочноголыбистая |
| Гранулометрический состав | Тяжелый суглинок иловато-песчаный | Тяжелый суглинок иловато-крупнопылеватый | Тяжелый суглинок пылевато-песчаный |
| Новообразования | Единичные кутаны, мелкие солевые пятна | Обильные выцветы солей в виде пятен, прожилок | Белые прожилки солей, карбонаты в виде пропиточных пятен белесовато-желтого цвета диаметром 5 мм |
| Подсолонцовый гор. BSAcs | | | |
| Глубина, см | 37–70 | 57–66 | |
| Цвет | Бурый | Светло-бурый | |

Таблица 1. Окончание

| Показатель | Сор Хаки | | Оз. Булухта |
|---------------------------|------------------------------------|--|--|
| Структура | Уплощенно-глыбистый | Бесструктурный | |
| Гранулометрический состав | Средний суглинок песчано-пылеватый | Средний суглинок пыле-вато-песчаный | |
| Новообразования | Обильные солевые прожилки, точки | Солевые пятна, “червячки”, меньше чем в предыдущем горизонте | |
| Горизонт | | Переходный гор. BCs | |
| Глубина, см | 70–105 | 66–80 | 55–80 |
| Цвет | Бурый с оливковым оттенком | Бурый | Буровато-желтый |
| Структура | Бесструктурный | Бесструктурный | Непрочноголыбистый |
| Гранулометрический состав | Тяжелый суглинок крупно-пылеватый | Средний суглинок пыле-вато-песчаный | Тяжелый суглинок иловато-песчаный |
| Новообразования | Редкие солевые новообразования | Соли в виде точек и “червячков” | Белые прожилки солей в гнездах размером 3–5 см |
| | Почвообразующая порода Cs | | |
| Глубина, см | 105–... | 80–100 | 80–100 |
| Цвет | Желтовато-бурый | Буро-коричневый | Желтовато-палевый |
| Структура | Бесструктурный | Бесструктурный | Комковатый |
| Гранулометрический состав | Песчаный (определение в поле) | Легкий суглинок песчаный | Легкий суглинок мелкопесчаный |
| Новообразования | Нет | Соли в виде точек, прожилок | Прожилки гипса |

рой окраской и обилием солевых новообразований в виде точек, ниточек, прожилок и др.

Физические свойства. Для всех сравниваемых почв характерно элювиально-иллюви-

альное распределение илистой фракции по профилю и похожий гранулометрический состав с преобладанием фракций мелкого песка, крупной пыли и ила (рис. 4). Для солонцов террас сора Ха-

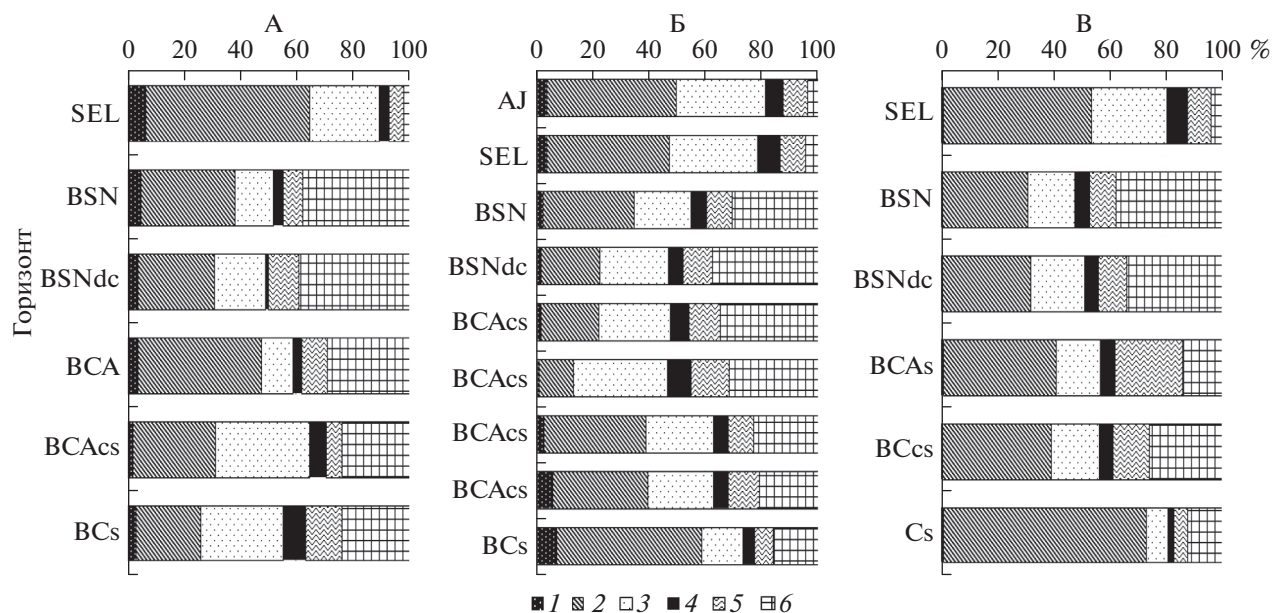


Рис. 4. Гранулометрический состав солонцов первой (А) и второй (Б) террас сора Хаки; второй террасы оз. Булухта (В): размер фракций, мм: 1 – 1.0–0.25; 2 – 0.25–0.05; 3 – 0.05–0.01; 4 – 0.01–0.005; 5 – 0.005–0.001; 6 – <0.001.

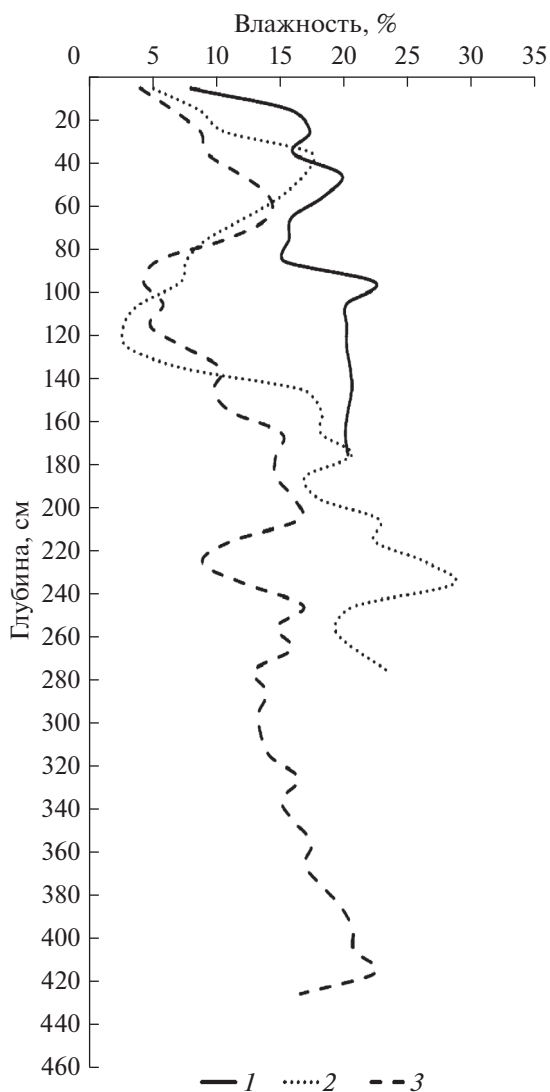


Рис. 5. Профильное распределение влажности почв первой (1) и второй (2) террас сора Хаки; второй террасы оз. Булукта (3).

ки в отличие от солонца второй террасы оз. Булукта характерно большее содержание крупного и среднего песка, что, предположительно, связано с близостью Урдинских песков.

К концу первого метра во всех сравниваемых почвах наблюдается облегчение гранулометрического состава отложений, что свидетельствует о неоднородности почвообразующих пород, обусловленной генезисом озерных отложений.

Среди сравниваемых наиболее иссушенными являются почвы второй террасы оз. Булукта (рис. 5). Солонцы террас сора Хаки отличаются большими значениями полевой влажности, при этом на первой террасе сора почвы влажнее, чем на второй. Влажность надсолонцового горизонта в почве на первой террасе составляет 8%, а солонцовых го-

ризонтов — 16–17%, в то время как в почве на второй террасе влажность поверхностного горизонта составляет 5%, а солонцовых горизонтов — 8–10%, ниже влажность резко увеличивается до 17%. В солонце второй террасы оз. Булукта влажность поверхностного надсолонцового горизонта составляет 4%, а солонцовых горизонтов — 6–8%, постепенно увеличиваясь вниз по профилю. К концу первого метра влажность во всех почвах уменьшается в связи с облегчением гранулометрического состава отложений (рис. 5). Повышенная увлажненность почв на террасах сора Хаки связана с более близким здесь залеганием грунтовых вод.

Химические свойства. Наиболее засоленной среди сравниваемых почв является солонец на первой террасе сора Хаки. При этом гор. SEL не засолен, а солонцовые горизонты характеризуются очень сильной степенью засоления и хлоридно-натриевым составом солей (рис. 6, А). Максимум солей наблюдается в подсолонцовых горизонтах, где сумма токсичных солей достигает 1.52%, химизм засоления на этой глубине меняется на сульфатно-хлоридно-кальциево-магниевый с участием гипса. Ниже количество солей постепенно уменьшается и в гор. С на глубине 110–120 см в песчаной прослойке достигает минимума. Ниже количество солей вновь постепенно возрастает.

Среди сравниваемых почв солонец второй террасы сора Хаки характеризуется наименьшим количеством солей в верхних 40 см. Ниже количество солей увеличивается и становится сравнимым с содержанием солей в солонце на второй террасе оз. Булукта. Верхние надсолонцовый и светлогумусовый горизонты не засолены. Первый солонцовый горизонт характеризуется слабой степенью засоления и хлоридно-натриевым составом солей (рис. 6, Б), во втором солонцовом горизонте степень засоления увеличивается до сильной. В подсолонцовых горизонтах химизм засоления сменяется на сульфатно-хлоридно-натриевый с участием гипса, степень засоления возрастает до очень сильной. В переходных горизонтах химизм вновь меняется на хлоридно-натриевый. К первому метру количество токсичных солей уменьшается до 0.17%, что связано с облегчением гранулометрического состава отложений. Глубже 130 см в суглинистых отложениях количество солей увеличивается, а химизм засоления вновь меняется на хлоридно-натриевый.

Для солонца на второй террасе оз. Булукта характерно преимущественно сульфатно-натриевое засоление (рис. 6, В), сменяющееся в подсолонцовых горизонтах на хлоридно-магниевое. Гор. SEL в отличие от надсолонцовых горизонтов солонцов террас сора Хаки засолен, но слабо. Первый солонцовый горизонт характеризуется средней степенью засоления. Химизм засоления

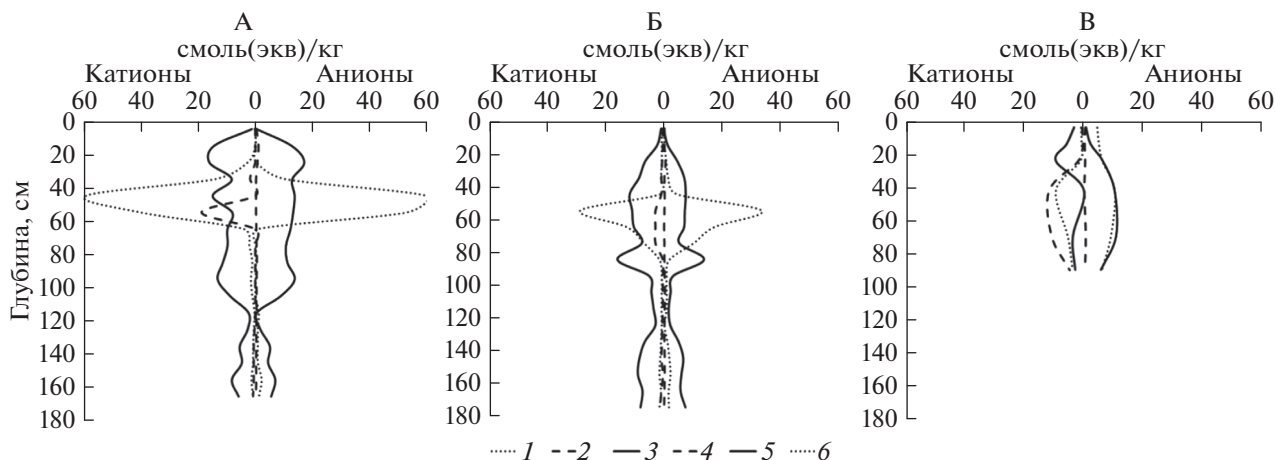


Рис. 6. Солевые профили солонцов первой (А) и второй (Б) террас сора Хаки; второй террасы оз. Булухта (В): 1 – Ca^{2+} ; 2 – Mg^{2+} ; 3 – Na^{2+} ; 4 – HCO_3^- ; 5 – Cl^- ; 6 – SO_4^{2-} .

надсолонцового и солонцового горизонтов сульфатно-натриевый. Во втором солонцовом горизонте количество солей возрастает, а химизм засоления сменяется на сульфатно-хлоридно-натриевый.

Таким образом, для солонцов террас сора Хаки характерно преобладание хлоридно-натриевого засоления на первой террасе и сульфатно-хлоридно-натриевого на второй. Солонец второй террасы оз. Булухта с более глубокими грунтовыми водами имеет сульфатно-натриевое засоление, что является характерным для почв территорий с длительным периодом континентального развития [29].

Таким образом, наиболее активно процесс засоления протекает в солонце на первой террасе сора Хаки, в результате чего содержание токсичных солей максимально (рис. 7). Высокое содержание солей обусловлено близким залеганием сильноминерализованных грунтовых вод. В солонце на второй террасе сора Хаки при более глубоком залегании менее минерализованных грунтовых вод процесс засоления происходит не так активно. В солонце второй террасы оз. Булухта по сравнению с солонцами террас сора Хаки количество токсичных солей меньше. Для всех изученных почв характерна неравномерность, “пилообразность” солевого профиля, связанная с неоднородностью гранулометрического состава отложений. При облегчении гранулометрического состава того или иного горизонта наблюдается снижение количества солей.

Различия в химизме и степени засоления сравниваемых солонцов обусловлены химизмом, минерализацией и глубиной залегания грунтовых вод и степенью их влияния на почвенный профиль (табл. 2). На первой террасе сора Хаки грунтовые воды имеют хлоридно-натриевый состав и отличаются высокой минерализацией (37 г/л). На

вторых террасах сора Хаки и оз. Булухта грунтовые воды имеют сходный хлоридно-магниевый состав и минерализацию 16 и 13 г/л соответственно. В солонце второй террасы оз. Булухта вследствие глубокого залегания грунтовых вод влияние их на почвенный профиль ограничено.

В сравниваемых почвах различия наблюдаются и в составе обменных катионов. В солонцах

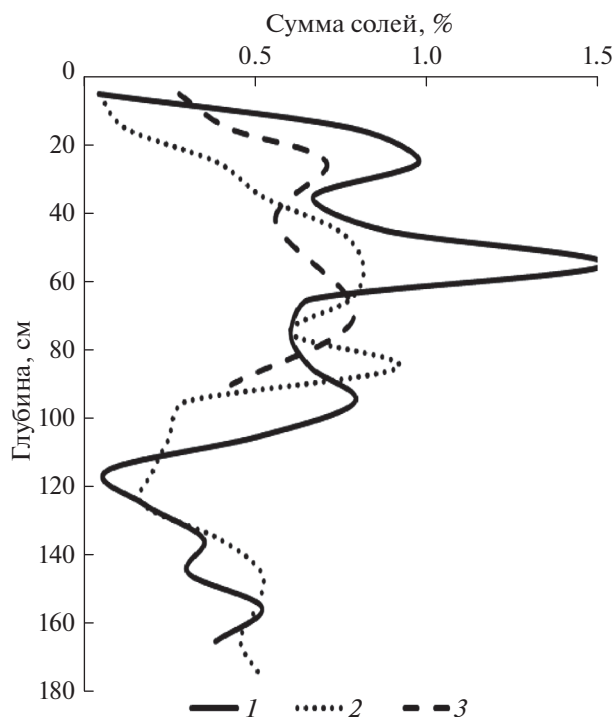


Рис. 7. Распределение суммы токсичных солей в почвах первой (1) и второй (2) террас сора Хаки; второй террасы оз. Булухта (3).

Таблица 2. Состав и минерализация грунтовых вод под солонцами террас сора Хаки и оз. Булухта

| Уровень грунтовых вод, м | CO ₃ ²⁻ | NCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Сумма солей, г/л |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | ммоль(экв)/л | | | | | | | |
| Солонец светлый средний солончаковый квазиглеевый (Хаки, первая терраса) | | | | | | | | |
| 1.58 | 12 | 47.4 | 435.4 | 118 | 58.5 | 120 | 434.3 | 36.97 |
| Солонец светлогумусовый средний солончаковатый (Хаки, вторая терраса) | | | | | | | | |
| 2.19 | 0 | 3 | 250.5 | 47 | 71 | 93.5 | 136 | 17 |
| Солонец светлый мелкий солончаковый (Булухта, вторая терраса) | | | | | | | | |
| 4.5 | 0.8 | 4.8 | 231.6 | 9 | 31 | 97 | 118 | 13.47 |

Таблица 3. Состав обменных катионов в солонцах террас озер Булухта и Хаки

| Горизонт | Глубина, см | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Сумма | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ |
|--|-------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|
| | | смоль(экв)/кг | | | | | % | | | |
| Солонец светлый мелкий солончаковый (Булухта, вторая терраса) | | | | | | | | | | |
| SEL | 2–10 | 5.63 | 2.67 | 1 | 0.49 | 9.79 | 58 | 27 | 10 | 5 |
| BSN | 12–20 | 6.82 | 8.77 | 10.62 | 0.31 | 26.52 | 26 | 33 | 40 | 1 |
| BSNdc | 20–30 | 6.83 | 2.48 | 10.09 | 0.73 | 20.13 | 34 | 12 | 50 | 4 |
| Солонец светлый средний солончаковый квазиглеевый (Хаки, первая терраса) | | | | | | | | | | |
| SEL | 1.5–12 | 1 | 1.07 | 0.27 | 1.18 | 3.52 | 28 | 30 | 8 | 34 |
| BSN | 12–18 | 2.07 | 6.1 | 4.62 | 2.24 | 15.03 | 14 | 41 | 31 | 15 |
| BSNdc | 18–27 | 1.94 | 7.13 | 5.49 | 2.06 | 16.62 | 12 | 43 | 33 | 12 |
| BCA | 27–39 | 1.61 | 5.83 | 2.54 | 1.33 | 11.31 | 14 | 52 | 22 | 12 |
| Солонец светлогумусовый средний солончаковатый (Хаки, вторая терраса) | | | | | | | | | | |
| AJ | 1.5–6 | 1.51 | 1.5 | 0.13 | 1.75 | 4.89 | 31 | 31 | 3 | 36 |
| SEL | 6–10(12) | 1.28 | 1.08 | 0.49 | 1.36 | 4.21 | 30 | 26 | 12 | 32 |
| BSN | 12–20 | 2.55 | 4.65 | 3.04 | 2.19 | 12.43 | 21 | 37 | 24 | 18 |
| BSNdc | 20–25(27) | 1.79 | 5.41 | 4.66 | 2.01 | 13.87 | 13 | 39 | 34 | 14 |
| BCAs,cs | 25(27)–42.5 | 0.97 | 4.93 | 4.94 | 1.38 | 12.22 | 8 | 40 | 40 | 11 |

террас сора Хаки в составе обменных катионов преобладает магний, в то время как для солонца второй террасы оз. Булухта доминирует обменный натрий (табл. 3). При этом в солонцах на террасах сора Хаки доля обменного магния больше в солонце на первой террасе, чем на второй. Преобладание обменного магния объясняется его более прочным закреплением в составе почвенно-поглощающего комплекса (ППК) по сравнению с натрием, который более подвижен и характеризуется способностью легко закрепляться и вытесняться из ППК. Очевидно, в солонце оз. Булухта магний закрепляется в более глубоких горизонтах. Содержание обменного натрия максимально в солонцовых горизонтах. По содержанию обменного натрия в гор. BSN солонцы террас сора Хаки относятся к средненатриевым, а солонец второй террасы оз. Булухта – к многонатриевым (табл. 3).

Эффективная емкость катионного обмена (ЕКО_{эф}) в верхних горизонтах солонцов террас

сора Хаки составляет 3.52–4.89 смоль(экв)/кг почвы, в солонце второй террасы оз. Булухта – 9.79 смоль(экв)/кг. Максимальные значения ЕКО_{эф} наблюдаются в солонцовых горизонтах, содержащих наибольшее количество илистого материала, а также богатого обменными позициями органического вещества (табл. 4). Значения ЕКО_{эф} в солонцовых горизонтах в солонцах террас сора Хаки составляет 12.43–15.03 смоль(экв)/кг почвы, а в солонце второй террасы оз. Булухта – 26.52 смоль(экв)/кг. Большие значения ЕКО_{эф} в солонце второй террасы оз. Булухта объясняются более тяжелым гранулометрическим составом отложений.

По другим химическим показателям данные почвы принципиально не различаются. Для изученных солонцов характерно изменение реакции вниз по профилю: от слабощелочной в надсолонцовых горизонтах до щелочной и сильнощелоч-

Таблица 4. Химические свойства солонцов террас озер Булукта и Хаки

| Горизонт | Глубина, см | pH H ₂ O (1 : 2.5) | C орг | CaCO ₃ | | Гипс |
|--|-------------|-------------------------------|---------|-------------------|--|---------|
| | | | | % | | |
| Солонец светлый средний солончаковый квазиглеевый (Хаки, первая терраса) | | | | | | |
| SEL | 1.5–12 | 7.31 | 0.56 | Не опр. | | |
| BSN | 12–18 | 8.23 | 1.22 | » | | |
| BSNdc | 18–27 | 8.49 | 1.24 | 8.32 | | 0.31 |
| BCAcs | 27–39 | 8.57 | 0.36 | 16.87 | | 0.925 |
| BCAs | 39–70 | 8.33 | 0.14 | 11.98 | | 10.89 |
| BCq | 70–80 | 8.73 | 0.08 | 11.92 | | 0.2 |
| Солонец светлогумусовый средний солончаковатый (Хаки, вторая терраса) | | | | | | |
| AJ | 1.5–6 | 6.84 | 1.11 | Не опр. | | |
| SEL | 6–10(12) | 7.97 | 0.58 | » | | |
| BSN | 12–20 | 8.44 | 0.57 | » | | |
| BSNdc | 20–25(27) | 9.02 | 0.69 | 5.34 | | Не опр. |
| BCAcs | 25(27)–42.5 | 9.1 | 0.41 | 15.94 | | » |
| | 42.5–57 | 8.51 | 0.18 | 14.44 | | 6.2 |
| | 57–66 | 8.57 | 0.27 | 12.89 | | 1.3 |
| | 66–80 | 8.45 | 0.2 | 10 | | 3.36 |
| BCs | 80–100 | 8.34 | 0.14 | 7.34 | | 3.52 |
| Солонец светлый мелкий солончаковый (Булукта) | | | | | | |
| SEL | 2–10 | 7.37 | 0.80 | Не опр. | | |
| BSN | 12–20 | 8.57 | 1.05 | » | | |
| BSNdc | 20–30 | 8.68 | 0.91 | » | | |
| BCAcs | 35–50 | 8.91 | 0.30 | 13.17 | | 5.00 |
| BCs | 60–80 | 8.91 | Не опр. | 17.66 | | 1.43 |
| C | 80–100 | 8.98 | » | 7.40 | | Не опр. |

ной в солонцовых и подсолонцовых горизонтах. Содержание карбонатов в сравниваемых солонцах относительно высокое – 11–16%. Содержание гипса в солонцах террас сора Хаки больше по сравнению с солонцом второй террасы оз. Булукта. Максимальная аккумуляция карбонатов и гипса происходит в подсолонцовых горизонтах. В почвообразующей породе содержание карбонатов и гипса уменьшается.

В изученных солонцах проведена диагностика существования и оценка степени выраженности солонцового процесса на основе диагностического критерия, предложенного Хитровым [33]. Диагностическим критерием существования солонцового процесса является сочетание двух групп признаков: 1) морфологические признаки горизонта: призматическая структура, которая имеет отношения высоты к горизонтальному размеру педов более 1.5–2 и горизонтальный размер структурных отдельностей не более 8–12 см, и(или) хотя бы редкие органо-глинистые натечные кутаны на боковых гранях педов; и обяза-

тельно 2) показатель физико-химических условий развития солонцового процесса $B > 0$ непосредственно в горизонте, указанном в п. 1, либо в горизонте, примыкающем к нему сверху, либо одновременно в обоих этих горизонтах. При показателе $B < 4$ степень выраженности солонцового процесса слабая, при $B > 4$ – сильная.

Из табл. 5 видно, что наиболее отчетливо по морфологическим признакам и физико-химическим условиям (при $B > 0$) солонцовый процесс диагностируется в солонце на второй террасе сора Хаки с хорошо выраженной столбчатой структурой, минимальным количеством токсичных солей, мощными органо-глинистыми кутанами и показателем $B = 1$ в надсолонцовом горизонте и $B = 3$ в солонцовом.

В солонце на первой террасе сора Хаки наблюдаются несоответствия между солонцовой структурой, хорошо выраженными кутанами и отсутствием физико-химических условий протекания солонцового процесса в гор. BSN ($B = 0$). В настоящее время, несмотря на морфологические призна-

Таблица 5. Диагностика существования и степени выраженности солонцового процесса

| Показатель | Сор Хаки | | Оз. Булухта |
|--|--|---------------------------------|-----------------------|
| Местоположение | Первая терраса | Вторая терраса | Вторая терраса |
| Структура гор. BSN | Ореховато-мелкопризматическая | Столбчатая | Крупно-призматическая |
| Доля Na обм в гор. BSN | 31 | 24 | 40 |
| Доля Mg обм в гор. BSN | 41 | 37 | 33 |
| Сумма токсичных солей в гор. BSN | 0.78 | 0.123 | 0.42 |
| Состав солей в гор. BSN | NaCl | NaCl | NaSO ₄ |
| Степень засоления в гор. BSN | Очень сильная | Слабая | Средняя |
| Морфологическая выраженность кутан | Мощные глинисто-гумусовые | Мощные кутаны шоколадного цвета | Глянцевые кутаны |
| Микроморфологическая выраженность кутан | Свежие мощные глинистые кутаны + стресс-кутаны | Свежие мощные глинистые кутаны | Стресс-кутаны |
| Показатель <i>B</i> в гор. SEL (по [33]) | 1 | 1 | 0 |
| Показатель <i>B</i> в гор. BSN | 0 | 3 | 3 |

ки, развитие современного солонцового процесса здесь, по нашему мнению, ограничено сильным засолением в солонцовом горизонте (табл. 5).

В солонце на второй террасе оз. Булухта солонцовый процесс также диагностируется по комплексу морфологических и физико-химических признаков, хотя и в меньшей степени, чем в солонце на второй террасе сора Хаки. Предполагаем, что слабые кутаны на гранях структурных отдельностей свидетельствуют о недостаточных условиях увлажнения для процессов иллювиирования в настоящий момент, что подтверждается данными по влажности сравниваемых почв.

Таким образом, в изученных солонцах отмечается несоответствие между низким показателем, применяемом для оценки физико-химических условий современного протекания солонцового процесса ($B < 4$), и хорошей морфологической степенью выраженности результата солонцового процесса – характерные структуры, кутаны на макро- и микроуровне в солонцовых горизонтах почв на первой террасе сора Хаки и на второй террасе оз. Булухта. Солонцы на второй террасе сора Хаки, отличающиеся наиболее мощными столбчатыми отдельностями с хорошо выраженным гор. SEL, имеют наибольшие показатели физико-химических условий для хода солонцового процесса. Если оценивать процесс осолонцевания по кутанам иллювиирования, то в солонце на второй террасе оз. Булухта они выражены в наименьшей степени, при этом структура и физико-химические условия протекания процесса выражены отчетливо. В солонце первой террасы сора Хаки как структура солонцового горизонта, так и текущие физико-химические условия для солонцового процесса выражены хуже всего, при этом на мак-

ро- и микроуровне кутаны иллювиирования здесь представлены лучше всего. Интенсивности протекания современного солонцового процесса препятствует большое количество солей.

На основе проведенных исследований попытались оценить интенсивность основных элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП) в сравниваемых почвах (табл. 6). Гумусонакопление наиболее активно в солонце на второй террасе сора Хаки, где в отличие от двух других солонцов сформировался светлогумусовый гор. АJ с содержанием органического вещества 1.1%. Наименее интенсивно гумусонакопление протекает в солонце на первой террасе Хаки, где содержание органического вещества минимально.

Криогенное оструктурирование и элювиирование в изученных солонцах проявляется в формировании листовато-плитчатой структуры надсолонцовых горизонтов, обезыливания и дифференциации тонкопылеватого и песчаного материалов в пределах плитчатых агрегатов. Для солонцов террас сора Хаки характерна наиболее четкая дифференциация вещества, чем в солонце второй террасы оз. Булухта.

Наиболее четко процесс соленакопления и оглеения виден в солонце на первой террасе сора Хаки, что связано с близким залеганием сильноминерализованных грунтовых вод. В солонцах на вторых террасах сора Хаки и оз. Булухта, то есть по мере снижения уровня грунтовых вод и уменьшения их минерализации в почвах процесс соленакопления постепенно ослабевает.

Наиболее интенсивно современное осолонцевание идет в солонцах на второй террасе сора Хаки, характеризующееся в хорошо выраженной столб-

Таблица 6. Основные ЭПП в солонцах террас сора Хаки и оз. Булухта

| Показатель | Сор Хаки | | Оз. Булухта |
|---|--|---|--|
| | первая терраса | вторая терраса | вторая терраса |
| Гумусонакопление | | | |
| С орг в верхнем горизонте, % | 0.56 | 1.1 | 0.8 |
| Цвет поверхностного горизонта | Палевый | Светло-серо-палевый | Светло-палевый |
| Засоление | | | |
| ΣТоксичных солей в гор. ВСАс, % | 1.52 | 0.82 | 0.79 |
| ΣСолей в гор. ВСАс, % | 4.27 | 2.8 | 1.17 |
| Осолонцевание | | | |
| Доля Na обм в гор. BSN, % | 31 | 24 | 40 |
| Структура гор. BSN | Ореховато-тонкопризматическая | Столбчатая | Призматическая |
| Показатель <i>B</i> в гор. BSN (по [33]) | 0 | 3 | 3 |
| Показатель <i>B</i> в гор. SEL | 1 | 1 | 0 |
| Лессиваж | | | |
| Морфологическая выраженность кутан | Мощные глинисто-гумусовые кутаны | Мощные кутаны шоколадного цвета | Глянцевые кутаны |
| Микроморфологическая выраженность кутан | Свежие тонкие сплошные глинистые кутаны + стресс-кутаны | Свежие мощные глинистые кутаны | Тонкие фрагментарные глинистые кутаны в порах + стресс-кутаны |
| Криогенное оструктурирование | | | |
| Структура гор. SEL | Тонкоплитчатый | Плитчато-листоватый | Комковато-плитчатый к низу сыпучий |
| Дифференциация тонкопылеватого и песчаного вещества | Отчетливая | Отчетливая | Неясная |
| Окарбоначивание | | | |
| Содержание CaCO ₃ в гор. ВСАс/BCs, % | 17/12 | 16/13 | 13/17 |
| Макро- и микроновообразования | Пропиточные формы | Пропиточные формы | Пропиточные формы |
| Гипсонакопление | | | |
| Содержание гипса в гор. ВсаСs, % | 10.89 | 3.3–6.2 | 5–1.4 |
| Новообразования | Обильные стяжения в виде прожилок, точек, скоплений, | Прожилки, точки, ниточки, | Скопления в виде гнезд, прожилки, |
| Микропризнаки | многочисленные плотные поровые заполнения из правильных по форме микрокристаллов гипса | многочисленные плотные поровые заполнения из правильных по форме и разных по размеру кристаллов гипса | единичные рыхлые поровые заполнения из разных по форме микрокристаллов гипса |
| Оглеение | | | |
| Цвет горизонта | Бурый с оливковым оттенком | Нет | Нет |
| Макро- и микроновообразования | Fe и Mn пятна, точки | Редкие Fe и Mn точки | Нет |

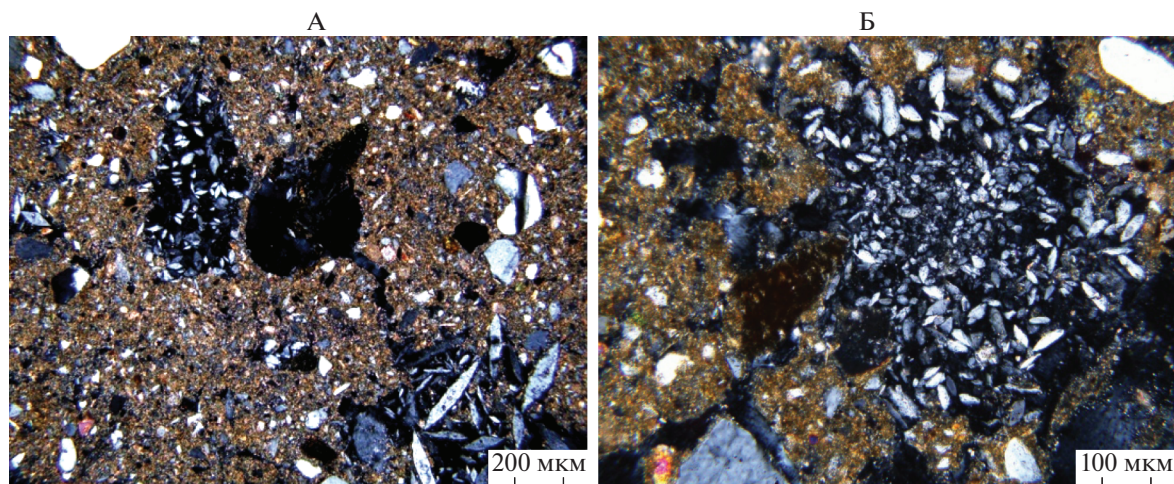


Рис. 8. Современные гипсовые новообразования в подсолонцовых горизонтах солонцов (XN): А – на первой террасе сора Хаки, мелкие и крупные кристаллы линзовидной формы; Б – на второй террасе сора Хаки, плотные микрокристаллические инфиллинги.

чатой структуре, наличием мощных глинистых кутан иллювиирования и физико-химических условий протекания солонцового процесса в солонцовом и надсолонцовом горизонтах. Аккумуляция карбонатов в сравниваемых почвах происходит практически одинаково и выражена преобладанием пропиточных микроформ кальцита.

Гипсонакопление более активно происходит в солонце на первой террасе сора Хаки, где содержание гипса составляет 11%. Это подтверждается и микроморфологическими исследованиями, поскольку для этого разреза характерны многочисленные поровые заполнения из правильных кристаллов гипса разного размера (рис. 8). Как известно, более крупные кристаллы гипса наиболее активно растут вблизи уровня грунтовых вод с высоким содержанием ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Макро-, мезо- и микроморфологические свойства изученных солонцов позволяют выявить ряд общих признаков, обусловленных характерными для солонцов ЭПП и специфических определяемых появлением дополнительного ЭПП или разной интенсивностью их проявления.

Общими признаками являются: 1) морфологически выраженные диагностические горизонты солонцов: тонкоплитчатые *надсолонцовые горизонты*, образованные активным элювиальным процессом и оструктурированием в условиях зимнего промерзания насыщенных водой горизонтов, и *солонцовые* с характерной призмовидно-столбчатой структурой и кутанами на гранях структурных отдельностей – результатом солонцового процесса; 2) большое содержание обменного натрия и маг-

ния в ППК; 3) пилообразное распределение гранулометрического состава и суммы токсичных солей; 4) накопление гумуса в солонцовых горизонтах в связи с миграцией органического вещества в щелочных условиях.

Специфические особенности сравниваемых солонцов проявляются как по морфологическим признакам, так и химическим свойствам. По морфологическим признакам среди сравниваемых почв отмечены: 1) разная мощность глинистых кутан и количество поровых заполнений (инфиллингов) тонкодисперсными гумусово-глинистыми частицами, связанных с более интенсивными процессами иллювиирования в солонцах террас сора Хаки; 2) разная мощность солонцовых горизонтов, обусловленная длительностью почвообразования – максимальная мощность солонцовых горизонтов наблюдается в почве второй террасы оз. Булухта, сформированной на более древних отложениях; минимальная – в солонце на наиболее молодой (первой) террасе сора Хаки; 3) разное количество признаков гидроморфизма (железистые и марганцевые новообразования). В наибольшей степени они выражены в солонцах первой террасы сора Хаки и совсем отсутствуют в солонце на второй террасе оз. Булухта.

По химическим показателям отмечены следующие различия: 1) наибольшее содержание токсичных солей характерно для солонцов террас сора Хаки, что мы связываем с более близким залеганием здесь минерализованных грунтовых вод; 2) в солонцах террас сора Хаки в составе ППК солонцовых горизонтов преобладает магний, а на второй террасе оз. Булухта – натрий, что предположительно связано с разным составом солей и соотношением катионов в растворе, а также и длительностью континентального развития поч-

вообразования; 3) на фоне большего содержания суммы токсичных солей в солонцах террас сора Хаки надсолонцовые горизонты сильнее отмыты от солей по сравнению с солонцом второй террасы оз. Булухта; 4) солонцы разных озерных депрессий отличаются по химизму засоления: в солонцах террас сора Хаки преобладает хлоридно-натриевое засоление с участием гипса в подсолонцовых горизонтах, в солонце на второй террасе оз. Булухта — сульфатно-натриевое, сменяющееся в подсолонцовых горизонтах на хлоридно-магниевое.

По особенностям физических свойств солонцы террас сора Хаки отличаются большей влажностью по сравнению с солонцом оз. Булухта, что, как мы считаем, определяет более интенсивную современную миграцию тонкодисперсных глинистых и органо-минеральных частиц с образованием мощных кутан и поровых заполнений (инфиллингов) в солонцах террас сора Хаки.

По физико-химическим условиям развития солонцового процесса, оцененного по показателю B , для солонца первой террасы сора Хаки в солонцовом горизонте $B = 0$ в отличие от двух других изученных солонцов, где $B = 3$. Отсутствие физико-химических условий развития современного солонцового процесса на первой террасе сора Хаки связано с высоким засолением.

В солонце первой террасы сора Хаки в надсолонцовых горизонтах показатель $B = 1$, что хорошо согласуется с микроморфологическими признаками миграции органо-минеральных тонкодисперсных частиц в верхней части гор. BSN и образованием глинистых кутан в солонцовом горизонте. В солонце второй террасы сора Хаки показатель $B > 0$ в обоих горизонтах: надсолонцовом и солонцовом, что говорит о лучшей выраженности современного солонцового процесса по сравнению с солонцами второй террасы оз. Булухта и солонцами первой террасы сора Хаки.

Благодарность. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (№ 14-34-50818-мол_нр, 13-05-00808а, 15-04-00918а). Описание шлифов проведено при финансовой поддержке гранта РНФ (№ 14-27-00133).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрющенко О.Н., Большаков А.Ф., Будина М.П., Долгова Л.С., Медведев В.П., Носин В.А., Трушковский А.А., Фридланд В.М. Северо-западный бессточный округ // Почвенное районирование Прикаспийской низменности и перспективы ее сельскохозяйственного использования. Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М. 1977. С. 37–53.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1961. 491 с.
3. Большаков А.Ф., Боровский В.М. Почвы и микрорельеф Прикаспийской низменности // Солонцы Заволжья. Мат-лы изысканий, исследований и проектирования ирригации Заволжья. М.—Л.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1937. Вып. VII. С. 134–169.
4. Будина Л.П. Типы солонцовых комплексов // Почвы комплексной равнины Северного Прикаспия и их мелиоративная характеристика. М.: Наука, 1964. С. 196–258.
5. Вишневецкая И.В. Лугово-каштановые почвы // Почвы комплексной равнины Северного Прикаспия и их мелиоративная характеристика. М.: Наука, 1964. С. 60–113.
6. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 272 с.
7. Гедройц К.К. Избранные сочинения. Т. 1. М.: ГИСХЛ, 1955. 415 с.
8. Глазовский Н.Ф., Демкин В.А., Иванов И.В. Некоторые особенности геохимии почв и грунтовых вод Нарынских песков и сора Хаки в Северном Прикаспии // География, эволюция и исследование легких почв. Пушино, 1986. С. 38–56.
9. Девятых В.А. Генетические особенности почв солонцового комплекса Северо-западного Прикаспия. Автореф. дис. ... канд. биол. н. М., 1970. 17 с.
10. Доскач А.Г. Природа северной части Волго-Уральского междуречья // Почвы комплексной равнины Северного Прикаспия и их мелиоративная характеристика. М.: Наука, 1964. С. 7–21.
11. Дружинин И.Г., Лепешков И.Н., Буйневич Д.В. Об исследовании соленых озер и солончаков по трассе Сталинградского канала // Сообщ. компл. научн. экспед. по вопросам полезащитного лесоразведения. 1952. Вып. 2.
12. Засоленные почвы России. М.: ИКЦ Академкнига, 2006. 854 с.
13. Иванов И.В., Демкин В.А., Губин С.В., Брылев В.А. Генезис каштановых почв Северного Прикаспия и некоторые особенности сухостепных почв // Почвоведение. 1980. № 8. С. 43–54.
14. Иванова Е.Н., Будина Л.П., Медведев В.П., Пачикина Л.И., Фридланд В.М. Солонцы // Генезис и классификация полупустынных почв. М.: Наука, 1966. С. 73–116.
15. Иванова Е.Н., Левина Ф.Я. Солонцовые комплексы Прикаспия // Почвоведение. 1952. № 10. С. 908–919.
16. Ковда В.А. Почвы и микрорельеф Каспийской низменности. Солончаки и солонцы. М., 1937. 178 с.
17. Ковда В.А. Почвы Прикаспийской низменности (северо-западная часть). М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 256 с.
18. Колесников А.В. Закономерности катионного обмена в целинных и мелиорированных лугово-каштановых почвах Северного Прикаспия (на примере Джаныбекского стационара). Автореф. дис. ... канд. биол. н. М., 2004. 24 с.
19. Колесников А.В., Соколова Т.А., Сиземская М.Л. Характеристика почвенного поглощающего комплекса лугово-каштановых почв Северного Прикаспия (Джаныбекский стационар) // Почвоведение. 2006. № 2. С. 179–189.
20. Кулакова Н.Ю., Соколова Т.А. Влияние лесных культур на состояние калия и фосфора в чернозе-

- мовидных почвах больших палин полупустынной зоны Северного Прикаспия // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, Почвоведение. 2003. № 3. С. 14–22.
21. *Лебедева М.П.* Микростроение субаридных и аридных почв суббореального пояса Евразии. Автореф. дис. ... докт. с.-х. н. М., 2012. 50 с.
 22. *Лебедева М.П., Конюшкова М.В.* Временные изменения микропризнаков в целинных и мелиорированных солонцах Джаныбекского стационара // Почвоведение. 2011. № 7. С. 818–831.
 23. *Лебедева М.П., Сиземская М.Л.* Анализ микростроения мелиорированных солонцов Джаныбекского стационара для оценки их экологического состояния // Поволжск. экол. журн. 2010. № 2. С. 166–176.
 24. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
 25. *Роде А.А.* Методы изучения водного режима почв. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 244 с.
 26. *Роде А.А., Польский М.Н.* Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1961. Т. 56. С. 3–214.
 27. *Сиземская М.Л.* Изменение морфологии и солевого состояния почв солонцового комплекса Северного Прикаспия под влиянием агролесомелиорации (на примере почв Джаныбекского стационара). Автореф. дис. ... канд. биол. н. М., 1989. 24 с.
 28. *Сиземская М.Л.* Мелиорируемые солонцы Северного Прикаспия и подходы к их классификации // Почвоведение. 1991. № 9. С. 97–108.
 29. *Славный Ю.А., Турсина Т.В., Кауричева З.Н.* К вопросу о генезисе засоленных почв в Прикаспии // Почвоведение. 1970. № 10. С. 19–25.
 30. *Соколова Т.А., Сиземская М.Л., Толпешта И.И., Сапанов М.К.* Изменение содержания и состава солей в почвах солонцового комплекса Джаныбекского стационара за последние 40–50 лет // Почвоведение. 2000. № 11. С. 1328–1339.
 31. *Фридланд В.М.* Светло-каштановые почвы // Почвы комплексной равнины Северного Прикаспия и их мелиоративная характеристика. М.: Изд-во Наука, 1964. С. 22–59.
 32. *Филиппов О.В.* Формирование природных аквадных комплексов озерной части Волгоградского водохранилища в условиях измененного гидрологического режима. Автореф. дис. ... канд. геогр. н. М., 2004. 24 с.
 33. *Хитров Н.Б.* Выбор диагностических критериев существования и степени выраженности солонцового процесса в почвах // Почвоведение. 2004. № 1. С. 18–31.
 34. *Хитров Н.Б.* Изменение микрорельефа и почвенного солонцового комплекса за вторую половину XX века // Почвы, биохимические циклы и биосфера. Развитие идей Виктора Абрамовича Ковды. К 100-летию со дня рождения. М.: Т-во научн. изданий КМК, 2004. С. 324–342.
 35. *Хитров Н.Б.* Связь солонцового комплекса Северного Прикаспия с микрорельефом // Почвоведение. 2005. № 3. С. 271–284.
 36. *Хитров Н.Б., Понизовский А.А.* Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М., 1990. 236 с.
 37. *Чепалыга А.Л., Пирогов А.Н.* Влияние вод Хвалынского бассейна древнего Каспия на формирование долины Маныча и его ландшафтов // Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 2006. С. 409–415.
 38. *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 // Почвоведение. 2010. № 3. С. 282–292.
 39. *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
 40. *Шабанова Н.П., Хитров Н.Б., Герасимова М.И.* Зависимость свойств почв от морфометрических параметров западин глинистой полупустыни Заволжья // Почвоведение. 2008. № 9. С. 1037–1046.
 41. *Шадрин М.Б., Быков А.В., Колесников А.В., Шабанова Н.П.* Структурно-функциональная организация экотона побережья пересыхающего оз. Булхута (Северный Прикаспий) // Аридные экосистемы. 2013. Т. 19. № 4(57). С. 70–76.
 42. *Fullerton S., Pawluk S.* The role of seasonal salt and water fluxes in the genesis of Solonchic B horizons // Canadian J. Soil Sci. 1987. Т. 67. № 4. P. 721–730.
 43. *Gerasimova M.I., Gubin S.V., Shoba S.A.* Soils of Russia and Adjacent Countries: Geography and Micromorphology. Moscow–Wageningen, 1996. 204 p.
 44. *Kellogg C.E.* Morphology and genesis of the solonchic soils of western North Dakota // Soil Sci. 1934. Т. 38. № 6. P. 483–502.
 45. *Reeder S.W., Odynsky W.* Morphological and chemical characteristics of the Solonchic soils of northwestern Alberta // Canadian J. Soil Sci. 1964. Т. 44. № 1. P. 22–33.
 46. *Stoops G.* Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin section. Published by soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin, USA. 2003. 184 pp.
 47. *Szendrei G.* Micromorphology of Solonchic Soils // Solonchic Soils: Problems, Properties, Utilization. Osijek, Subcomof Salt-affected Soils. 1988. P. 178–183.
 48. *Wetter L.G., Webster G.R., Lickacz J.* Amelioration of a Solonchic soil by subsoiling and liming // Canadian J. Soil Sci. 1987. Т. 67. № 4. P. 919–930.
 49. *Whittig L.D.* Characteristics and genesis of a Solonchic-Solonchic of California // Soil Sci. Soc. Am. J. 1959. Т. 23. № 6. P. 469–473.
 50. *Wilkinson K., Johnson E.A.* Distribution of prairies and solonchic soils in the Peace River district, Alberta // Canadian J. Botany. 1983. Т. 61. № 7. P. 1851–1860.