

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ
ЛУГОВО-ПОЛУПУСТЫННОГО КОМПЛЕКСА ТЕРРАСЫ СОРА ХАКИ
БОТКУЛЬСКО-ХАКСКОЙ ДЕПРЕССИИ ПРИКАСПИЙСКОЙ
НИЗМЕННОСТИ И ВЛИЯНИЕ НА НИХ БИОГЕННОГО ФАКТОРА***

© 2010 г. Н. П. Шабанова¹, М. П. Лебедева–Верба², А. В. Быков¹

¹Институт лесоведения РАН, 143030, с. Успенское, Одинцовский р-н, Московская обл.

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

e-mail: root@ilan.msk.ru; m_verba@mail.ru

Поступила в редакцию 16.04.2009 г.

Изучена начальная стадия формирования комплексного почвенного покрова Прикаспийской низменности. Полученные материалы позволили выявить особенности морфологических и химических свойств почв террас сора Хаки и оценить роль роющих животных в формировании микрорельефа и комплексного почвенного покрова наиболее молодых территорий Прикаспийской низменности. Почвенный покров представлен трехчленным комплексом: относительно ровная поверхность занята солонцами светлогумусовыми квазиглеевыми, повышения – зоотурбированными солонцами, понижения – гумусово-квазиглеевыми почвами. Слоистость отложений террас сора Хаки и близость к поверхности минерализованных грунтовых вод определяют специфику современного засоления изученных солонцов – “пилообразность” солевого профиля, связанную с неоднородностью гранулометрического состава отложений. Крупные микроповышения характеризуются специфическими зоотурбированными солонцами. Суслики покинули данную территорию около 5–7 лет назад, что позволяет оценить скорость рассоления выброшенного ими гипсоносного и засоленного материала и скорость засоления за этот период нижней части солонцового и подсолонцовых горизонтов по сравнению с фоновыми солонцами. Особенности строения почвенных профилей замкнутых понижений позволяют предполагать полигенетичность их формирования. Современные признаки гидроморфизма определяют особенности их строения.

ВВЕДЕНИЕ

Взаимосвязь организмов и окружающей их среды, особенно четко проявляются в почве, представляющей не только среду обитания многообразных групп организмов, но и результат их совокупной деятельности [10, 12, 13]. Деятельность обитающих в почве животных – важный биологический фактор почвообразования, однако его исследованию почвоведы уделяют в настоящее время недостаточно внимания. Изучение влияния почвенных животных на состав и свойства солонцов, выявление их роли в формировании особенностей микрорельефа давно привлекало исследователей почв полупустынного комплекса [1, 2, 13, 17, 18, 29], однако эта проблема остается актуальной и до настоящего времени.

Целью данной работы является изучение генезиса целинных почв лугово-полупустынного комплекса на молодых террасах сора Хаки и выявление роли роющих животных в формировании особенностей микрорельефа и почвенного покрова.

Задачами исследований явились: 1) составление карты микрорельефа на типичный участок второй

террасы сора Хаки, 2) оценка доли участия элементов микрорельефа, связанных с роющей деятельностью животных, 3) характеристика особенностей морфологического строения почвенных разрезов, приуроченных к различным элементам микрорельефа, 4) изучение особенностей химического состава основных типов почв.

Природные условия и свойства основных типов почв Волго-Уральского междуречья наиболее подробно изучены на территории Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН [5, 11, 15, 25, 27, 28]. Почвенный покров террас сора Хаки Боткульско-Хакской депрессии, согласно районированию южной полупустыни [14], исследован существенно меньше, в литературе представлены единичные данные по химическому составу грунтовых вод, почвообразующих пород и почв [3, 6, 7, 16, 20].

Известно, что Прикаспийская низменность сформировалась в пределах тектонической впадины, которая неоднократно заполнялась водами морей. Отступление моря происходило с остановками на разных уровнях. Наиболее длительной была позднехвалынская задержка моря на территории Прихакской равнины, абсолютные высоты которой близки к 0 м над уровнем моря [14]. Горизонталь с

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 08-04-01333а и № 06-05-64082а).

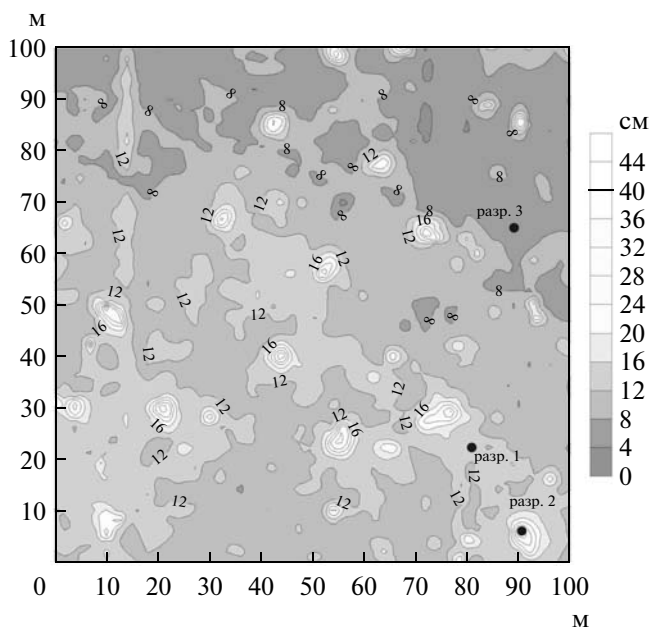


Рис. 1. Микрорельеф ключевого участка. Высота относительная выражена в сантиметрах. Сечение через 4 см. Кружками показаны места заложения почвенных разрезов.

нулевой отметкой, вблизи которой была заложена площадка для изучения особенностей почв лугово-полупустынного комплекса, характеризует максимальный уровень позднехвалынской стадии трансгрессии. По данным Рычагова [26], возраст этой трансгрессии измеряется 11.3–15.8 тыс. лет, что позволяет рассматривать изучаемую нами территорию как относительно молодую по сравнению с другими литолого-геоморфологическими районами северной части Прикаспийской низменности.

Береговая линия позднехвалынского моря имела глубокие заливы на север и таким образом участки, ограниченные на местности высотой менее нулевой отметки, где проводились наши исследования, представляют собой территории с минимальной длительностью периода континентального развития в пределах указанного выше отрезка времени [14].

Актуальность данных исследований определяется единичными данными по свойствам почв и неоднозначностью решения проблемы генезиса почвенного микрорельефа наиболее молодых территорий Волго-Уральского междуречья, каковыми являются террасы сора Хаки.

Наша опорная площадка имеет отметки –5 м и расположена на северной террасе сора Хаки. По данным Ковды [20], абсолютный уровень первой и второй террас колеблется от –10 до 0 м, первая терраса выражена не повсеместно, местами она занимает очень узкую полосу вдоль северо-восточного берега. Выше (от 0 до +10 м) располагается третья терраса, являющаяся общей с третьей террасой оз. Боткуль.

Северо-западная часть сора Хаки является самой жаркой и сухой частью Русской равнины, располагающейся в зоне внутриконтинентальной полупустыни с очень теплым летом и умеренно холодной зимой. Для южной части Волго-Уральского междуречья, как и для всего юго-востока Русской равнины, характерна сильная изменчивость увлажненности по годам и по циклам лет. В сухие годы здесь может выпасть до 70–130 мм осадков при совершенно бездождевом лете, а в отдельные влажные годы – до 300 мм, причем большая часть их приходится на начало лета. Климатические условия по отдельным сезонам года также распределяются неравномерно. Среднегодовое количество осадков (175–160 мм) во много раз меньше величины испаряемости, достигающей 1000 мм [14]. Еще больше обостряют засушливость летние суховеи, характерные для изучаемой территории [14].

По данным Андрущенко с соавт. [3], почвенный покров террас сора Хаки представлен лугово-полупустынными солончаковыми солонцами с луговыми осолоделыми почвами в лиманах. Грунтовые воды залегают на глубине 3–5 м, в лиманах – 2–3 м. Степень минерализации очень высокая – 30–60 г/л. Район сложен хвалынскими шоколадными глинами с супесчаными и песчаными прослоями [3].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Изучение почв лугово-полупустынного комплекса проводилось на типичном участке второй террасы сора Хаки, в 8.5 км к северо-западу от северной оконечности сора (широта 48°47'25.62", долгота 47°12'38.16"). Для характеристики участка нами была заложена опытная площадь размером 100 × 100 м и составлена карта микрорельефа по результатам нивелирной съемки. Площадная съемка проводилась по сетке с шагом 2 м, дополнительные точки брались на вершинах бугорков, на самых низких позициях в понижениях и на хорошо заметных перегибах. Картографическое изображение микрорельефа было получено с помощью пакета программ Surfer (рис. 1).

Растительный покров неоднороден и характеризуется слабой выраженностью комплексности. В основном преобладают пустынные и солевые виды; разнотравья и степных видов практически нет. На сусликовинах проективное покрытие составляет 30–40%. Растительность представлена петросимонией (*Petrosimonia triandra*), сведой кустарниковой (*Suaeda fruticosa*), солянкой листовенной (*Salsola laricina*), полынью черной (*Artemisia pauciflora*), прутняком простертым (*Kochia prostrata*), в меньшей степени присутствуют житняк пустынный (*Agropyron desertorum*), типчак (*Festuca valesiaca*). На ровных не нарушенных зоогенной деятельностью участках (в дальнейшем такие территории будем называть фоном) проективное покрытие составляет 50%. Растительный покров состоит из по-

лыней: Лерха (*A. lerchiana*) и сатоники (*A. satonica*), прутняка простертого (*K. prostrata*), типчака (*Festuca valesiaka*), житняка пустынного (*A. desertorum*), ромашника (*Tanacetum achilleifolium*), камфоросмы (*Camphorosma monspeliaca*), острца ветвистого (*Leymus ramosus*); проективное покрытие составляет 50%. В нанопонижениях проективное покрытие 60–70% и типична растительность, характерная для западин: типчак (*F. valesiaka*), ковыль-волосатик (*Stipa capillata*), кермек широколистный (*Limonium platyphyllum*), грудница мохнатая (*Galatella villosa*), гвоздика аджевского (*Dianthus andrzejewskianus*) и др.

Выявлены различия в составе и характере растительного покрова на разных элементах микрорельефа, что свидетельствует о комплексности растительного покрова. Растительность сусликовин в отличие от фона характеризуется большей разреженностью, преобладанием пустынных видов, в том числе большим количеством солевыносливых. Условия произрастания солевыносливых видов на сусликовинах, видимо, более благоприятны, в результате чего здесь наблюдается большая высота травостоя. На фоне солеустойчивых и пустынных видов присутствуют растения-остепнители: острец, типчак, пустынный житняк. Растительность нанопонижений более разнообразная в них в основном преобладают степные виды; нет разнотравья.

На опытной площадке было заложено 3 почвенных разреза на разных элементах микрорельефа под разной растительностью: 1) на ровном участке заложены эталонный разрез под полынно-злаковой ассоциацией, его поверхность не нарушена роющей деятельностью животных. Это солонец светлогумусовый квазиглеевый (здесь и далее названия почв даны по Полевому определителю почв России [23]); 2) на микроповышении, представляющем собой несколько сросшихся сусликовин, под чернополынно-злаковой ассоциацией развит профиль солонца, погребенный под выбросом суслика – зотурбированный солонец светлый квазиглеевый; 3) в нанопонижении под злаковой растительностью вскрыта гумусово-квазиглеевая почва.

Возле разрезов бурились скважины до грунтовых вод. Грунтовые воды на заложённой площадке залегают на глубине около 2.2 м. Так как водоносный горизонт везде находился в песчаных отложениях, отбор проб грунтовой воды был проблематичен, воду удалось отобрать только в скважине под эталонным разрезом. Химический состав грунтовой воды в нашем разрезе эталонного солонца характеризуется сильным хлоридно-натриевым засолением и минерализацией 16 г/л.

В послонных образцах, отобранных через 10 см, было проведено определение рН, гумуса и состава водных вытяжек¹. Определения гипса, карбонатов, обменных оснований в образцах генетических горизонтов были проведены в лаборатории массовых

химических анализов Почвенного института им. В.В. Докучаева. Все анализы выполнены по стандартным методикам [4, 9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Характеристика микрорельефа. По результатам нивелирной съемки была составлена карта микрорельефа опытной площадки (рис. 1). Как видно, участок представляет собой достаточно ровную поверхность с перепадами высот 8 см (без учета сусликовин) и раскиданными по поверхности микроповышениями. Северный край карты характеризуется относительно низкими отметками высот и пониженным положением, нанопонижения главным образом приурочены к этой части. Микроповышения сформированы в основном на поверхностях, ограниченных горизонтально 12 см. Наиболее высокие микроповышения значительны по размеру и имеют диаметр до 8 м. Они представляют собой группы сросшихся сусликовин, имеющих различный возраст. Опывая, эти микроповышения приобретают округлые очертания. Микроповышения занимают около 7.5% площади опытной площадки и имеют превышения над ровной поверхностью в среднем около 28 см. Скорее всего поверхности, примыкающие к сусликовинам, сформировались в результате сноса материала с сусликовин. Больших замкнутых западин, характерных для более древних поверхностей с более длительным периодом континентального развития, которые описаны Роде, Польским [25], на изучаемой нами площадке не выявлено. Для изученного участка характерны едва выраженные в рельефе незамкнутые вытянутые нанопонижения глубиной от 1 до 4 см, маркируемые, главным образом, по обильной злаковой растительности. Общий рисунок микрорельефа, вероятно, связан с исходной неоднородностью рельефа озерно-аллювиальной террасы, которая отмечалась и ранее при описании террас сора Хаки [20]. Отсутствие крупных западин также может быть связано с развитием их на слоистых породах со значительным участием пород легкого гранулометрического состава.

На изучаемой территории малые суслики (*Citellus pygmaeus* Pall.) в настоящее время отсутствуют. Норные отверстия этих зверьков на поселениях не сохранились, но их подземные ходы, используемые многочисленными здесь общественными полевками (*Microtus socialis* Pall.), видны еще хорошо. Судя по степени сохранности норных ходов суслика, состоянию подстилки в их гнездовых камерах и анализу корневых систем растений, засыпанных выбросами зверьков, суслики исчезли отсюда 5–7 лет назад. Видимо это произошло после большого пожара, который диагностируется по возрасту восстановившихся муравейников и по количеству отросших мутовок у полукустарников. Отметим, что на ровных участках фона (вне сусликовин) местами

¹ Аналитик – Н.П. Шабанова.

присутствуют временные поселения общественных полевков, характеризующиеся поверхностной норной системой на глубине до 20 см (в данном случае эталонный разрез размещен в стороне от них).

Макроморфологические свойства. При оценке классификационного положения изученных почв и индексации генетических горизонтов использовали Полевой определитель почв России 2008 г., хотя в скобках мы даем название почв по классификации почв 1977 г. Это необходимо для сравнения полученных нами данных с литературными материалами. Приведем описание почвенных разрезов.

Разр. 1 (эталонный) заложен на ровном участке, не нарушенном деятельностью сусликов и грызунов, под полынно-злаковой ассоциацией. Вскипание с 17 см. Грунтовая вода на глубине 219 см.

AJ, 0–5 см. Сухой, светло-серо-палево-желтоватый, комковато-чешуйчатый с порошистостью, легкосуглинистый, не вскипает, пронизан тонкими корешками.

SEL, 5–8(10) см. Сухой, цвет тот же, чешуйчатый, сыпучий, легкосуглинистый, не вскипает, мелкие корешки, более толстые корни диаметром 2–5 мм встречаются до 15 см, глубже только тонкие корешки, переход ясный по цвету, плотности, структуре.

BSN, 8(10)–15(17) см. Сухой, буро-коричневый, неоднородный по цвету, плотный, трещиноватый, столбики разламываются на призмочки размером 0.5 × 1 см, гумусово-глинистые кутаны буро-коричневого цвета и глинистые кутаны бурого цвета по граням структурных отделностей, среднесуглинистый, встречаются мелкие корни, не вскипает от HCl.

BSNdc,s, 15(17)–35 см. Свежий, коричнево-бурый, менее плотный, непрочный столбчатый, вниз структура ухудшается, корней становится меньше, среднесуглинистый, вскипает от HCl, переход по уменьшению плотности, появлению солей.

BCAs, 35–55 см. Свежий, бурый, уплотненный, сохраняет призмовидность, опесчаненный суглинок, вскипает, появляются мелкие карбонатные и солевые новообразования в виде скоплений, прожилок, гроздьев, имеющих вертикальную ориентацию.

BCs, 55–80 см. Свежий, бурый, менее плотный, неясные призмы разваливаются (комковатость), опесчаненный суглинок, обильные скопления солей в виде жилок до 2 мм вертикальной направленности, немногочисленные мелкие корешки, редкие мелкие обломки ракушек, переход по уменьшению морфологических выделений солей и увеличению количества ракушек.

Глубже вскрыты слоистые озерно-аллювиальные отложения песчаного состава различных цветов, подстилаемые суглинистым материалом:

80–100 см. Свежий, рыжий песок, менее плотный, количество ракушек увеличивается, солей существенно меньше.

100–120 см. Свежий, рыжегато-желтый песок, светлее предыдущего, обломки ракушек, перестает вскипать от HCl.

120–127 см. Слой из ракушек, влажноватый, прослойки суглинистого материала коричневатого-бурого цвета, кристаллы гипса, вскипает от HCl.

127–150 см. Рыжегато-желтый песок, который местами вскипает или шипит.

С глубины 150 см – суглинистый материал буроватого цвета, вскипает.

Представленный почвенный разрез по Полевому определителю почв России [23] при наличии минерализованных грунтовых вод на глубине 219 см можно охарактеризовать как солонец светлогумусовый солончаковатый квазиглеевый. Отсутствие в профиле морфохроматических признаков гидроморфизма связано с подстилением профиля песчаными отложениями. По классификации почв России 1977 г. [19] это каштаново-луговой солонец мелкий солончаковатый. Признаков зоогенной деятельности в изученном фоновом разрезе не отмечается, корни растений встречаются до глубины 60 см.

Разр. 2, заложенный в центре сусликовины, находится в 20 м от разр. 1 под чернополынно-злаковой ассоциацией с прутняком и сведой. Вскипание с поверхности.

TURdc, 0–13 см. Сухой, светло-серо-палево-желтый, непрочный чешуйчатый, порошистый, рыхлый, осыпается, опесчаненный средний суглинок, мелкие, тонкие травянистые корни диаметром менее 1 мм, есть крупные диаметром 1 мм, включения обломков ракушек, вскипает от HCl, переход заметен по плотности, структуре, цвету, уплотнению, граница ровная.

E1, 13–17(20) см. Сухой, светло-палево-желтый, легкосуглинистый, уплотненный, слабо вскипает от HCl, встречаются тонкие корешки.

BSN, 17(20)–29(31) см. Сухой, буро-коричневый, неясная столбчатость, столбики легко распадаются на мелкие призмы размером 0.5 × 0.5 см, головки столбиков имеют некоторое осветление за счет появления скелетан, уплотненный, среднесуглинистый, пронизан мелкими корнями, мелкие поры, обнаружены ходы и личинки жуков, слабо вскипает от HCl. С глубины 20 см на передней стенке начинаются вертикальные трещины до глубины 80 см, шириной 1 мм, переход ясный по цвету, структуре, плотности, граница ровная.

BCAs, 29(31)–40 см. Сухой, буро-коричневый, плотный, структура неясная, разламывается на крупные комки, опесчаненный средний суглинок, есть поры (мало), в верхней части горизонта белые выцветы солей в виде

прожилок, точек, книзу количество солей увеличивается, вскипает.

BCs, 40–100 см. Бурый, опесчаненный средний суглинок, встречаются многочисленные гнезда выцветов солей размером до 2×2 см; они занимают до 50% горизонта, вскипает от HCl, чехлики корней, редкие тонкие корешки. С 57–60 см появляются включения белых ракушек, ниже их становится больше, плотность горизонта меньше. На глубине 70–75 см обнаружена гнездовая камера диаметром 10 см, заполненная материалом из вышележащих горизонтов, густо пронизанным мелкими корешками с обилием остатков хитина насекомых, на этой же глубине основной выход тонких травянистых корней. На глубине 90 см обнаружена еще одна гнездовая камера, заполненная корнями и хитином насекомых, материал в камере более гумусирован, рядом на этой же глубине аналогичная камера. Глубже плотность горизонта уменьшается, встречаются толстые корни диаметром 5 мм, вокруг стгнивших корней более рыхлый материал с остатками хитина.

C, 100–180 см. Свежий, светло-коричнево-желтый, желтее предыдущего, песчаный, вскипает слабо, рыхлый, мягкий, неплотный, бесструктурный, обилие ракушек, мелкие, тонкие корешки, чехлики корней.

Почва – зоотурбированный солонец светлый солончаковый квазиглеевый. Грунтовые воды находятся на глубине 246 см. В классификации почв 1977 г. аналога не имеет.

Разр. 3 расположен в 40 м от разр. 1 и в 60 м от разр. 2 под злаковой ассоциацией. Вскипание от HCl наблюдается с 72 см.

AJ1, 0–8(10) см. Сухой, светло-серо-палевый, рыхлый, бесструктурный, непрочный, легкосуглинистый, присутствует чешуйчатость, на глубине 6 см вскрыт ход полевки с выходом на поверхность, диаметр хода 5 см, высота 10 см, на дне хода ветошь из сухих листьев.

AJ2, 8(10)–50(52) см. Сухой, светло-палевый с грязно-серым оттенком, очень плотный, пронизан биогенными тонкими порами, откалывается на уплощенные длинные отдельности, которые легко рассыпаются на порошок, легкосуглинистый, тонкие корни, переход ясный по цвету, структуре, граница ровная и резкая.

BMKsn.g, 50(53)–72 см. Сухой, каштановый с ржавостью (которая нарастает вниз), плотный, трещиноватый, призмовидный, пористый, среднесуглинистый, тонкие корни (среднее количество), черные точки, ожелезнение по корням, к низу увеличивается неоднородность горизонта из-за увеличения ожелезнения, граница языковая, языки коричневого цвета проникают в

нижележащий горизонт, переход постепенный по появлению вскипания.

Q1, 72–90 см. Неоднородный, на буро-рыжем фоне коричневые языки, среднесуглинистый, плотный, призмовидный, призмы размером 1.5×1.5 см и 2×2 см, пятна ожелезнения, пористый, серовато-коричневатые языки по корням, языки из вышележащего горизонта не вскипают от HCl, весь остальной материал вскипает, карбонатный налет по внутриведным прожилкам, мелкие корешки.

Q2, 90–107 см. Свежий, бурый, менее плотный, уплотненный, сильноопесчаненный суглинок, карбонатные прожилки, мелкие обломки ракушек (мало), пористый, вскипает весь, призм неправильной формы, грани неровные с ореховатостью, излом раковистый, редкие тонкие корни.

Q3, 107–140 см. Свежий, цвет тот же, выламывается непрочными глыбами, структура плохо выражена, менее плотный, уплотненный, песчаный, без карбонатных новообразований и прожилок, мелкие обломки ракушек (немного), вскипает от HCl бурно.

Судя по свойствам верхнего горизонта, по признакам потечности глинисто-железисто-гумусового вещества в срединном горизонте и отчетливым признакам оглеения в нижних горизонтах, данный разрез почвы можно отнести к гумусово-квазиглеевой почве. Ее морфологической особенностью является отсутствие в профиле солевых новообразований и глубокое появление вскипания с 72 см. Грунтовые воды вскрыты на глубине 212 см. По классификации почв 1977 г. этот разрез скорее всего может быть отнесен к гидроморфным почвам – к типу луговых почв полупустынь [19].

При сравнении глубин залегания генетических горизонтов эталонного солонца и солонца на сусликовине можно видеть, что они в целом сопоставимы. Поэтому те изменения в морфологических признаках и составе, которые наблюдаются в зоотурбированном солонце, можно связать с влиянием роющей деятельности сусликов, которые жили здесь 5–7 лет назад. На сусликовине в выброшенном карбонатном материале за это время исчезли морфологически выраженные карбонатные и солевые новообразования (прожилки, точки), в окраске появились серые тона за счет увеличения его гумусированности, в структурном отношении вместо порошистости появляется чешуйчатость.

Погребенный надсолонцовый горизонт *зоотурбированного солонца* отличается от такового горизонта эталонного солонца появлением слабого вскипания и некоторого уплотнения. Солонцовый горизонт, погребенный выбросами, сохраняет характерную окраску, но становится более рыхлым, его столбчатая структура легко распадается на мелкие призмы, он разбит трещинами, отмечается по-

всеместное вскипание от HCl. Интересно, что солевые выцветы морфологически появляются на той же глубине, что и в эталонном солонце. Отличительной особенностью биогенной переработки погребенного солонцового горизонта является наличие камер личинок беспозвоночных диаметром около 1 см и увеличение количества относительно крупных корней (предположительно прутняка).

Глубже солонцового горизонта материал морфологически не отличается от такового эталонного разреза. Во всем профиле разреза, заложенного на сусликовине, отмечаются многочисленные и разнообразные следы роющей деятельности позвоночных и беспозвоночных животных (ходы, камеры), отмечены останки животных и продуктов их жизнедеятельности (хитин, кости, помет), различные привнесенные животными материалы (пищевые запасы, подстилка и т.д.). Важно, что в этом разрезе свежие корни проникают до глубины 180 см, что существенно глубже чем в эталонном разрезе (до 60 см).

Гумусово-квизиглеевая почва нанопонижения отличается присутствием очень плотного, фактически слитого горизонта, который залегает на глубине 10–52 см и имеет большую мощность. В наименее плотной части светлогумусового горизонта (на глубине 6–15 см) обнаружен ход общественной полевки, открывающийся на поверхность. Это типичный транзитный ход, ведущий от поселения зверьков к кормовому угодию. Ходы такого рода всегда поверхностны и часто образуют специфическую систему: подземный ход переходит в наземную тропу, где она возникает либо на особенно уплотненных участках, либо там где защитные свойства растительности оптимальны [21]. Подчеркнем, что такие наземные тропы в результате длительного пользования обычно заглублены в почву на 2–3 см и представляют собой неглубокие канавки, направляющие водяные потоки в норы. Срединный гор. ВМК_{sp,g} характеризуется наличием признаков поверхностного оглеения, усиливающихся к низу. Характерными особенностями этого срединного горизонта являются гумусово-глинистые кутаны иллювиирования по граням структурных отдельностей и цветовая неоднородность, возникающая из-за усиления оглеения и увеличения количества глинистых пленок. Под ним залегает плотный, призмовидный горизонт бурого цвета с обильными пятнами сизовато-серого и охристого цвета, с глинистыми кутанами и карбонатными новообразованиями в виде прожилок. Поскольку горизонт имеет неоднородную окраску, наличие железистых и марганцовистых примазок и пятен, мы рассматриваем его, согласно диагностическим признакам, как квазиглеевый. Согласно Полевому определителю почв России [23], для этого горизонта потечность органического вещества и наличие карбонатных новообразований допускается. Гипсовые солевые новообразования в разрезе нами не обнаружены.

В почве нанопонижения следы деятельности животных отмечены лишь в верхней части ее поверхностного слоя; основная масса корней сосредоточена в поверхностном слое на глубине до 50 см, что, очевидно, объясняется уплотнением почв здесь в результате выщелачивания легкорастворимых солей и гипса вследствие застаивания стекающих сюда талых и ливневых вод [22] на фоне литогенной неоднородности почвообразующих пород.

Х и м и ч е с к и е с в о й с т в а. Солевые профили в исследуемых солонцах имеют неравномерный (“пилообразный”) вид (рис. 2А, Б). Уменьшение количества солевых новообразований к началу второго метра в изученных солонцах связано с литологической неоднородностью почвообразующих пород: опесчаненный суглинок сменяется песчаными прослойками с обильными включениями ракушек (*Didacna parallella*, *Monodacna caspia* Eichw, *Dreissena rostriforkus distincta* Andr., *Dreissena polymorpha* Pall.), которые приурочены к отложениям хазарского времени (определения выполнены в Геологическом институте РАН). Ниже вновь появляется суглинок, и количество солей резко увеличивается вплоть до грунтовых вод.

По результатам анализа водных вытяжек в разрезе *эталонного солонца* надсолонцовый и первый солонцовый горизонты характеризуются наименьшей засоленностью (средней степенью засоления, когда сумма солей составляет 0.3%) и сульфатным составом солей. Начиная с нижней части второго солонцового горизонта, почва характеризуется сильной и очень сильной степенью засоления и хлоридным составом солей (рис. 2А). Отсутствие на поверхности максимума легкорастворимых солей свидетельствует о процессах рассоления верхних почвенных горизонтов на глубину 15 см.

В *зоотурбированном солонце* верхние горизонты в настоящее время по данным водной вытяжки рассолены на глубину до 35 см (сумма солей составляет 0.1%, табл. 1). Отношение содержания натрия к кальцию в водной вытяжке из надсолонцового и солонцового горизонтов в 8 раз меньше, чем в этих же горизонтах эталонного солонца (рис. 2Б). При этом в погребенных надсолонцовом и солонцовом горизонтах происходит относительное накопление водорастворимого кальция, вероятно, за счет разрушения и вымывания солей кальция из материала, выкинутого сусликами из-под солонцового карбонатного горизонта.

Начиная с подсолонцового горизонта зоотурбированного солонца (с 55 см), количество солей резко возрастает и превышает их содержание в фоновом солонце (табл. 1). По-видимому, это является результатом разнонаправленных процессов – вымывания солей из выброшенного засоленного почвенного материала и подтягивания солей снизу при близком залегании минерализованных грунтовых вод. Полученные нами материалы согласуются с особенностями водного режима на старых суслико-

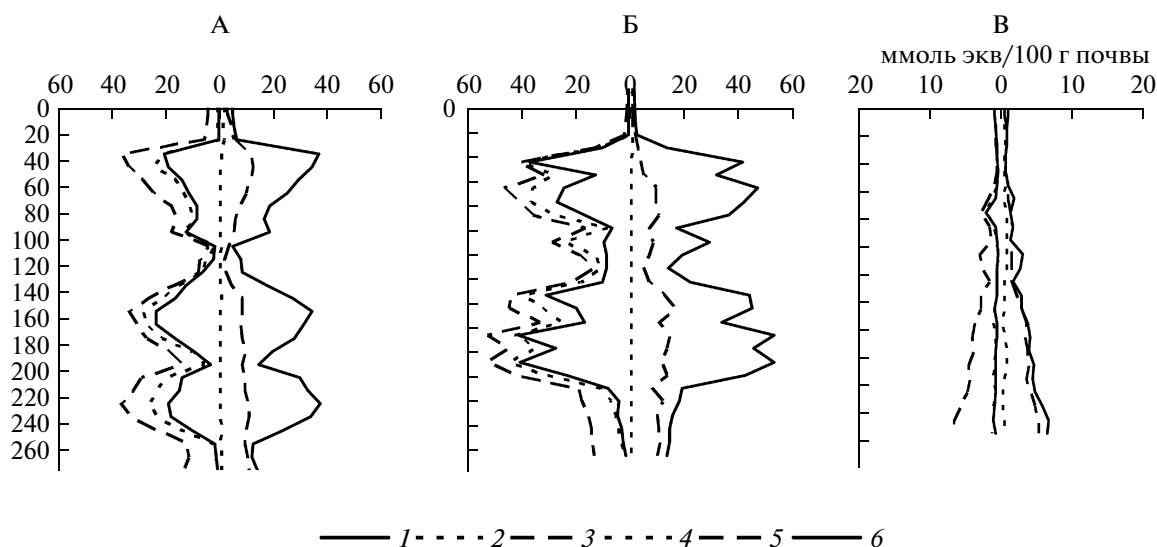


Рис. 2. Солевые профили: А – эталонный солонец, разр. 1; Б – зотурбированный солонец, разр. 2; В – гумусово-квизиглеевая почва, разр. 3. Обозначения: слева от нуля: 1 – Ca^{2+} , 2 – Mg^{2+} , 3 – Na^+ ; справа от нуля: 4 – HCO_3^- , 5 – Cl^- , 6 – SO_4^{2-} .

винах, изученных ранее [1], в которых происходит интенсивное промачивание весной и сильное иссушение летом. По сравнению с фоном в зотурбированном солонце наблюдается изменение состава солей с хлоридного на хлоридно-сульфатный по анионам и с натриево-кальциевого на натриево-магниево-кальциевый по катионам (рис. 2Б). Глубже по профилю (с 45 до 180 см) наблюдается чередование хлоридного и сульфатного засоления с участием гипса. От 180 см и до грунтовых вод преобладает хлоридное засоление. Интересно, что хлоридно-сульфатное засоление наблюдается на глубине максимального скопления ракушек и на глубине, где большую часть горизонта занимают старые камеры-кладовые сусликов. Так, биологическая переработка материала, накладываясь на литологическую слоистость почвообразующего материала, преобразует ее и определенным образом способствует изменению химизма засоления зотурбированных солонцов.

Среди сравниваемых нами почв наиболее промытой от солей является почва нанопонижения (табл. 1, рис. 2В), верхние 95 см которой являются незасоленными. Во втором метре и до грунтовой воды количество солей возрастает до слабой и средней степени засоления, а толща характеризуется хлоридным засолением. Значительная промывка от легкорастворимых солей обусловлена прежде всего пониженным положением в рельефе и небольшим общим уклоном ключевого участка. Разница в перепаде высот (всего 4 см) обуславливает здесь дополнительный поверхностный приток влаги и ее застаивание, что обеспечивает длительное и интенсивное промачивание, тем самым способствуя процессам рассоления. Дополнительным фактором, способ-

ствующим выщелачиванию солей, является отмеченная здесь поверхностная норная система полевков и их заглубленные тропки-ложбинки, которые способствуют переводу поверхностного стока во внутрипочвенный [8].

Эталонный и зотурбированный солонцы характеризуются щелочной реакцией по всему профилю, почва нанопонижения в верхней части профиля имеет в основном нейтральную реакцию и только в верхних 8 см слабокислую, во втором метре щелочную (табл. 1). В эталонном солонце наблюдается постепенное увеличение щелочной реакции – величина рН возрастает от 7.3 в надсолонцовом горизонте до 8.7 в подсолонцовом, в то время как в зотурбированном солонце значения рН примерно одинаковы по всему профилю (колеблются около 8.3). Содержание гумуса в эталонном и в зотурбированном солонцах примерно одинаковое – в надсолонцовом и солонцовом горизонтах около 1.5% и с глубиной постепенно уменьшается. Содержание гумуса в верхних 10 см светлогумусового горизонта почвы нанопонижения довольно высокое – 3.5%, что связано с более богатой напочвенной растительностью. Глубже количество гумуса резко уменьшается и становится таким же, как в других разрезах. Гумусово-квизиглеевая почва нанопонижения обладает более благоприятными химическими свойствами, что обусловлено ее сильной промытостью от солей и соответственно более благоприятными условиями для произрастания растений. Однако наличие почти слитого относительно мощного гор. А₁₂ является лимитирующим физическим фактором для развития пышной растительности. Этот удивительно слитый горизонт мог сформироваться в результате латерального переноса тонкодисперсного мате-

Таблица 1. Основные химические показатели почв на разных элементах микро рельефа

Горизонт, глубина, см	Глубина взятия образца, см	рН (1 : 2.5)	Гумус	СО ₂ карбонатов	Гипс	Сумма солей
			%			
Эталонный солонец (разр. 1)						
AJ, 0–5	0–10	7.3	1.54	Не опр.	Не опр.	0.31
SEL, 5–8(10)	10–20	8.2	1.59	2.71	»	0.33
BSN, 8(10)–15(17)	20–30	8.5	1.09	7.16	»	0.40
BSNdc,s, 17–35	30–40	8.7	0.74	8.08	2.28	2.41
	40–50	8.1	0.54	6.53	5.39	2.15
BCAs, 35–55	50–60	8.2	0.76	Не опр.	5.39	1.84
	60–70	8.2	0.83	3.66	1.02	1.61
BCs, 55–80	70–80	9	0.74	Не опр.	Не опр.	1.18
	80–90	8.8	0.55	0.73	Нет	1.03
Cca, 80–100	90–100	8.7	0.62	Не опр.	»	1.19
Зоотурбированный солонец (разр. 2)						
TURdc, 0–13	0–10	8.3	1.85	2.3	Не опр.	0.10
EL, 13–17(20)	10–20	8.3	1.06	0.88	»	0.11
BSN, 17(20)–29	20–30	8.3	1.92	1.37	»	0.13
BCAs, 29–40	30–40	8.2	0.88	6.38	0.43	0.14
	40–50	7.9	0.64	6.21	8.66	0.87
	50–60	8	0.48	4.36	11.58	2.76
	60–70	7.9	0.47	4.9	9.68	1.98
	70–80	8.1	0.93	3.72	9.44	3.01
	80–90	8.2	0.45	3.05	Не опр.	2.65
BCs, 40–100	90–100	8.4	0.22	1.47	1.88	2.27
	100–110	8.5	Не опр.	1.46	Не опр.	1.10
Cca, 100–180	110–120	8.5	»	1.03	»	1.80
Гумусово-квизилеевая почва (разр. 3)						
AJ1, 0–8(10)	0–10	5.7	3.46	Не опр.	Не опр.	0.07
	10–20	6.6	1.26	»	»	0.05
	20–30	6.3	1.06	»	»	0.06
	30–40	6.3	0.78	»	»	0.04
AJ2, 8(10)–50(52)	40–50	6	0.47	»	»	0.05
	50–60	5.4	0.47	»	»	0.07
BMKsn,g, 50(52)–72	60–70	6.1	0.21	0.08	»	0.12
	70–80	7.9	0.83	2.5	»	0.09
Q1, 72–90	80–90	8.1	0.45	Не опр.	»	0.12
	90–100	8.4	0.31	3.66	0.16	0.09
Q2, 90–107	100–110	8.4	Не опр.	Не опр.	1.04	0.21
	110–120	8.6	»	2.58	Нет	0.19
	120–130	8.6	»	Не опр.	Не опр.	0.11
Q3, 107–140	130–140	8.7	»	»	Нет	0.19

Таблица 2. Состав поглощенных оснований в почвах на разных элементах микрорельефа

Горизонт, глубина, см	Глубина взятия образца, см	Поглощенные основания, ммоль экв/100 г почвы					Na, % от суммы
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	сумма	
Эталонный солонец (разр. 1)							
AJ, 0–5	0–5	4.74	3.16	0.16	1.02	9.08	1.7
SEL, 5–8(10)	10–20	10.67	5.29	0.88	0.84	17.68	5
BSN, 8(10)–15(17)							
BSNdc,s, 17–35	20–30	7.59	4.62	1.68	0.6	14.49	12
Зоотурбированный солонец (разр. 2)							
TURdc, 0–13	0–10	6.3	1.94	0.08	0.85	9.17	0.9
EL, 13–17(20)	10–20	4.56	1.69	0.1	0.61	6.96	1.4
BSN, 17(20)–29	20–30	10.75	4.62	0.47	0.86	16.7	2.8
	30–40	8.22	4.91	0.88	0.55	14.56	6
BCAs, 29–40	40–50	11.2	4.28	0.71	0.61	16.8	4.2
BCs, 40–100	50–60	2.05	4.2	7.62	0.36	14.23	53
Гумусово-квизиглеевая почва (разр. 3)							
AJ1, 0–8(10)	0–10	3.03	1.43	0.03	0.76	5.25	0.57
	20–30	2.4	0.98	0.04	0.78	4.2	0.95
AJ2, 8(10)–50(52)	40–50	3.27	1.68	0.04	0.8	5.79	0.69
	50–60	3.93	2.2	0.53	1.13	7.79	6.8
BMKsn,g, 50(52)–72	60–70	5.94	2.77	0.14	1.06	9.91	1.4
Q1, 72–90	80–90	7.98	2.69	0.39	1.23	12.29	3.2
Q2, 90–107	90–100	7.03	2.38	0.37	1.06	10.84	3.4

риала с относительно высокой поверхности на фоне более длительного застаивания воды здесь, или он может являться другим литологическим слоем, который связан с образованием и возрастом формирования самого понижения.

Состав и количество обменных оснований сравниваемых солонцов примерно одинаковы (табл. 2), хотя зоотурбированный солонец отличается более низким содержанием обменного натрия в верхних горизонтах и более высоким (53%) в подсолонцовом горизонте. Вероятно, это значение обменного натрия является завышенным из-за высокого содержания солей (2.8%). В почве нанопонижения содержание обменного натрия невысокое, максимум обменного натрия наблюдается в срединном горизонте. В составе ППК изучаемых почв преобладают кальций и магний.

Содержание гипса нами было определено в горизонтах, где были выражены его новообразования. В эталонном солонце содержание гипса в подсолонцовых горизонтах составляет 5%. В зоотурбированном солонце наблюдается увеличение содержания гипса по сравнению с эталонным солонцом почти в два раза (до 11%, табл. 1). Верхние горизонты гумусово-квизиглеевой почвы до глубины 95 см, как было отмечено выше, отмыты как от легкорастворимых солей, так и от гипса, максимальное его ко-

личество (1%) отмечается на контакте с другим литологическим слоем.

Карбонатный профиль изученных почв имеет свои специфические особенности. В разрезе эталонного солонца карбонаты появляются на глубине 17 см в нижней части первого солонцового горизонта (2.7%, максимум их содержания, как и всех солей, наблюдается в нижней части второго солонцового горизонта (8%)). В зоотурбированном солонце практически все генетические горизонты имеют в том или ином количестве карбонаты, однако в профиле их распределении наблюдается 2 максимума – в выбросе (2.3%) и в подсолонцовом горизонте (6%).

В почве нанопонижения карбонаты появляются в срединном горизонте с глубины 75 см, максимум содержания карбонатов (3.6%) приходится на глубину 90–100 см, на контакте с горизонтом более легкого гранулометрического состава.

Таким образом, полученные материалы позволили выявить наличие неоднородности почвенного покрова на второй террасе сора Хаки. Особенности состава и свойств почв изученной площадки определяются исходной пространственной неоднородностью слоистых озерно-аллювиальных отложений, суффозионными просадками при рассолении пород, деятельностью почвенных животных, фор-

мирующих специфический подтип почв – зоотурбированные солонцы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по изучению морфологических и химических свойств почв позволили установить особенности почв второй террасы сора Хаки, находящейся в пределах Боткульско-Хакской депрессии, территория которой имеет возраст 11.3–15.8 тыс. лет и представляет собой наиболее молодую часть Прикаспийской низменности. В ходе изучения неоднородности почвенного покрова опытной площадки на второй террасе сора Хаки было выявлено преобладание солонцов светлогумусовых квазиглеевых.

Глубина залегания, мощность и морфологические свойства надсолонцовых и солонцовых горизонтов эталонного разреза и зоотурбированного солонца позволяют считать, что сусликовины были сформированы на солонце того же вида – мелком солончаковатом солонце. Это позволяет рассматривать различия в химизме и степени засоления сравниваемых солонцов за счет усиления разнонаправленных процессов: рассоления верхних горизонтов за счет зоогенной мелиорации (выброса гипсоносного подсолонцового материала) и засоления нижних горизонтов за счет подтягивания сильно-минерализованных вод, находящихся близко к поверхности.

Нивелирная съемка типичного для второй террасы сора Хаки участка позволила показать, что микроповышения здесь имеют округлые очертания и связаны с деятельностью сусликов. 85% сусликовин расположены на поверхностях с относительной высотой около 12 см. Известно, что суслики для своих поселений изначально выбирают наиболее повышенные участки. Эти участки представлены почвами, в которых обязательно должен быть уплотненный срединный горизонт/или слой, а под ним наиболее рыхлый, сыпучий материал, в котором делаются их гнездовые камеры. При этом выбираются участки с минимальной угрозой затопления. На основании вышеизложенного, мы предполагаем, что места заложения сусликовин на изученной нами второй террасе сора Хаки изначально были приподняты над окружающей поверхностью. Такие неровности в рельефе, связанные с исходной неоднородностью поверхности, сложенной слоистыми озерно-аллювиальными отложениями, отмечались исследователями данной территории ранее [20]. Таким образом, суслики, создавая холмики, способствуют формированию неровности поверхности, тем самым формируя микроповышения с зоотурбированными почвами и усложняя структуру почвенно-растительного покрова.

Возможность определения времени развития сусликовин без активной современной роющей деятельности сусликов по биологическим маркерам

(муравейникам и отрастающим мутовкам полукустарников) позволяет оценить временные изменения свойств мелких светлых квазиглеевых солонцов на этой относительно молодой территории.

За 5–7 лет, в течение которых сусликовины были заброшенными и не происходило дополнительного выброса засоленного материала подсолонцового горизонта, произошли следующие изменения: исходно засоленный материал выброса мощностью 13 см и верхние 35 см погребенного надсолонцового и солонцового горизонта зоотурбированного солонца в настоящее время являются незасоленными, что свидетельствует о процессах современного рассоления. Так, в выбросе исчезли морфологически выраженные солевые новообразования солей и сильно засоленный материал, поднятый с глубины 70–90 см (глубина нахождения гнездовых камер), судя по данным водной вытяжки стал незасоленным. В погребенном солонцовом горизонте зоотурбированного солонца произошла деградация структуры, которая выражается в уменьшении плотности и размерности столбчато-призматической структуры, что связано с его рассолением, которое, видимо, продолжается и в настоящее время. Одновременно с этим происходит подтягивание солей от близлежащих минерализованных грунтовых вод, происходящее по эффекту “фитиля”, поскольку все они в настоящее время развиваются на микроповышениях. Поэтому в зоотурбированном солонце со следами былой деятельности сусликов наблюдается активное современное засоление его нижних подсолонцовых горизонтов.

В нанопонижениях, характерных для слоистых засоленных отложений, сформированы промытые от солей до глубины 95 см гумусово-квазиглеевые почвы. Признаки интенсивного иллювирирования глинисто-гумусовых веществ в срединном горизонте, расположенного под слитой нижней частью современного светлогумусового горизонта, позволяют предполагать, что ранее существовали условия, способствующие образованию глинисто-гумусовых кутан. Рассматривая особенности профильного строения данной почвы как результат реликтового осолонцевания, можно наименее противоречиво объяснить диагностические признаки срединных горизонтов. В настоящее время признаки гидроморфизма выражены наиболее отчетливо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абатуров Б.Д., Зубкова Л.В. Влияние малых сусликов на вводно-физические свойства почв полупустыни Заволжья // Почвоведение. 1969. № 10. С. 59–68.
2. Абатуров Б.Д., Зубкова Л.В. Роль малых сусликов (*Citellus pygmaeus* Pall.) в формировании западного микрорельефа и почв в северном Прикаспии // Почвоведение. 1972. № 5. С. 59–67.

3. 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.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1961. 491 с.
5. 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.
6. Будина Л.П. Лугово-бурые полупустынные // Генезис и классификация полупустынных почв. М.: Наука, 1966. С. 59–72.
7. Будина Л.П., Медведев В.П. Бурые полупустынные почвы // Генезис и классификация полупустынных почв. М.: Наука, 1966. С. 23–58.
8. Быков А.В., Колесников А.В., Кулакова Н.Ю., Шабанова Н.П. Аккумуляция влаги и эрозия почвы на поселениях общественных полевков в Северном Прикаспии // Почвоведение. 2008. № 8. С. 1019–1024.
9. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 272 с.
10. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. 278 с.
11. Девярых В.А. Генетические особенности почв солонцового комплекса северо-западного Прикаспия (на примере Джаныбекского стационара АН СССР). Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1970. 17 с.
12. Димо Н.А. Наблюдения и исследования по фауне почв. Кишинев: Гос. изд-во Молдавии, 1955. 139 с.
13. Дмитриев П.П. Млекопитающие в степных экосистемах внутренней Азии. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, 2006. 224 с.
14. Доскач А.Г. Природные условия южной части полупустыни // Генезис и классификация полупустынных почв. М.: Наука, 1966. С. 5–22.
15. 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. 30–41.
16. 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.
17. Иозефович Л.И. К вопросу о происхождении микрорельефа и комплексности сухих степей // Природа и сельское хозяйство засушливо-пустынных областей СССР. Воронеж, 1928. № 3. С. 113–146.
18. Киселева Н.К. Влияние малого суслика на миграцию солей в почвах Прикаспийской низменности // Почвоведение. 1976. № 1. С. 73–86.
19. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Наука, 1977. 224 с.
20. Ковда В.А. Почвы Прикаспийской низменности. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950.
21. Линдеман Г.В., Абатуров Б.Д., Быков А.В., Лопушков В.А. Динамика населения позвоночных животных заволжской полупустыни. М.: Наука, 2005. 252 с.
22. Оловянная И.Н., Сиземская М.Л. Влияние искусственного микрорельефа на изменения растительного покрова и свойств солончаковых солонцов // Повышение продуктивности полупустынных земель Северного Прикаспия. М.: Наука, 1989. С. 69–92.
23. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. 182 с.
24. Роде А.А. К вопросу о происхождении микрорельефа Прикаспийской низменности // Вопросы географии. 1953. Сб. 33. С. 249–260.
25. 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. М.: Изд-во АН СССР, 1961. Т. 56. С. 3–214.
26. Рычагов Г.И. Плейстоценовая история Каспийского моря. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 268 с.
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., 1990. 24 с.
28. Хитров Н.Б. Связь солонцового комплекса Северного Прикаспия с микрорельефом // Почвоведение. 2005. № 3. С. 271–284.
29. Ходашева К.С., Динесман Л.Г. Роль малых сусликов в формировании комплексного почвенного покрова в глинистой полупустыне Заволжья // Почвоведение. 1961. № 1. С. 68–75.