

УДК 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2019-100-83-116

Ссылки для цитирования:

Плотникова О.О., Лебедева М.П., Варламов Е.Б., Нухимовская Ю.Д., Шуйская Е.В. Микроморфологическое строение почв полупустынных солонцовых комплексов Прикаспийской низменности под растительными сообществами с участием *Kochia prostrata* // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2019. Вып. 100. С. 83-116. DOI: 10.19047/0136-1694-2019-100-83-116

Cite this article as:

Plotnikova O.O., Lebedeva M.P., Varlamov E. B., Nukhimovskaya Yu. D., Shuyskaya E.V., Micromorphological features of soils of semidesertic solonchic complexes under different herbaceous communities with the participation of fodder plant *Kochia prostrata* (Caspian lowland), Dokuchaev Soil Bulletin, 2019, V. 100, pp. 83-116, DOI: 10.19047/0136-1694-2019-100-83-116

**Микроморфологическое строение почв
полупустынных солонцовых комплексов
Прикаспийской низменности под
растительными сообществами с участием
*Kochia prostrata***

© 2019 г. О. О. Плотникова^{1*}, М. П. Лебедева^{1**},
Е. Б. Варламов^{1***}, Ю. Д. Нухимовская², Е. В. Шуйская³

¹Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2,

* <https://orcid.org/0000-0002-7719-2915>, e-mail: mrs.plotnikova@mail.ru

** <https://orcid.org/0000-0001-8660-9922>, e-mail: m_verba@mail.ru

*** <https://orcid.org/0000-0003-4295-725X>, e-mail: evgheni968@rambler.ru.

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова
Российской академии наук (ИПЭЭ РАН), Россия,
119071, Москва, Ленинский проспект, д. 33.

³Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Россия,
127276, Москва, ул. Ботаническая, 35.

Поступила в редакцию 24.07.2019, после доработки 29.08.2019,
принята к публикации 18.12.2019

Резюме: Целью исследования являлось изучение взаимосвязи химических и микроморфологических свойств почв на естественных пастбищах северо-западной части Прикаспийской низменности с произрастанием на них *Kochia prostrata* (прутняк простертый). Было заложено 4 почвенных полуямы (почвы – солонцы светлые и каштановая солонцеватая) с учетом максимальной глубины проникновения основной массы корней изучаемого растения. *K. prostrata* – очень пластичный кормовой вид, который способен произрастать на почвах с широким набором морфологических свойств, разным содержанием солей и их химическим составом. Выявлено, что на фоне практически одинакового содержания гумуса и высокого содержания обменного магния микроморфологические признаки отражают разную степень проявления элементарных почвообразовательных процессов – гумусово-аккумулятивного, выщелачивания легкорастворимых солей, гипсонакопления, окарбонирования, осолонцевания. Несмотря на различное содержание обменного натрия, во всех почвах присутствуют свежие глинистые или гумусово-глинистые кутаны иллювирирования, свидетельствующие о проявлении современного элювиально-иллювиального перераспределения тонкодисперсного вещества (процесса лессиважа).

Ключевые слова: прутняк, солонцы светлые, каштановая солонцеватая почва, микростроение.

Micromorphological features of soils of semidesertic solonetzic complexes under different herbaceous communities with the participation of fodder plant *Kochia prostrata* (Caspian lowland)

O. O. Plotnikova^{1*}, M. P. Lebedeva^{1}, E. B. Varlamov^{1***},
Yu. D. Nukhimovskaya², E. V. Shuyskaya³**

¹V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 2119017, Russian Federation,
^{*}<https://orcid.org/0000-0002-7719-2915>, e-mail: mrs.plotnikova@mail.ru
^{**}<https://orcid.org/0000-0001-8660-9922>, e-mail: m_verba@mail.ru
^{***}<https://orcid.org/0000-0003-4295-725X>, e-mail: evgheni968@rambler.ru

²A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,
33 Leninskiy prosp., Moscow 119071, Russian Federation.

³Timiryazev Institute of Plant Physiology Russian Academy of Sciences,
35 Botanicheskaya Str., Moscow 127276, Russian Federation.

Received 24.07.2019, Revised 28.09.2019, Accepted 18.12.2019

Abstract: The aim of the study was to research the relationship of chemical and micromorphological properties of soils with the growth of *Kochia prostrata*. The objects of study were the soils on natural pastures of the North-Western part of the Caspian lowland. It was laid 4 soil pits (soils – light solonetz, solonetzic chestnut) with the maximum penetration depth of the main mass of roots of the studied plants. *K. prostrata* is a very plastic forage species that can grow on soils with a wide range of morphological properties, different salt content and their chemical composition. It is revealed that on the background of almost the same content of humus and high content of exchangeable magnesium micromorphological features represent the different degree of manifestation of primary pedogenic processes – humus accumulation, leaching of soluble salts, gypsum accumulation, carbonate enrichment, solonetzization. Despite the different content of exchangeable sodium, in all soils there are fresh clay or humus-clay illuvial coatings, indicating the manifestation of the modern eluvial-illuvial redistribution of fine matter (lessivage or illimerization).

Keywords: *Kochia prostrata*, light solonetz, solonetzic chestnut soil, microfabric.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в условиях аридизации климата, усиления процессов засоления и ветровой эрозии значительные территории юга России проявляют тенденцию к деградации. В результате нерационального ведения сельского хозяйства, животноводства, использования водных и растительных ресурсов аридные пастбища представляют собой антропогенно-трансформированные ландшафты с запасами кормовой массы ниже их потенциальных возможностей. Аридные территории занимают около 15% площади (более 250 млн га) Российской Федерации. Из общей площади пастбищ России (67.37 млн. га) 73% (более 49 млн га) сосредоточено на аридных территориях ([Шамсутдинов и др., 2005](#); [Зонн и др., 2004](#)).

Kochia prostrata (L.) Schrad (*Bassia prostrata* (L.) A.J. Scott) (прутняк простертый) (семейство Chenopodiaceae) – многолетний ксерогалофит (засухо- и солеустойчивое растение). Он является важным кормовым растением с высокой питательной ценностью, которое поедается всеми видами скота в течение всего сезона ве-

гетации естественных аридных пастбищ и известно как “люцерна” пустыни ([Шамсутдинов и др., 2005](#); [Тодерич и др., 2014](#)). *K. prostrata* обладает широким ареалом и экологической пластичностью, произрастая в условиях полуаридной и аридной зоны ([Пратов, 1971](#)), и характеризуется значительным генетическим полиморфизмом в Средней Азии ([Шуйская и др., 2001](#)). Несмотря на то, что для полупустынной зоны Северо-Западного Прикаспия изучено экологическое разнообразие *K. prostrata* и определены перспективные экотипы и биотипы для введения в культуру ([Нидюлин, 2013](#)), в настоящее время недостаточно сведений об эдафических факторах, влияющих на произрастание *K. prostrata* в естественных аридных пастбищах ([Рахманкулова и др., 2013](#)).

Цель исследования – изучение взаимосвязи химических и микроморфологических свойств почв на естественных пастбищах северо-западной части Прикаспийской низменности с произрастанием на них *K. prostrata*.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Район исследований расположен на северо-западе заволжской части Прикаспийской низменности, территория которой относится к морской бессточной аккумулятивной равнине хвалынского возраста. Климат изучаемой территории отличается резкая атмосферная засушливость и безводность. Испаряемость доходит до 1000 мм, тогда как среднегодовое количество осадков не превышает 300 мм. В геоморфологическом отношении данная территория характеризуется сочетанием плоской поверхности с редкими сухими руслами, широкими балками и обширными депрессиями – котловинами соленых озер Булухта и Эльтон. Бессточная равнина лежит на высоте 20–25 м над ур. м., отметки уреза озерных котловин располагаются на высоте от +16 м (оз. Булухта) до –16 м (оз. Эльтон). Эти территории характеризуются контрастным почвенным покровом и выраженным мезо- и микрорельефом. Элементы мезорельефа: большие плоские лиманы глубиной до 2 м, площадью иногда больше 1000 га, и плоские понижения – пдины глубиной до 1 м и площадью от 2–3 до 200 га. Лиманы заняты корневищно-злаковой растительностью на лугово-каштановых оглеенных почвах и солодях, так как они иногда затапливаются

талыми весенними водами. В падинах развита злаково-разнотравная растительность степного типа на лугово-каштановых или черноземовидных почвах ([Роде, Польский, 1961](#); [Лебедева, Сиземская, 2010](#)). Межпадинная территория района характеризуется комплексным почвенно-растительным покровом, разности которого имеют размеры от единиц до нескольких десятков метров и представлены светлокаштановыми и солонцовыми почвами; растительность на них в настоящее время относится к сообществам опустыненных степей ([Сафронова, 2006](#)), которые бедны по видовому составу, но пространственно очень неоднородны. Основная масса впитывающих корней у изученных видов растений расположена в верхнем слое 50–60 см ([Балян, 1972](#)), поэтому почвенные свойства анализировались на данную глубину.

Растительные сообщества с участием *K. prostrata* подбирались с учетом максимального разнообразия мест его обитаний, но расположенных на выположенных участках без выраженного микрорельефа. Геоботанические описания выбранных сообществ выполнены по общепринятой методике ([Полевая геоботаника, 1964](#); [Работнов, 1992](#)) в 5 местообитаниях. Долю участия видов оценивали по степени проективного покрытия (ПП): для *K. prostrata* и доминантов в % в составе общего проективного покрытия (ОПП), для прочих видов – словесно (часто, редко, рассеянно, единично), если оно незначительно. Результаты ботанических описаний представлены в таблице 1.

Для изучения эдафических факторов, влияющих на произрастание *K. prostrata* в естественных аридных пастбищах, были заложены почвенные полуямы в ботанически описанных местообитаниях. Глубина полуям выбиралась с учетом максимальной глубины проникновения основной массы корней *K. prostrata*. На основании морфологических свойств 4 изученных разрезов названия почвам присваивали по [Полевому определителю почв России \(2008\)](#), морфологические свойства сравниваемых почв представлены в таблице 2. По морфологическим свойствам только разрез 20 можно отнести к каштановой солонцеватой почве, остальные являются солонцами светлыми. Все изученные почвы засоленные, в разной степени карбонатные.

Таблица 1. Объекты исследования – почвы и растительные сообщества северо-западной части Прикаспийской низменности

Table 1. Objects of study – soils and herbaceous communitites of the north-western part of the Caspian lowland

Местонахождение, координаты	Проективно е покрытие <i>Kochia</i> <i>prostrata</i> , %	ОПП, %	Растительные сообщества
15EV18 солонец светлый засоленный корковый карбонатный солончаковый			
Эльтон – верхове р. Хары N 49°25'21.1"; E 46°19'12.9"	30	50	Вострцево-лиственнично-солянково-прутняковое с мятликом луковичным
1EV18 солонец светлый засоленный корковый карбонатный солончаковатый			
Пологий склон к Финогонову пруду N 49°23'13.1"; E 46°21'50.9"	30–40	50	Прутняковое
20EV18 каштановая солонцеватая засоленная поверхностно-осветленная карбонатная солончаковатая			
Плакор, между каналом и Финогоновым прудом N 49°23'31.6"; E 46°23'22.8"	40–50	70–80	Лиственнично-солянково-чернопыльно-прутняковое
14EV18 солонец светлый засоленный мелкий слабовыщелоченный солончаковатый			
Плакор, около кургана N 49°22'09.4"; E 46°15'45.4"	15	70	Прутняково-вострцевоое с житняком пустынным

Примечание: ОПП – общее проективное покрытие.

Таблица 2. Морфологические свойства почв северо-западной части Прикаспийской низменности
Table 2. Morphological properties of the soils of the north-western part of the Caspian lowland

Местоположение	Эльтон	Финогенов пруд		
	Верховье Хары	В 250 м от Финогенова пруда	Между каналом и Финогеновым прудом	Между Финогеновым прудом и оз. Булухта около кургана
Почва	15EV18 солонец светлый засоленный корковый карбонатный солончаковый	1EV18 солонец светлый засоленный корковый карбонатный солончаковый	20EV18 каштановая солонцеватая засоленная поверхностно-осветленная карбонатная солончаковая	14EV18 солонец светлый засоленный мелкий слабовыщелоченный солончаковый
Показатель	<i>Поверхностные горизонты</i>			
Глубина, см	SEL 0–3	SELs 0–4	AJ 0–5	SEL 0–10
Цвет	Палево-желтоватый, 2,5Y 7/3	Желтовато-палевый, 10YR 8/4	Серовато-палевый, 10YR 7/4	Серовато-палевый, 10YR 7/4
Структура	Слоистая, тончешуйчатая	Выраженная фрагментами чешуйчатая	Непрочнo-комковатая с порoшистостью	Комковато-порошистая, редкие бусы по корням
Гранулометрический состав	Пылеват. л.с.	Пылеват. л.с.	Пылеват. л.с. – с.с.	Пылеват. л.с.
Новообразования	Нет	В нижней части кварцевые скелетаны	Нет	Нет

<i>Срединные солонцовые и солонцеватые горизонты</i>				
Глубина/ мощность, см	BSN 3–18 (15)	Состоит из 3 горизонтов BSN 4–18 (14) / [AJ] /sn 18–28 (10) / BSNs 28–44 (16)	BMKsn 5–22 (17)	BSN 10–32 (22)
Цвет	Коричневато-бурый, 10YR 3/4 с белесыми головками, 10YR 5/4	Светло желтовато-бурый, 10YR 6/2/ Темносеро-бурый, 10YR 4/2/ Желтовато-бурый, /	Коричневато-бурый, 10YR 3/4	Желтовато- коричневый, 10YR 5/4
Структура	Тонкие призмы / стол- бики, легко распада- ются на мелкие орехи	Крупно-ореховато-порошистая/ призмовидно-комковато-крупно- ореховатая	В верхней части зернистая, в нижней – уплотненные призмы	Призмовидно- крупно-плитчато- ореховатая
Гранулометри- ческий состав	Пылеват.т.с. – с.с.	Т.с. / Т.с.	Пылеват.т.с. – с.с.	Пылеват. с.с.
Новообразова- ния	Нет	Нет / по угловатым граням отдель- ные блестящие кутаны, по верти- кальным трещинам гумусовые про- красы, единичные марганцевые конкреции 0.1–2 мм/по нижней границе на вертикальных трещинах единичные карбонатные выделения мицелиального вида	Нет	Гумусовые кутаны по магистральной трещине
Наличие вски- пания, его глу- бина, см	Нет	Есть, 28	Есть, 20	Нет

<i>Срединные карбонатно-аккумулятивные горизонты</i>				
Глубина/ мощность, см	Состоят из 2 горизонтов: BCAdc,cs,s 18–27 (9) / BCAdc,cs,s 27–50 (23)	BCAdc,cs,s 44–60 (16)	Состоят из 3 горизонтов: BMdc 22–36 (14) / BCAdc 36–48 (12) / BCdc,cs,s 48–70 (22)	BCAnc,s 32–43 (11)
Цвет	Темно бурый, 10YR 4/6 / Желтовато- рыжий, 10YR 6/6	Палево-бурый с кремевыми пят- нами, 10YR 6/3	Палево-бурый, 10YR 6/3 / Жел- товато-бурый, 10YR 6/6, с большим количеством крупных кремевых пятен / Желтоватый, 10YR 7/6	Буровато-светло рыжий, 10YR 6/4, с кремевыми пятнами
Структура	Крупно-глыбистая, распадается на круп- ные плитки / уплот- ненно-глыбистая	Непрочно-ореховато- призматическая	Призмовидно-плитчатая / мелко-ореховатая / непрочно-глыбисто-ореховатая	Непрочно-глыбистая
Гранулометри- ческий состав	Т.с. – с.с.	Т.с.	Т.с. / с.с. / с.с.	С.с.
Новообразова- ния	Нет / Многочисленные со- левые – точки, тонкие прожилки, диффузные пятна	на отдельностях граней прожилки и белоглазка карбонатов, гипса, солей, единичные глинистые кутаны	Диффузные карбонатные пятна / Большие диффузные карбо- натные пятна, мощные гумусо- вые кутаны по ходам корней и гумусовые микрокамеры, внизу белые соли / Обилие гипсовых скоплений, мощных кутан на гранях агрегатов	Мелкая белоглазка, матовые гумусовые кутаны по трещинам и граням
Наличие вски- пания, его глу- бина, см	Есть, 18	Есть	Есть	Есть, 32

Примечание: пылеват. – пылеватый, л.с. – легкий суглинок, с.с. – средний суглинок, т.с. – тяжелый суглинок.

Исходная индексация разрезов представлена в таблицах, в тексте для краткости будут использованы только номера разрезов.

Из почвенных образцов ненарушенного строения М.А. Лебедевым (Почвенный институт им. В.В. Докучаева) были изготовлены шлифы. В дальнейшем шлифы изучались микроморфологическим методом с помощью поляризационного микроскопа Olympus BX51 с цифровой камерой Olympus DP26 и программным обеспечением Stream Basic Центра коллективного пользования научным оборудованием “Функции и свойства почв и почвенного покрова” Почвенного института им. В.В. Докучаева.

Химические анализы почв были проведены ИЛЦ ФГБНУ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”. Анализ водной вытяжки проведен по ГОСТ 26428-85, определение емкости катионного обмена – по ГОСТ 17.4.4.01-84, содержание обменных катионов определено по Шолленбергеру ([Руководство..., 1990](#)).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности химического состава изученных почв

Результаты исследования химического состава изученных почв представлены в таблице 3. По содержанию гумуса в верхнем горизонте все изученные почвы приблизительно одинаковы, наибольшее содержание в гор. АJ разр. 20 (2.4%), наименьшее – в гор. SEL разр. 1 (1.73%). При этом в срединных горизонтах всех почв, кроме солонца светлого коркового (разр. 15), содержание гумуса меньше, чем в верхних горизонтах. Содержание CO₂ карбонатов в карбонатно-аккумулятивных (в поле – вскипающих от 10% HCl) горизонтах всех почв примерно одинаковое и составляет около 4%. Немного пониженным содержанием CO₂ карбонатов характеризуются горизонты ВМ и ВСА разреза 20 – оно составляет 2.3 и 3.3% соответственно. Значения pH изученных почв находятся в диапазоне от слабощелочного до щелочного. Самые высокие значения pH имеют горизонт ВСА разр. 14 (pH = 9.4), горизонт ВМ разр. 20 и нижняя часть солонцовой толщи разр. 1 (pH = 9.1 в обоих случаях). Во всех почвах отмечается тенденция повышения pH с увеличением глубины.

Изученные нами солонцы характеризуются в целом низкими значениями ЕКО, от 8.54 ммоль(+)/100 г в гор. SEL разр. 1 до

17.04 ммоль(+)/100 г в горизонте ВМ разр. 20. Вообще все горизонты разреза 20 имеют более высокие значения ЕКО по сравнению с остальными разрезами. Общая закономерность распределения вклада обменных катионов в ЕКО такова: наименьшую долю имеет калий (до 10.8% – гор. АJ разр. 1), несколько большую – натрий (до 34.8% – второй гор. ВСА разр. 15), магний и кальций делят лидирующие позиции (до 71.9% в толще BSN + [AJ] разр. 1 и до 75.8% в гор. BSN разр. 14 соответственно). В целом выражена тенденция преобладания доли магния над всеми остальными обменными катионами в ЕКО.

В трех изученных почвах верхние и срединные горизонты характеризуются отсутствием засоления, кроме солонца светлого разр. 1. Степень засоления в этих почвах проявляется по-разному, различается и химизм засоления. Наименее засолена почва разр. 20, которая диагностирована нами как каштановая солонцеватая почва (табл. 3), здесь слабое хлоридно-сульфатно-магниевое засоление проявляется лишь в нижнем горизонте (BC, 48–70 см). На этом участке проективное покрытие *K. prostrata* самое высокое. Наиболее засоленным можно считать солонец светлый корковый, вскрытый в верховье р. Хары близ оз. Эльтон (разр. 15), так как здесь сильная степень хлоридного засоления проявляется уже на глубине 27 см в верхнем карбонатно-аккумулятивном горизонте. Поскольку проективное покрытие *K. prostrata* на этой точке не является наименьшим, можно считать, что такое высокое хлоридное засоление не оказывает существенного негативного влияния на это кормовое растение (табл. 1).

Изученные нами почвы отличаются большим разнообразием *микроморфологических свойств*, таких как микроструктура, микроорганизация тогкодисперсного вещества (ТДВ), состав и содержание гумуса, элементарное микростроение, наличие и состав новообразований. Однако есть и общие характеристики: 1) наличие глинистых кутан; 2) присутствие во всех почвах микроскопических углефицированных растительных остатков, имеющих размеры первых десятков микрометров; 3) в минералогическом составе всех изученных почв во фракции песка преобладают кварц и полевые шпаты, во фракции крупной и средней пыли встречаются

Таблица 3. Химические свойства изученных почв северо-западной части Прикаспийской низменности
Table 3. Chemical properties of the studied soils of the north-western part of the Caspian lowland

Глубина, см	Гумус, %	СО ₂ карбонатов, %	рН	Обменные катионы, вклад в ЕКО, %				ЕКО-эфф., ммоль(+)/100 г	Σ токс. солей, %	Cl/SO ₄ токс.	Степень засоления, химизм
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺				
15EV18 солонец светлый корковый солончаковый											
0–3	1.8	Нет	7.5	49	35.7	7.2	8	8.97	0.1	0.18	Нет
3–18	1.97	Нет	8.5	35.4	47.2	15.7	1.6	10.17	0.1	0.34	Нет
18–27	Не опр.	Нет	9.1	33.6	43.9	21.8	0.7	15.48	0.5	2.37	Сильная, Cl ⁻ – Na ⁺ с участием соды
27–50	Не опр.	4.31	8.7	16.1	48.2	34.8	0.9	14.93	1.3	1.06	Очень сильная, SO ₄ ²⁻ – Cl ⁻ – Mg ²⁺ – Na ⁺ с гипсом
1EV18 солонец светлый корковый солончаковый											
0–4	1.73	Нет	7.7	46.8	42.2	0.2	10.8	8.54	0.2	0.05	Слабая, SO ₄ ²⁻ – Mg ²⁺ – Na ⁺
4–17	1.36	Нет	8	42.6	53.2	2	2.2	11.27	0.1	0.3	Нет
17–28	1.14	Нет	8.6	17.3	71.9	10.2	0.6	13.9	0.1	1.45	Слабая, SO ₄ ²⁻ – Cl ⁻ – Mg ²⁺ – Na ⁺ с участием соды

28–44	Не опр.	4.1	9.1	48.6	35.6	15.1	0.7	12.35	0.4	0.69	Сильная, Cl ⁻ – Na ⁺ с участием соды
44–60	Не опр.	4.0	8.7	37.6	47.8	13.9	0.7	11.7	1.0	0.96	Сильная, Cl ⁻ – SO ₄ ²⁻ – Mg ²⁺ – Na ⁺
20EV18 каштановая солонцеватая солончаковатая											
0–5	2.4	Нет	7.5	47.5	43.2	6.2	3.0	9.26	0	0.21	Нет
5–22	1.49	0.1	8.3	44.8	47.8	0.2	7.3	13.4	0.1	0.17	Нет
22–36	0.61	2.3	8.7	58.7	37.6	2.7	1.0	17.04	0.1	0.31	Нет
36–48	Не опр.	3.3	8.4	46.5	49	3.6	0.9	16.33	0	4.96	Нет
48–65	Не опр.	4.1	8.1	77.4	19.4	1.1	2.1	18.59	0.3	0.27	Слабая, Cl ⁻ – SO ₄ ²⁻ – Mg ²⁺
14EV18 солонец светлый мелкий солончаковатый											
0–10	2	Нет	7.8	26.9	67.3	1.8	4	8.92	0.1	0.25	Нет
10–30	1.82	Нет	8.7	75.8	12.6	7.5	4.1	12.67	0.1	0.14	Нет
35–45	Не опр.	3.96	9.4	51.4	37.7	8.7	2.3	11.68	0.2	0.12	Слабая, SO ₄ ²⁻ содовый Mg ²⁺ – Na ⁺

Примечание: химизм и степень засоления определяли согласно монографии [Засоленные почвы России \(2006\)](#).

также глауконит и эпидот-цоизиты, пироксены, реже амфиболы, мусковит; 4) при появлении карбонатных горизонтов с микритовыми новообразованиями (преимущественно пропиткой) в профиле встречаются в том или ином количестве обломки раковин моллюсков.

Разнообразие микроморфологических признаков поверхностных горизонтов

Поверхностные горизонты, за исключением разр. 20, в котором выявлен гор. АJ, представлены горизонтами SEL. Мощность поверхностных горизонтов увеличивается в ряду: разр. 15 – разр. 1, разр. 20 – разр. 14. При этом она примерно одинакова в разр. 1, 15, 20 и только в раз. 14 увеличивается в гор. АJ до 10 см. Все надсолонцовые горизонты изученных почв характеризуются наличием тонкого песка, которого ниже практически нет. В ряде разрезов (1, 14 – слабо, а в 15 – сильно) выражена кольцевая сепарация тонкого песка и крупной пыли (рис. 1) и присутствуют плотные тонкопылеватые инфиллинги в порах (рис. 2).

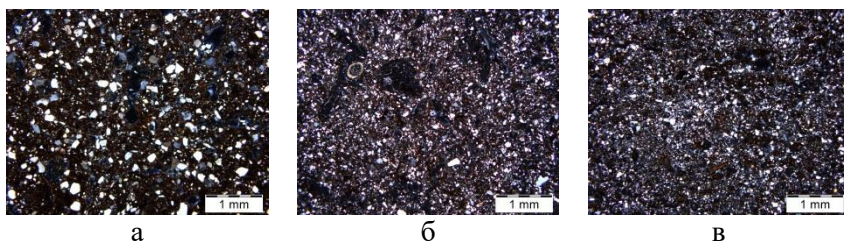


Рис. 1. Криогенная сепарация скелетных зерен в горизонтах SEL (XN): а – разр. 1 (0–4 см); б – разр. 14 (0–10 см); в – разр. 15 (0–3 см).

Fig. 1. Cryogenic separation of skeletal grains in horizons SEL (XN): а – pit 1 (0–4 cm); б – pit 14 (0–10 cm); в – pit 15 (0–3 cm).

Гор. SEL солонца коркового (разр. 15) характеризуется типичной для этого генетического горизонта чешуйчато-порошистой микроструктурой (Лебедева и др., 2016; Lebedeva et al., 2018), преобладанием в составе органического вещества растительных остатков мха и лишайников, очень малым содержанием гумуса в виде пунктуаций.

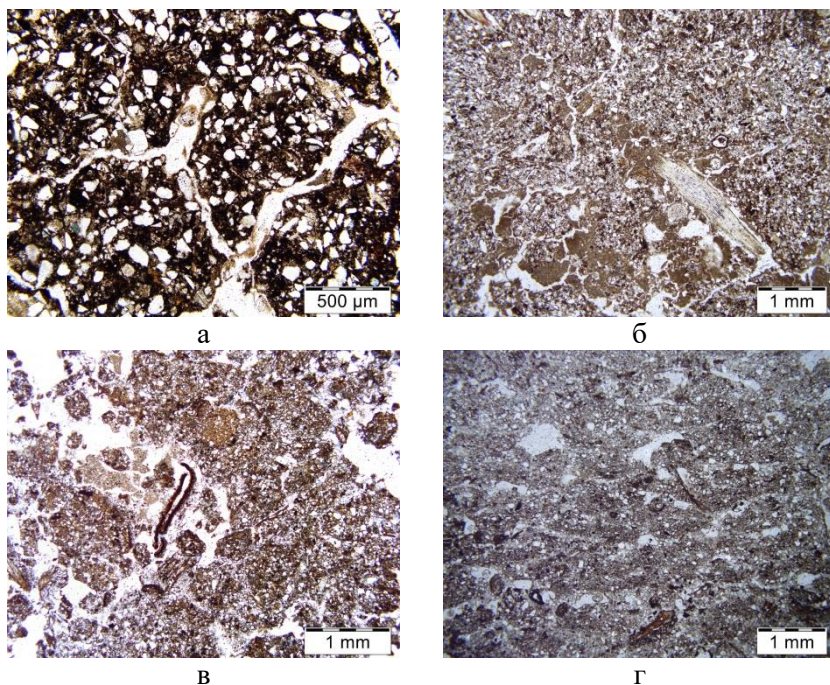


Рис. 2. Пылеватые инфилинги в порах (ИИ): **а** – тонкие тонкопылеватые в горизонте [AJsn] разр. 1 (22–28 см); **б** – мощные тонкопылеватые в горизонте SEL разр. 14 (0–10 см); **в** – фрагментарные тонкопылеватые в горизонте AJ разр. 20 (0–5 см); **г** – крупнопылеватые в порах между линзовидными агрегатами в горизонте SEL разр. 15 (0–3 см).

Fig 2. Silty infillings in pores (IIN): **a** – thin infillings of fine silt in horizon [AJsn] of the pit 1 (22–28 cm); **б** – thick infillings of fine silt in horizon SEL of the pit 14 (0–10 cm); **в** – fragmental infillings of fine silt in horizon AJ of the pit 20 (0–5 cm); **г** – infillings of coarse silt in pores between lenticular aggregates in horizon SEL of the pit 15 (0–3 cm).

Крупнопылеватых инфилингов очень много, они заполняют примерно 50% межагрегатных пор, но являются признаком криогенной сепарации, а не иллювирувания частиц (рис. 2г). Горизонты SEL остальных солонцов имеют различные микроструктуры, которые имеют разный генезис: в разр. 1 – округло-блоковую, в разр. 14 – неоднородную лёссовидную с микрозонами комковатых агре-

готов (от 200 до 100 мкм). В разр. 1 отмечены единичные глинистые кутаны по растительным остаткам.

Микростроение гор. SEL разр 14 неоднородное: на фоне глинистой анизотропной плазмы отмечено больше всего практически изотропных гумусово-глинистых зон. В составе органического вещества преобладают корневые растительные остатки, гумуса меньше. Плотные тонкопылеватые инфиллинги занимают до 40% межагрегатных пор (рис. 2б).

В разр. 20 гор. AJ имеет особые элементы микростроения. Кроме комковатой структуры здесь отмечены микрозоны с более высоким двулучепреломлением за счет гумусово-глинистого ТДВ. По-видимому, оно является следом ассимилированных агрегатов нижележащего осолонцованного горизонта. На поверхностях некоторых агрегатов встречаются обезыленные зоны. В составе органического вещества горизонта встречаются крупные средне разложившиеся углефицированные и ожелезненные растительные остатки. Отмечены копролиты. Единично отмечены “старые” ассимилированные во внутрипедную массу глинистые кутаны.

Разнообразие микроморфологических признаков срединных горизонтов.

Срединные солонцовые и солонцеватые горизонты

Тенденция увеличения мощности горизонта с признаками осолонцевания в ряду почв разрезов 15, 1, 20, 14 в общем сохраняется, однако из нее выбивается разр. 1, заложенный вблизи Финогенова пруда. Здесь в толще солонцового горизонта был обнаружен погребенный гумусовый гор. AJ (18–28 см), образовавшийся вследствие трехъярусной вспашки, имевшей место на этой территории в 2004 г., и последующего орошения в течение 3 лет (устное сообщение главы местной администрации Егорова А.Г.). Поскольку вспашка продолжалась недолго, погребенная толща не успела перемешаться с общей массой солонцового горизонта, осталась выраженной даже на макроуровне (табл. 2). На микроуровне она демонстрирует признаки ассимиляции: множество тонкопылеватого-гумусовых инфиллингов; неоднородное распределение ТДВ – есть зоны гумусированные и гумусово-глинистые. В гумусированных зонах гумус черный в форме равномерных про-

питок (рис. 3), в более глинистых зонах встречаются глинистые пленки по скелетным зернам и микритовые стяжения, единичные однородные Fe-Mn нодули до 100 мкм. Также во вмещающей массе этого горизонта встречаются фрагменты глины (рис. 3).

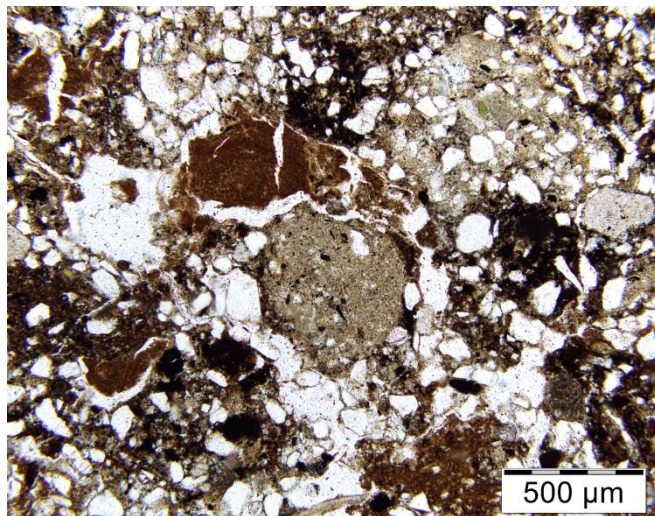


Рис. 3. Особенности микростроения горизонта [AJsn] разр. 1 (18–28 см) – черные гумусовые пропитки, тонкопылеватый инфиллинг, фрагменты коричневой (шоколадной) глины (IIN).

Fig .3. Specific features of the horizon [AJsn] of the pit 1 (18–28 cm) – black humus impregnations, fine-silt infilling, fragments of brown (chocolate) clay (IIN).

Две толщи солонцового горизонта разр. 1, разделенные погребенным гумусовым горизонтом, по микростроению весьма схожи. Верхняя часть гор. BSN (4–18 см) отличается наличием бурого гумуса в составе ТДВ, обилием тонкопылеватых инфиллингов, глинисто-гумусовых кутан, приуроченных к сильно разложившимся растительным остаткам (рис. 4а), обилием экскрементов почвенной микрофауны в межагрегатных порах. В нижней части гор. BSN разр. 1 (28–44 см) тонкодисперсное вещество глинистое, гумуса в нем нет, среди новообразований меньше тонко-

пылеватых инфиллингов, отсутствуют глинисто-гумусовые кутаны, но множество глинистых кутан и стресс-кутан (рис. 4б).

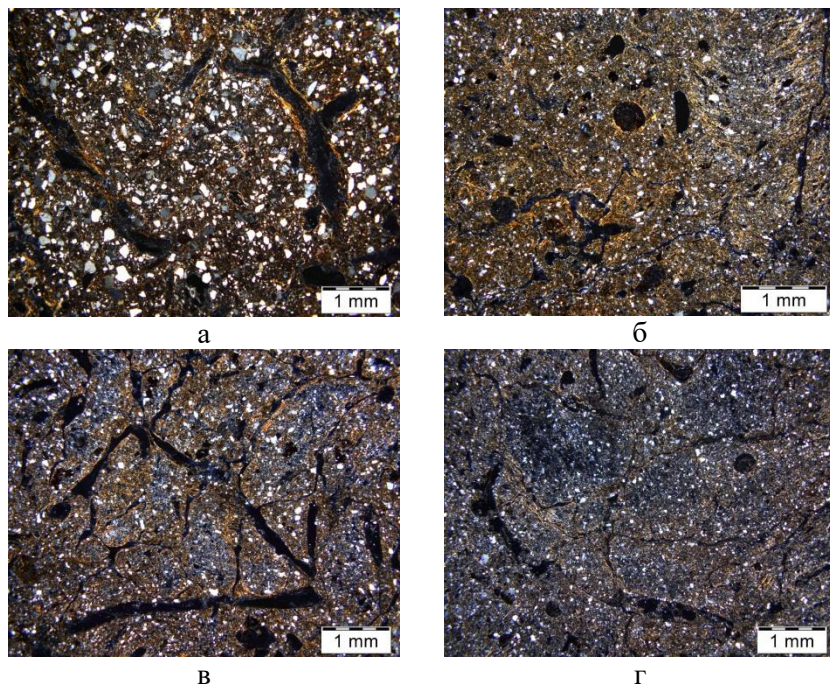


Рис. 4. Солонцовые и солонцеватые горизонты изученных почв (XN): **а** – горизонт BSN разр. 1 (16–22 см); **б** – горизонт BSN разр. 1 (28–44 см); **в** – горизонт BSN разр. 15 (3–18 см); **г** – горизонт BMKsn разр. 20 (5–22 см).

Fig. 4. Solonetzic and solonetz-like horizons of the studied soils(XN): **а** – BSN of the pit 1 (16–22 cm); **б** – BSN of the pit 1 (28–44 cm); **в** – BSN of the pit 15 (3–18 cm); **г** – BMKsn of the pit 20 (5–22 cm).

Особенностями солонцового горизонта разр. 15 являются: наличие отдельных зон биогенной переработки, где имеются пропитки и пунктуации бурого гумуса; наличие единичных крупных углефицированных растительных остатков (до 500 мкм). Глинистые кутаны здесь имеют четкие границы с вмещающей массой (рис. 4в).

Солонцовый горизонт разр. 14 характеризуется комковато-округло-блоковой структурой, средним количеством растительных остатков, практически полным отсутствием светло-бурого гумуса в составе ТДВ, наличием копролитов, эксcrementов микрофауны, выраженной кольцевой сепарацией скелетных зерен. В порах отмечены отдельные тонкопылеватые инфиллинги. Особенность этого солонцового горизонта – наличие микритовых стяжений с диффузными границами и обломки ракушек.

В горизонте ВМКsn разр. 20 нет микропризнаков гумуса, мало растительных остатков, но много следов деятельности почвенной микрофауны. Особенностью глинистых кутан этого горизонта является их наличие на агрегатах, внутриведный материал которых представлен пылеватым материалом с очень низким содержанием глины (рис. 4г).

Срединные карбонатно-аккумулятивные горизонты и переходные к породе гипс-содержащие

Все подсолонцовые горизонты характеризуются появлением микритовой пропитки глинистого материала, которая только для разр. 20 имеет микрозональное распределение, в остальных разрезах она интенсивная и сплошная (рис. 5). Микроморфологически выраженные карбонатные стяжения (рыхлые и/или с плотными границами – микробелоглазка) выражены только в разр. 14 и 20, примерно с одной и той же глубины (32–36 см) (рис. 5, табл. 4).

В трех из четырех изученных почв микроморфологически диагностируются гипсовые новообразования (рис. 5, табл. 4). Максимально высокое в профиле появление гипсовых аккумуляций в порах – инфиллингов – отмечено в подсолонцовом горизонте разр. 15 (18–27 см). В солонце (разр. 1) и в каштановой солонцеватой почве (разр. 20) гипсовые новообразования выражены глубже, примерно с одной и той же глубины (44–48 см). Они представлены преимущественно плотными инфиллингами из микроркristаллов гипса, имеющих неправильную форму (рис. 6). В разр. 1 и 15 встречаются и более крупные (до 500 мкм) кристаллы. В разр. 14 предполагаем более глубокое появление гипсовых новообразований, на момент исследования они не были вскрыты.

Таблица 4. Микроморфологические признаки изученных почв северо-западной части Прикаспийской низменности

Table 4. Micromorphological features of the studied soils of the north-western part of the Caspian lowland

Горизонт	Глубина, см	Структура	Органическое вещество	Состав ТДВ	Новообразования	Элементарное микро- строение
					(вид/кол-во)	
1	2	3	4	5	6	7
разрез 15 – солонец светлый корковый солончаковый						
SEL	0–3	чешуйчато- порошистая	раст. ост., бурый гумус (пунктуации)	глинистое	глинистые кутаны по зернам / +++, Fe-Mn нодули / +, пылеватые инфиллинги / +++	песчано- плазменный
BSN	3–18 (А)	округло- блоковая	угли, раст. ост.	гумусово- глинистое	Fe-Mn нодули / +++	песчано- плазменный
BSN	3–18 (Б)	округло- блоковая / зоны комко- ватой	угли, бурый гу- мус (пропитки), раст. ост.	гумусово- глинистое	глинистые кутаны / +++, Fe-Mn нодули / ++	песчано- плазменный
BCAdc,cs,s	18–27	гранулярная	-	глинисто- карбонатное	карбонатные стяжения / +++, гипсовые инфил- линги / +++ и гипсовые кристаллы / +++, пыле- ватые инфиллинги / +++	пылевато- плазменный

1	2	3	4	5	6	7
BCAdc,cs,s	27–50	гранулярная	-	глинисто-карбонатное	гипсовые инфиллинги / +++ и гипсовые кристаллы / +++, пылеватые инфиллинги / ++	пылевато-плазменный
разрез 1 – солонец светлый корковый солончаковатый						
SELS	0–4	округло-блоковая	бурый гумус (пунктуации + сгустки)	глинисто-гумусовое / гумусово-глинистое	глинистые кутаны по зернам и раст. ост. / ±, Fe-Mn нодули / +	пылевато-песчано-плазменный
BSN	16–22	угловато-блоковая	раст. ост., бурый гумус (сгустки)	глинисто-гумусовое	глинистые кутаны / + и глинисто-гумусовые кутаны / +++, Fe-Mn нодули и стяжения / +	пылевато-песчано-плазменный / пылевато-плазменно-песчаный
[AJ] / sn	18–28	округло-блоковая / угловато-блоковая	черный гумус (пропитки)	гумусово-глинистое / глинисто-гумусовое	глинистые кутаны по зернам +, Fe-Mn нодули / ±	песчано-пылевато-плазменный
BSNs	28–44	угловато-блоковая	раст. ост.	глинистое	глинистые кутаны и стресс-кутаны / +, Fe-Mn нодули / +++	песчано-пылевато-плазменный
BCAdc,cs,s	44–60	угловато-блоковая / округло-блоковая	-	глинисто-карбонатное	гипсовые инфиллинги / ± и гипсовые кристаллы / +, Fe-Mn нодули / +	пылевато-плазменный

1	2	3	4	5	6	7
разрез 20 – каштановая солонцеватая солончаковатая						
AJ	0–5	комковатая	раст.ост., бурый гумус (сгустки, пунктуации), угли	глинисто-гумусовое / глинистое	Fe-Mn нодули и стяжения / ++, пылеватые инфиллинги / ++	песчано-пылевато-плазменный
BMKsn,	5–22	угловато-блоковая / округло-блоковая	раст.ост.	глинистое	глинистые кутаны / +++, Fe-Mn нодули и дендриты / +++)	пылевато-плазменный
BMdc	22–36	массивная / гранулярная	раст.ост.	карбонатно-глинистое	Fe-Mn нодули и стяжения / ++, пылеватые инфиллинги / +++)	пылевато-плазменный
BCAdc	36–48	угловато-блоковая / уплотненная гранулярная	раст.ост.	глинисто-карбонатное	карбонатные стяжения / ±, Fe-Mn нодули и дендриты / +, пылеватые инфиллинги / +++)	песчано-пылевато-плазменный
BCdc,cs,s	48–65	массивная / гранулярная	-	карбонатно-глинистое	гипсовые инфиллинги / +++, Fe-Mn дендриты / ±, пылеватые инфиллинги / +++)	пылевато-плазменный

1	2	3	4	5	6	7
разрез 14 – солонец светлый мелкий солончаковатый						
SEL	0–10	гранулярно-комковатая	раст. ост., бурый гумус (сгустки + пунктуации)	гумусово-глинистое	глинистые кутаны по зернам / +, Fe-Mn нодули /±, пылеватые инфиллинги / +++	песчано-плазменный
BSN	10–32	угловато-блоковая	раст. ост., светло-бурый гумус (пунктуации)	глинистое	глинистые кутаны / +++, Fe нодули / ±	песчано-плазменный
BCAnc,s	32–43 (А)	комковато-угловато-блоковая	раст. ост.	глинисто-карбонатное	карбонатные стяжения / ++, Fe нодули / ±	пылевато-плазменный
BCAnc,s	32–43 (Б)	комковато-угловато-блоковая	раст. ост.	глинисто-карбонатное	белоглазка / ++, Fe нодули / ±	пылевато-плазменный

Примечание: ТДВ – тонкодисперсное вещество; раст. ост. – растительные остатки; угли – обугленные мелкие растительные остатки. Буквами А и Б в круглых скобках обозначены повторности шлифов из образцов одной глубины отбора. Встречаемость микропризнака: ± – единично, + – мало (до 15 штук на шлиф), ++ – среднее количество (15–20 штук на шлиф), +++ – много (более 20 штук на шлиф).

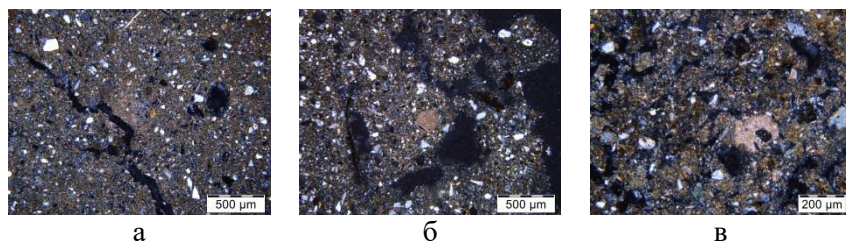


Рис. 5. Особенности микростроения карбонатно-аккумулятивных горизонтов (XN): **а** – микрозональность микритовой пропитки гор. BCAdc разр. 20 (36–48 см); **б** – микробелоглазка – плотное микритовое стяжение гор. BCAnc,s разр. 14 (32–43 см); **в** – микробелоглазка гор. BCAdc разр. 20 (36–48 см).

Fig. 5. Specific features of microstructure of the calcareous accumulation horizons (XN): **a** – microzonal micrite impregnation of the horizon BCAdc (pit 20, 36–48 cm); **б** – micro loess doll – massive micrite nodule in the horizon BCAnc,s (pit 14, 32–43 cm); **в** – micro loess doll in the horizon BCAdc (pit 20, 36–48 cm).

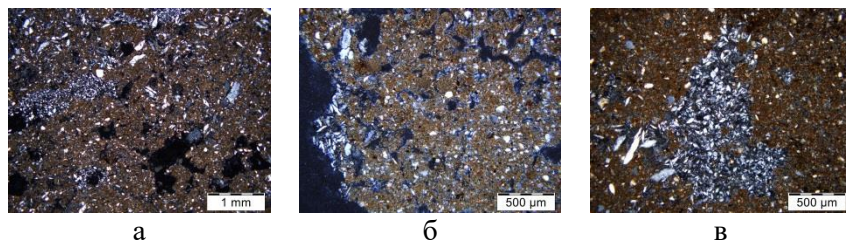


Рис. 6. Гипсовые инфиллинги в порах (XN): **а** – гор. BCAdc,cs,s разр. 15 (27–50 см); **б** – гор. BCAdc,cs,s разр. 1 (44–60 см); **в** – гор. BCdc,cs,s разр. 20 (48–65 см).

Fig. 6. Gypsic infillings in pores (XN) in the horizon: **a** – BCAdc,cs,s (pit 15, 27–50 cm), **б** – BCAdc,cs,s (pit 1, 44–60 cm), **в** – BCdc,cs,s (pit 20, 48–65 cm).

Во всех изученных нижних горизонтах данных почв отмечено присутствие признаков копрогенной агрегированности на фоне преобладания лессовидного материала слабой уплотненности и немногочисленные тонкопылеватые инфиллинги, каковые в большом количестве отмечены в верхних горизонтах.

Железистые и железо-марганцевые новообразования в изученных почвах представлены в основном плотными микронодулями, имеющими размер до 100 микрон. Причем в разр. 15 они железо-марганцевые и есть только в поверхностном и солонцовом горизонте (здесь они крупнее и чаще встречаются), а в разр. 14 они есть как чисто железистые, так и железисто-марганцевые, но встречаются при этом единично во всех горизонтах. Более интересная картина наблюдается в солонце разр. 1 и каштановой почве разр. 20. В обоих случаях встречаются железо-марганцево-органические дендриты, но в разр. 1 они мелкие (до 150 мкм) и отмечены только в нижней толще солонцового горизонта. В каштановой солонцеватой почве разр. 20 дендриты более крупные, в гор. ВМК до 300, а в ВСА и ВС – даже до 500 мкм (но в гор. ВС они уже без органики в составе). В целом этот разрез отличается наибольшим разнообразием новообразований железисто-марганцевого состава. Здесь также присутствуют железо-марганцевые с включениями скелетных зерен и чисто железистые микронодули.

Включения обломков раковин моллюсков встречаются во всех изученных почвах и приурочены в основном к карбонатно-аккумулятивным горизонтам. В разр. 15 они встречаются единично.

Включения мелких обломков коричневой глины (предположительно шоколадной ([Свиточ и др., 2017](#))) были отмечены в погребенной толще гор. А1 коркового солонца разр. 1 и в переходном к породе горизонте каштановой солонцеватой почвы разр. 20. По мнению авторов, обнаружение обломков глины в погребенной толще гор. А1 разр. 1 является результатом деятельности почвенной мезофауны.

Зерна глауконита встречаются во всех изученных почвах, их размеры составляют до 50–100 мкм. Основная тенденция – этот минерал встречается чаще в переходных к породе горизонтах. В поверхностных горизонтах разр. 15 и 1 их мало, в разр. 20 и 14 – среднее количество. Выделяется на общем фоне разр. 20 – здесь по всему профилю вплоть до переходного к породе горизонта зерна глауконита относительно мелкие – до 50 мкм, только в нижнем горизонте их размер увеличивается до 100 мкм. При этом в дан-

ном разрезе нет явного увеличения частоты встречаемости этого минерала с увеличением глубины.

Согласно результатам микроморфологического исследования почв Северо-Западного Прикаспия, на которых произрастает *K. prostrata*, все эти почвы обладают выраженной слоистостью по составу ТДВ и распределению новообразований: глинистых, карбонатных, гипсовых, железисто-марганцевых (табл. 4). Часто появление в составе глинистого ТДВ повышенной доли карбонатной плазмы сопутствует появлению карбонатных новообразований и обломков ракушек. Преобладание в составе ТДВ глинистого вещества чаще всего соответствует обнаружению и глинистых новообразований в таких горизонтах (пленок на скелетных зернах, кутан, гипо- и стресс-кутан на поверхностях агрегатов и в порах). Различия в химических и микроморфологических свойствах связаны с разными режимами, растительностью и эволюцией почв, образующих полупустынные солонцовые комплексы ([Роде, Польский, 1961](#)).

Слоистость отложений, по мнению авторов, диагностируется появлением обломков ракушек из арагонита (устойчивого к растворению минерала группы карбонатов), которые практически всегда связаны с карбонатным горизонтом с интенсивной микроприткой.

Особенностью изученного ряда почв является низкое значение ЕКО и очень высокое содержание обменного магния (табл. 3), что характерно для почв, развитых на морских хвалынских отложениях данного региона ([Роде, Польский, 1961](#)). Относительно высокая доля обменного натрия отмечена только в разр. 1 и 15, что соответствует критерию химического осолонцевания этих почв. Тем не менее микропризнаки подвижности глины с образованием кутан иллювиирования отмечены для всех почв (табл. 4), что определяется, вероятно, высоким содержанием обменного магния (магниевым осолонцеванием). Все изученные солонцы имеют примерно одинаковое содержание гумуса, каштановая солонцеватая отличается несколько более высокими значениями (табл. 3).

В ряду сравниваемых почв каштановая солонцеватая почва (разр. 20) отличается сочетанием микропризнаков, связанных с

почвообразовательными процессами, обеспечивающими наиболее высокое плодородие почв. Это более интенсивный гумусо-аккумулятивный процесс (максимально высокое содержание гумуса, биогенная агрегированность, высокая межагрегатная пористость), наибольшая промытость от солей (появление слабого засоления только глубже 48 см). Проявление на этой глубине признаков гидроморфизма (наличие большого количества дендровидных Fe-Mn новообразований), вероятно, связано с подъемом уровня грунтовых вод из-за близости канала, в прошлом заполненного водой (сейчас сухого). Максимальное уплотнение лёссовидного материала нижних горизонтов с образованием плотных гипсовых инфиллингов произошло за счет выщелачивания легкорастворимых солей, но с остаточным современным гипсонакоплением, поскольку гипс является более трудно растворимой солью. На микроуровне морские шоколадные моноглинистые слои имеют отчетливые кристаллооптические свойства ([Lebedeva et al., 2018](#)) Появление в нижнем горизонте разреза 20 обломков этих шоколадных глин позволяет предположить, что они входят в состав неглубоко залегающей подстилающей породы данной почвы.

Солонец разр. 1 (на очень пологом склоне недалеко у Финогенова пруда) среди изученных почв выделяется наличием признаков агрогенеза – появлением темноцветного гумусового горизонта внутри солонцовой толщи, что, очевидно, связывано с проведением трехъярусной вспашки и кратковременным орошением. В результате орошения в этом слое растительные остатки в восстановительных условиях углефицировались, что привело к появлению гумусовых новообразований, имеющих черную окраску (рис. 3). Другие микропризнаки не претерпели существенных изменений за столь короткий срок. Почва характеризуется слабым выщелачиванием солей с глубиной и наличием свежих глинистых кутан иллювиирования, которые особо видны на фоне темноцветного погребенного гумусового горизонта (рис. 4а, 4б). В этом разрезе также диагностированы мелкие обрывки шоколадной глины в погребенной толще, которые, по-видимому, занесены туда почвенной мезофауной.

Солонец разр. 14 занимает промежуточное положение по гумусированности и микроагрегированности в горизонтах SEL и

BSN между каштановой солонцеватой почвой разр. 20 и солонцом разр. 15. В последнем максимально выражены микропризнаки элювиально-иллювиального перераспределения глинистого вещества с образованием типичного тонкочешуйчатого пылеватого надсолонцового горизонта ([Лебедева, Герасимова, 2009](#)).

Практически для всех солонцовых горизонтов, несмотря на выраженность глинистых кутан ([Ярилова, 1966](#)), характерна смена типичной угловато-блоковой структуры на округло-блоковую, копрогенную ([Лебедева, Конюшкова, 2011](#)), что связано с увеличением количества осадков в последние годы и активизацией деятельности почвенной мезофауны. Согласно исследованиям последних лет, начиная с конца 1970-х годов на юго-востоке Европейской России наблюдается увеличение увлажненности климата ([Сапанов, 2007](#); [Сапанов, Сиземская, 2015](#)). Порядок величин, характеризующих эти изменения, невелик: осадки увеличились на 50 мм, испаряемость за теплый период уменьшилась на 70 мм, однако, как известно, аридные и субаридные ландшафты очень чувствительны к таким изменениям. Для всех почв на всю изученную глубину характерны свежие пылеватые инфиллинги разной мощности и глинистые кутаны по остаткам растительных корней (рис. 2, 4). Все это свидетельствует об активных современных процессах иллювиирования ТДВ после весеннего снеготаяния.

Для того чтобы связать свойства изученных почв с произрастанием на них *K. prostrata*, была составлена таблица (табл. 5). В ней показано, что в ряду разрезов: 14, 15, 1, 20, – увеличивается проективное покрытие *K. prostrata*. В таком же ряду отмечаются следующие тенденции изменения почвенных свойств: 1) увеличение глубины обнаружения гипса на микроуровне; 2) уменьшение интенсивности проявления солонцового процесса, которое выражается в количестве глинистых кутан иллювиирования; 3) уменьшение глубины появления первого относительного для разреза максимума содержания обменного натрия; 4) увеличение глубины появления первого максимума содержания обменного магния. Для объяснения выявленных трендов необходимы дальнейшие углубленные исследования свойств почв и химического состава растений *K. prostrata*, произрастающих на них.

Таблица 5. Схема взаимосвязей проективного покрытия *Kochia prostrata* и почвенных свойств

Table 5. The diagram of interactions between the projective cover of *Kochia prostrata* and soil properties

Номер участка	14EV18	15EV18	1EV18	20EV18
Проективное покрытие <i>Kochia prostrata</i> , %	15 →	30 →	30–40 →	40–50
Количество зрелых глинистых кутан	++++ ←	+++ ←	++ ←	+
Средняя глубина 1-го max Na, см	40 ←	38.5 ←	36 ←	2.5
Средняя глубина 1-го max Mg, см	5 →	10.5 →	22.5 →	42

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Kochia prostrata – очень пластичный кормовой вид, который способен произрастать на почвах с широким набором морфологических свойств, разным содержанием солей и их химическим составом. На фоне практически одинакового содержания гумуса и высокого содержания обменного магния микроморфологические признаки отражают разную степень проявления элементарных почвообразовательных процессов – гумусово-аккумулятивного, выщелачивания легкорастворимых солей, гипсонакопления, окarbonачивания, осолонцевания.

Несмотря на различное содержание обменного натрия, во всех почвах присутствуют свежие глинистые или гумусово-глинистые кутаны иллювиирования, свидетельствующие о проявлении современного элювиально-иллювиального перераспределения тонкодисперсного вещества (процесса лёссаважа).

Результаты, полученные, при изучении микроморфологических и химических свойств почв солонцовых сухостепных комплексов северо-западной части Прикаспийской низменности, позволяют предполагать, что присутствие в растительном сообществе *K. prostrata* можно рассматривать как признак наличия современного лёссаважа в почвах данной территории при полевых исследованиях. В дальнейшем это предположение будет проверяться на

большем количестве разрезов для статистической оценки проявления процесса иллювиирования глины в почвах на микроуровне при наличии в растительном сообществе *Kochia prostrata*.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18-016-00129 А), Президиума РАН по гранту в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баян Г.А.* Прутняк простертый и его культура в Киргизии. Фрунзе: Кыргызстан, 1972. 263 с.
2. Засоленные почвы России / Отв. Редакторы *Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова*. М.: ИКЦ “Академкнига”, 2006. 854 с.
3. *Зонн И.С., Трофимов И.А., Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш.* Земельные ресурсы аридных территорий России // Аридные экосистемы. 2004. Т. 10. № 22/23. С. 87–102.
4. *Лебедева (Верба) М.П., Герасимова М.И.* Макро- и микроморфологические особенности генетических горизонтов почв солонцового комплекса Джаныбекского стационара // Почвоведение. 2009. № 3. С. 259–272.
5. *Лебедева М.П., Конюшкова М.В.* Временные изменения микропризнаков в целинных и мелиорированных солонцах Джаныбекского стационара // Почвоведение. 2011. № 7. С. 818–831.
6. *Лебедева М.П., Конюшкова М.В., Колесников А.В., Хохлов С.Ф.* Мониторинг изменений свойств целинного солонца Джаныбекского стационара по данным микроморфологических исследований // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2016. Вып. 83. С. 118–139. DOI: [10.19047/0136-1694-2016-83-118-139](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-83-118-139).
7. *Лебедева (Верба) М.П., Сиземская М.Л.* Анализ микростроения мелиорированных солонцов Джаныбекского стационара для оценки их экологического состояния // Поволжский журнал. 2010. № 2. С. 166–176.
8. *Нидюлин В.Н.* Экологическое и биологическое разнообразие кохии простертой (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) и его использование для селекции в аридных районах северо-западного Прикаспия: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Санкт-Петербург, 2013. 21 с.
9. Полевая геоботаника. 1964. Т. 3. М.-Л.: Наука, 264 с.
10. *Полевой определитель почв России*. М.: Почвенный ин-т им.

В.В. Докучаева, 2008. 182 с.

11. *Прагов У.* Вопросы внутривидовой систематики *Kochia prostrata* (L.) Schrad. // Изень. Ташкент: Фан, 1971. С. 3–5.

12. *Работнов Т.А.* Фитоценология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. 351 с.

13. *Рахманкулова З.Ф., Шуйская Е.В., Рогожникова Е.С.* Влияние дефицита воды на функции митохондрий и полиморфизм ферментов дыхания у растений // Журнал общей биологии. 2013. № 3. С. 167–179.

14. *Роде А.А., Польский М.Н.* Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Почвы полупустыни северо-западного Прикаспия и их мелиорация. Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева АН СССР. М.: Издательство АН СССР. 1961. Т. 56. С. 3–214.

15. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М.: ВАСХНИЛ, Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1990. 235 с.

16. *Сапанов М.К.* Синхронность изменения уровней Каспийского моря и грунтовых вод в Северном Прикаспии во второй половине XX в. // Известия РАН. Серия географическая. 2007. № 5. С. 82–87.

17. *Сапанов М.К., Сиземская М.Л.* Изменение климата и динамика целинной растительности в Северном Прикаспии // Поволжский журнал. 2015. № 3. С. 307–320.

18. *Сафронова И.Н.* Характеристика растительности Палласовского района Волгоградской области // Биоразнообразие и природопользование в Приэльтоне. Волгоград: Прин Терра. 2006. С. 5–9.

19. *Свиточ А.А., Макишев Р.Р., Ростовцева Ю.В., Ключиткина Т.С., Березнер О.С., Трегуб Т.Ф., Хомченко Д.С.* Шоколадные глины Северного Прикаспия. М.: Географический факультет МГУ, 2017. 140 с.

20. *Тодерич К.Н., Бобокулов Н.А., Шуйская Е.В., Раббимов А.Р., Попова В.В., Мукимов Т.Х., Хакимов У.Н.* *Kochia prostrata* (L.) Shrad: ценная кормовая культура для улучшения производительности пастбищ в засушливых и полусушливых регионах Центральной Азии / Ред.: И. Шоайб, Т. Матюнина. Ташкент: Фан ва технология, 2015. 152 с.

21. *Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З.* Галофитное растениеводство. М.: 2005. 404 с.

22. *Шуйская Е.В., Тодерич К.Н., Войницка-Полторак А.* Генетическая изменчивость кохии простертой (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) в условиях аридной зоны Узбекистана // Проблемы освоения пустынь. 2001. № 3. С. 24–31.

23. *Ярилова Е.А.* Особенности микроморфологии солонцов черноземной и каштановой зон. // Микроморфологический метод в исследовании

генезиса почв. М.: Наука. 1966. С. 58–75.

24. Lebedeva M.P., Konyushkova M., Khokhlov S. Monitoring of micromorphological changes in a virgin Solonetz under regional changes in hydrology and climate (Northern Caspian Lowland, Russia) // Spanish journal of soil science. 2018. Vol. 8 No. 2. P. 164–182. DOI: [10.3232/SJSS.2018.V8.N2.03](https://doi.org/10.3232/SJSS.2018.V8.N2.03).

25. Lebedeva M., Makeev A., Rusakov A., Romanis T., Yanina T., Kurbanov R., Kust P., Varlamov E. Landscape dynamics in the Caspian Lowlands since the last deglaciation reconstructed from the pedosedimentary sequence of Srednaya Akhtuba, Southern Russia // Geosciences. 2018. Vol. 8. Iss. 12. 492. DOI: [10.3390/geosciences8120492](https://doi.org/10.3390/geosciences8120492).

REFERENCES

1. Balyan G.A., *Prutnyak prostertyi i ego kul'tura v Kirgizii* (Kochia stretched and its culture in Kyrgyzstan), Frunze: Kyrgyzstan, 1972, 263 p.
2. Shishov L.L., Pankova E.I. (Eds), *Zasolennye pochvy Rossii* (Saline soils of Russia), Moscow: IKTs “Akademkniga”, 2006, 854 p.
3. Zonn I.S., Trofimov I.A., Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.S., Lands resources of Russia arid territories, *Arid ecosystems*, 2004, Vol. 10, No. 22/23, pp. 87–102.
4. Lebedeva-Verba M.P., Gerasimova M.I., Macro- and micromorphological features of genetic horizons in a Solonetzic soil complex at the Dzhanybek Research Station, *Eurasian Soil Science*, 2009, Vol. 42, No. 3, pp. 237–250.
5. Lebedeva M.P., Konyushkova M.V., Temporal changes in the microfabrics of virgin and reclaimed solonetztes at the Dzhanybek Research Station, *Eurasian Soil Science*, 2011, Vol. 44, No. 7, pp. 753–765.
6. Lebedeva M.P., Konyushkova M.V., Kolesnikov A.V., Khokhlov S.F., The monitoring of changes of properties of virgin solonetz at djanybek stationary according to the data of micromorphologic investigations, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016, Vol. 83, pp. 118–139, DOI: [10.19047/0136-1694-2016-83-118-139](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-83-118-139).
7. Lebedeva (Verba) M.P., Sizemskaya M.L., Analysis of the microfabrics of reclaimed solonetztes at the Dzhanybek Research Station for evaluation of their ecological status, *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2010, No. 2, pp. 166–176.
8. Nidyulin V.N., *Ekologicheskoe i biologicheskoe raznoobrazie kokhii prostertoï (Kochia prostrata (L.) Schrad.) i ego ispol'zovanie dlya selektsii v aridnykh raionakh severozapadnogo Prikaspiya: Avtoref. dis. ... kand. s.-kh. Nauk* (Ecological and biological diversity of Kochia stretched (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) and its use for breeding in arid areas of the north-

western Caspian Lowland: Extended abstract of cand. agric. sci. thesis), St. Petersburg, 2013, 21 p.

9. *Polevaya geobotanika* (Field geobotany), 1964, Vol. 3. Moscow – Leningrad: Nauka, 264 p.

10. *Polevoi opredelitel' pochv Rossii* (Field guide of Russian soils), Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2008, 182 p.

11. Prатов U., Voprosy vnutrividovoi sistematiki *Kochia prostrata* (L.) Schrad (Questions of intraspecific taxonomy *Kochia prostrata* (L.) Schrad), In: *Izen'*, Tashkent: Fan, 1971, pp. 3–5.

12. Rabotnov T.A., *Fitotsenologiya* (Phytocenology), Moscow: MSU, 1992, 351 p.

13. Rogozhnikova E.S., Rakhmankulova Z.F., Shuyskaya E.V., *Effects of water deficiency on mitochondrial functions and polymorphism of respiratory enzymes in plants*, *Zhurnal obshchei biologii*, 2013, No. 3, pp. 167–179.

14. Rode A.A., Pol'skii M.N., *Pochvy Dzhanybekskogo statsionara, ikh morfologicheskoe stroenie, mekhanicheskii i khimicheskii sostav i fizicheskie svoystva* (Soils of Dzhanybek station, their morphological structure, mechanical and chemical composition and physical properties) In: *Pochvy polupustyni severo-zapadnogo Prikaspiya i ikh melioratsiya*, Works of the V.V. Dokuchaev Soil Science Institute of the USSR Academy of Sciences (Soils of the semi-desert of the North-Western Caspian sea and their reclamation), Moscow: USSR Academy of Sciences, 1961, Vol. 56, pp. 3–214.

15. *Rukovodstvo po laboratornym metodam issledovaniya ionno-solevogo sostava neutral'nykh i shchelochnykh mineral'nykh pochv* (Guidelines for laboratory methods for the study of ion-salt composition of neutral and alkaline mineral soils), Moscow: VASKHNIL, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 1990, 235 p.

16. Sapanov M.K., Sinkhronnost' izmeneniya urovnei Kaspiiskogo morya i gruntovykh vod v Severnom Prikaspii vo vtoroi polovine XX v. (Synchronism of changes of Caspian sea level and ground waters in Northern near-Caspian Sea area at the second part of the XX century), *Regional research of Russia*, 2007, No. 5, pp. 82–87.

17. Sapanov M.K., Sizemskaya M.L., *Izmenenie klimata i dinamika tselinnoi rastitel'nosti v Severnom Prikaspii* (Climate changes and the virgin vegetation dynamics in the Northern Caspian lowland), *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2015, No. 3, pp. 307–320.

18. Safronova I.N., *Kharakteristika rastitel'nosti Pallasovskogo raiona Volgogradskoi oblasti, Bioraznoobrazie i prirodopol'zoovanie v Priel'ton'e* (Characteristics of vegetation Pallasovsky district of the Volgograd region,

Biodiversity and prirodopolzoavanie in the Elton Region), In: *Collection of scientific papers*, Volgograd: Prin Terra, 2006, pp. 5–9.

19. Svitoch A.A., Makshaev R.R., Rostovtseva Yu.V., Klyuvitkina T.S., Berezner O.S., Tregub T.F., Khomchenko D.S., *Shokoladnye gliny Severnogo Prikaspiya* (Chocolate clays of the Northern Caspian sea region), Moscow, 2017, 140 p.

20. Toderich K.N., Bobokulov N.A., Shuiskaya E.V., Rabbimov A.R., Popova V.V., Mukimov T.Kh., Khakimov U.N., *Kochia prostrata* (L.) Shrad: *tsehnaya kormovaya kul'tura dlya uluchsheniya proizvoditel'nosti pastbishch v zasushliviyykh i poluzasushliviyykh regionakh Tsentral'noi Azii* (*Kochia prostrata* (L.) Shrad: a valuable forage crop to improve pasture productivity in arid and semi-arid regions of Central Asia), Tashkent: Fan va tekhnologiya, 2015, 152 p.

21. Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.Z., *Galofitnoe rastenievodstvo* (Halophytic plant growing), Moscow, 2005, 404 p.

22. Shuiskaya E.V., Toderich K.N., Voinitska-Poltorak A., Geneticheskaya izmenchivost' kokhii prostertoi (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) v usloviyakh aridnoi zony Uzbekistana (Genetic variability of *Kochia stretched* (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) in the arid zone of Uzbekistan), *Problemy osvoeniya pustyn'*, 2001, No. 3, pp. 24–31.

23. Yarilova E.A., *Osobennosti mikromorfologii solontsov chernozemnoi i kashtanovoi zon*, *Mikromorfologicheskii metod v issledovanii genezisa pochv* (Features of micro-morphology solonchets Chernozemic and chestnut zone, Micromorphological method in the study of soil Genesis), Moscow: Nauka, 1966, pp. 58–75.

24. Lebedeva M.P., Konyushkova M., Khokhlov S., Monitoring of micromorphological changes in a virgin Solonchets under regional changes in hydrology and climate (Northern Caspian Lowland, Russia), *Spanish journal of soil science*, 2018, Vol. 8, No. 2, pp. 164–182, DOI: [10.3232/SJSS.2018.V8.N2.03](https://doi.org/10.3232/SJSS.2018.V8.N2.03).

25. Lebedeva M., Makeev A., Rusakov A., Romanis T., Yanina T., Kurbanov R., Kust P., Varlamov E., Landscape dynamics in the Caspian Lowlands since the last deglaciation reconstructed from the pedosedimentary sequence of Srednaya Akhtuba, Southern Russia, *Geosciences*, 2018, Vol. 8, Iss. 12, 492, DOI: [10.3390/geosciences8120492](https://doi.org/10.3390/geosciences8120492).