

УДК 631.4

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК БОГАРНЫХ ПОЧВ КАШТАНОВО- СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА СТАВРОПОЛЬЯ

© 2019 г. П. Г. Куст

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

<https://orcid.org/0000-0003-4476-9017>, e-mail: pavelkust@yandex.ru

*Поступила в редакцию 23.07.2018, после доработки 19.12.2018,
принята к публикации 12.03.2019*

Полигенетичность и полиморфность почв каштаново-солонцовых комплексов определяют трудность их полевой диагностики и последующих генетических интерпретаций. В качестве дополнительных диагностических характеристик использовали микроморфологические показатели, уточняющие генетические интерпретации для почв каштаново-солонцового комплекса (солонец каштановый, каштановая солонцеватая почва, каштановая почва, лугово-каштановая почва), используемых в сельском хозяйстве (богарное земледелие) на территории Апанасенковского района Ставропольского края. Показана корреляция и уточняющая роль данных микроморфологического анализа для результатов макроморфологической диагностики и данных таких физико-химических показателей почв комплекса как: гранулометрический состав, содержание органического вещества, плотность, состав обменных катионов. В результате выявлено, что соответствие между результатами микроморфологической диагностики и макроморфологическим описанием наиболее полно для профиля каштановой почвы; для лугово-каштановой почвы и почв солонцовых разностей микроморфологическое исследование дополняет набор диагностированных новообразований, например, многослойных кутан с различным генезисом слоев, признаков гидроморфизма и др.

Ключевые слова: микроморфология почв, почвы каштаново-солонцовых комплексов, генезис почв сухостепной зоны.

DOI: 10.19047/0136-1694-2019-96-113-148

ВВЕДЕНИЕ

Изучению свойств и генезиса почв каштаново-солонцовых комплексов посвящено много работ ([Ковда, 1937](#); [Минкин, 1980](#)),

однако вопрос их генетической диагностики, позволяющей верно оценить направленность процессов в почвенном профиле, затруднен и на сегодняшний день. Большинство генетических работ о почвах каштаново-солонцовых комплексов посвящены солонцам и солонцеватым почвам как наиболее неблагоприятным для сельского хозяйства, однако и для каштановых почв вопрос генезиса остается дискуссионным ([Панкова, Черноусенко, 2018](#)). Для изучаемых комплексов характерно сочетание в едином почвенном профиле наложенных элементарных почвенных профилей и разных элементарных почвообразовательных процессов ([Полинов, 1930](#); [Герасимов, 1975](#); [Михайлов, 2015](#)).

Свойства почв каштаново-солонцовых комплексов определяются множеством факторов ([Ямнова, 2018](#)). Большая часть почв таких комплексов используется в земледелии, в связи с чем необходимо учитывать изменение их свойств в зависимости от типа и интенсивности антропогенной нагрузки ([Любимова, Мотузов, 2005](#); [Любимова и др., 2016](#)). Большое количество исследований посвящено физико-химической и макроморфологической диагностике солонцов и солонцеватых почв, что привело к тому, что для них макроморфологические и физико-химические параметры наиболее используемы, закреплены в большинстве принятых почвенных классификаций ([Хитров, 2004](#)). Диагностика каштановых почв производится в большей мере по морфологическим критериям. Таким образом, вопрос о верной диагностике антропогенно-измененных почв этих типов с использованием только химико-физических и макроморфологических показателей остается дискуссионным. Дополнение результатов, полученных вышеуказанными методами, данными микроморфологического анализа позволяет уточнить их интерпретацию и выявить, во-первых, характер взаимоотношения основных элементов микростроения (тонкодисперсного глинистого или гумусово-глинистого вещества – плазмы, типа и характера пористости и агрегированности, солевых новообразований), во-вторых, степень выраженности элементарных почвообразовательных процессов и направленность процессов эволюции ([Герасимова и др., 1992](#); [Stoops, 2003](#)). Микростроеение почв каштаново-солонцовых комплексов с классификационной точки зрения подробно изучено, определены основные диа-

гностические признаки ([Ярилова, 1966](#); [Ромашкевич, Герасимова, 1982](#); [Лебедева \(Верба\), 2006](#); [Турсина, 2011](#)). Микростроение почв исследуемого района изучалось ранее М.В. Грачевой и др. ([1988](#)), однако в работе проведено сопоставление микроморфологических показателей только с составом обменных катионов. Сравнение результатов микроморфологического исследования с более широким спектром физико-химических показателей является перспективной задачей.

Целью настоящей работы является проведение многостороннего генетического микроморфологического исследования с использованием архива шлифов шлифотеки Почвенного института им. В.В. Докучаева и последующая корреляция выявленных микроморфологических показателей с широким спектром морфологических и лабораторных данных, полученных из литературных источников. Изучены почвы каштаново-солонцового комплекса, сформированные на карбонатных слабозасоленных лёссовидных отложениях под антропогенной нагрузкой (богарой).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

На первичном этапе исследования проведен анализ фондов шлифотеки и определены те шлифы, работа по которым ранее не проводилась. Для работы выбраны шлифы Н.Б. Хитрова, изготовленные в 1981 г. в лаборатории минералогии и микроморфологии почв Почвенного института им. В.В. Докучаева. Микромонолиты для изготовления шлифов отбирались в 1–2-кратной повторности в генетических горизонтах четырех разрезов (лугово-каштановой, каштановой, каштановой солонцеватой почв и солонца¹). Настоящее микроморфологическое исследование архивных шлифов проводили на оборудовании центра коллективного пользования того же института “Функции и свойства почв и почвенного покрова”, лаборатории минералогии и микроморфологии почв. Результаты описаний занесены в базу данных шлифотеки; описания и фото-материал получены с использованием поляризационного микро-

¹ Здесь и далее (если не указано иное) в тексте используются термины Классификации и диагностики почв СССР (1977) для удобства сравнения с литературными данными.

скопа Olympus BX51 с цифровой камерой Olympus DP26 и программным обеспечением Stream Basic.

По результатам сопряженного литературного исследования для тех же разрезов, из которых отобраны микромонолиты, выявлено наличие ранее опубликованных работ с геоморфологическими данными на исследуемую территорию ([Козловский и др., 1980](#)), а также работ с данными физических, физико-химических и химических показателей. Согласно основной почвенной работе по исследуемым разрезам ([Хитров, 1982](#)) можно констатировать следующее: а) разрезы заложены на землях колхоза-племзавода им. В.И. Ленина (ныне сельскохозяйственного производственного кооператива “Путь Ленина”) Апанасенковского района Ставропольского края (окрестности поселка Киевка): 46°05'23" N; 42°53'28" E; б) четыре профиля, используемые в настоящей работе, являются эталонными профилями богарных почв исследуемого ключевого участка, и выбраны из более чем 30 изученных разрезов (табл. 1). Химические и физические анализы выполнены по стандартным методикам исследования почв Николаем Борисовичем Хитровым ([Вадюнина, Корчагина, 1986](#); [Хитров, Понизовский, 1990](#); [Теория и практика..., 2006](#)).

Ключевой участок расположен в центральной части долины р. Маныч, сложен чехлом эолово-делювиальных лёссовидных суглинков мощностью 5–7 м, подстилаемых аллювиальными отложениями разнообразного гранулометрического состава мощностью от 2 до 3 м, а затем переходящих в однородную толщу тяжелых суглинков и глин ([Козловский и др., 1980](#)). Грунтовые воды залегают в среднем на глубине 6.5 м, несколько приближаясь к поверхности в западинах (до 6.4 м) и залегая ниже под микроповышениями (до 6.6 м). Состав вод хлоридно-сульфатный натриевый. Территория ключевого участка представляет собой равнину, слабонаклонную на северо-восток. Уклоны не превышают 0.005. Микрорельеф представляет собой чередование небольших повышений с пологими склонами, плакоров и округлых западин диаметрами 25–30 м и глубиной 30–60 см. Для почвенного покрова характерна округло-пятнистая форма структуры. Почвенный покров представлен каштановыми и каштановыми солонцеватыми (44 %) на выровненных участках, лугово-каштановыми почвами

западин (11 %) и солонцами микроповышений (45 %) ([Хитров, 1982](#)).

Климат района умеренно-континентальный. Годовое количество осадков составляет 380–410 мм, из которых 260–280 мм выпадает в теплый период года. Летние осадки имеют преимущественно ливневый характер. Гидротермический коэффициент – 0.5–0.6. Среднегодовая температура составляет 9.5°C, средняя температура января –5.0°C, июля – +24°C. Сумма положительных температур выше +10°C составляет около 3450°C. Годовое количество осадков 300–375 мм ([Бадахова, Кнутас, 2007](#)).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологические данные, приведенные ниже, являются результатом анализа оригинальных описаний, при сохранении исходных названий разрезов. Табличные данные физических и химических показателей приведены из работы Н.Б. Хитрова ([1982](#)).

Особенности морфологического строения. Все изученные разрезы имеют характерное для каждого типа почвы морфологическое строение профиля, нарушенного в верхней части распашкой (табл. 2).

Почвы комплекса находились под одинаковой антропогенной нагрузкой, (вид техники, технология возделывания, тип высеваемых культур), так как катена заложена в пределах одного поля. На поверхности лугово-каштановой почвы диагностирована толстая корка (около 8 мм). Она имела хорошо выраженную слоистость, легко отделялась от пахотного горизонта, разделена трещинами на крупные полигоны диаметром 10–15 см. Все почвы имели хорошо выраженный пахотный горизонт мощностью 18–25 см, в лугово-каштановой почве западины он имеет рыхлое строение, мелкозернисто-мелкоореховато-порошистую структуру, в солонце – глыбистую с элементами ореховатости, прослеживается тренд на увеличение степени глыбистости и ореховатости структуры снизу вверх по почвам комплекса.

Таблица 1. Положение разрезов в рельефе, название профилей и почв (по данным [Хитрова \(1982\)](#); названия почв по ПОПР даны автором)

микропонижение	средняя часть микросклона	верхняя часть микросклона	микроравнина
разр. XI-2-33	разр. XI-2-24	разр. XI-2-20	разр. XI-2-8
<p><u>по КиДПСССР:</u> лугово-каштановая выщелоченная тяжелосуглинистая на лёссовидных суглинках;</p> <p><u>по ПОПР:</u> каштановая квазиглеевая сегрегационно-карбонатная среднепахотная средневыщелоченная тяжелосуглинистая на лёссовидных суглинках</p>	<p><u>по КиДПСССР:</u> каштановая маломощная пахотная глееватая тяжелосуглинистая на лёссовидных суглинках;</p> <p><u>по ПОПР:</u> каштановая сегрегационно- карбонатная среднепахотная слабощелоченная тяжелосуглинистая на лёссовидных суглинках</p>	<p><u>по КиДПСССР:</u> каштановая маломощная пахотная глубокосолонцеватая среднесуглинистая на лёссовидных суглинках;</p> <p><u>по ПОПР:</u> каштановая солонцеватая сегрегационно- карбонатная глубокогипс- содержащая мелкопахотная слабощелоченная тяжелосуглинистая на лёссовидных суглинках</p>	<p><u>по КиДПСССР:</u> освоенный солонец средний каштановый автоморфный на лёссовидных суглинках;</p> <p><u>по ПОПР:</u> агросолонец сегрегационно- карбонатный гипс- содержащий мелкопахотный слабощелоченный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках</p>

Примечание. КиДПСССР – Классификация и диагностика почв СССР, 1977; ПОПР – Полевой определитель почв России, 2008.

Таблица 2. Строение профилей исследуемых разрезов (по данным [Хитрова \(1982\)](#); индексы горизонтов по ПОПР даны автором)

Глубина залегания (см) и индексы горизонтов (ПОПР/КиДПСССР)							
разр. XI-2-33		разр. XI-2-24		разр. XI-2-20		разр. XI-2-8	
0–25	Ptk/Ап	0–22	P/Ап	0–20	P/Ап	0–18	P/Ап
25–45	AJ/A	22–35	AB/AB	20–32	ABsn/Bcn1	18–28	BSN1/Bcn1
		35–46	BMKs/B _K			28–35	BSN2/Bcn2
				32–45	BMKsn/Bcn2	35–45	BMKi/B _K
45–81	BMKi/AB	46–100	BCAnc/B _K бел	45–55	BMKi/B _K	45–54	BCAnc,nc/B _K бел
				55–160	BCAnc/B _K бел	54–88	BCAnc,cs/B сол
81–150	BCAi/B _K	100–150	BCAnc,nc,cs/BC			88–145	BCAnc,cs/B _K бел
150–180	BCca,q,mc,nc/ BC	150–190	BCca,mc,nc,cs/ BCгипс	160–190	BCca,mc,nc,cs/ BCгипс	145–178	BCca,cs/BC

Глубина залегания срединных горизонтов В увеличивается по катене от солонца к лугово-каштановой почве: 18–20–35–45 см. Таким образом, в каштановой солонцеватой почве и солонце вся толща поверхностных светлогумусовых горизонтов включена в состав пахотного горизонта, а в лугово-каштановой и каштановой почвах диагностируется незатронутый распашкой горизонт А. Глубина вскипания и солевые профили изученных разрезов сильно отличаются и подробно рассмотрены в следующем разделе. Признаки осолонцевания (потечность гумуса, блестящие кутаны, белесые корочки отмытого материала и др.) были диагностированы только в каштановой солонцеватой почве и солонце.

Химические свойства. Почвы участка характеризуются нейтральной и щелочной реакцией среды (табл. 3). Общая тенденция изменения рН – увеличение щелочности вниз по профилю.

В ряду почв: “лугово-каштановая почва западины – каштановая – каштановая сильносолонцеватая – солонец”, во-первых, немного увеличивается щелочность (по значениям рН) верхних горизонтов, соответственно, 6,9, 6,8, 7,1, 7,6, во-вторых, происходит более быстрое увеличение щелочности вниз по профилю. В лугово-каштановой почве западины рН достигает 8,1 только в горизонте ВС (160–180 см), а в солонце – уже в нижней части солонцового горизонта (Всн₂, 28–35 см), где рН 8,2.

Содержание гумуса в рассматриваемых почвах сравнительно небольшое (1,5–3,5 %). Максимальные его количества в поверхностном горизонте наблюдаются в лугово-каштановой почве западины (3,76 %), а минимальные – в солонце (1,66 %).

Лугово-каштановая почва (разр. XI-2-33) характеризуется глубоким залеганием карбонатов. Вскипание от HCl наблюдается с 81 см, а заметное количество карбонатов (более 4 % CO₂) отмечается только со 100 см. Гипс отсутствует. Каштановая почва (разр. XI-2-24) характеризуется высоким содержанием карбонатов, начиная с 35 см. Максимум карбонатов (5,8–7,8 % CO₂) наблюдается на глубине 50–100 см в горизонте белоглазки. Гипс появляется с 1,5 м в виде крупных друз. В солонцеватой каштановой почве (разр. XI-2-20) карбонатный профиль, аналогичен таковому каштановой почвы с той лишь разницей, что здесь горизонт белоглазки намного больше (с 55 до 160 см).

Таблица 3. Содержание органического вещества (ОВ), карбонатов, гипса, pH и плотность сложения (составлено по данным [Хитрова, 1982](#))

Горизонт	Глубина, см	pH 1 : 2.5	ОВ	CO ₂	Гипс	Плотность почвы, г/см ³	Na, % от ЕКО незасоленных горизонтов
			%				
Лугово-каштановая почва, разр. XI-2-33							
A _П	0–20	6.88	3.76	Не опр.		1.41	2.1
A	27–42	6.93	3.01	»		1.26	1.1
AB	45–60	7.05	1.35	»		1.42	1.2
AB _К	60–80	7.32	0.95	0.18	»	1.42	1.2
B _К	100–120	7.87	Не опр.	4.05	»	1.56	1.8
BC	160–180	8.09	»	4.92	»	1.59	2.3
Каштановая почва, разр. XI-2-24							
A _П	0–20	6.75	2.11	0	Не опр.	1.36	1.1
AB	23–35	7.23	1.40	0	»	1.41	1.3
B _К	35–46	7.72	1.00	4.66	»	1.49	2.3
B _{К бел}	65–80	8.02	Не опр.	6.86	»	1.68	6.8
BC	135–150	8.61	»	5.10	0.44	Не опр.	Засолен
B _{гипс}	175–190	7.95	»	3.61	7.77	»	Засолен
Каштановая сильносолонцеватая почва, разр. XI-2-20							
A _П	0–20	7.09	2.71	0	Не опр.	1.37	6.5
B _{сн1}	22–32	7.37	1.30	0	»	1.54	11.3
B _{сн2}	32–45	7.92	1.05	1.32	»	1.45	Засолен
B _К	45–55	8.13	0.75	5.90	»	1.59	Засолен
B _{К бел}	55–70	8.11	0.50	7.48	0.24	Не опр.	Засолен
B _{К бел+}	70–85	8.02	Не опр.	5.98	0.63	»	Засолен
^{+сол} B _{К бел}	85–100	7.97	»	4.31	0.49	1.63	Засолен
B _{К бел}	140–160	8.18	»	4.58	0.41	Не опр.	Засолен
BC	170–190	8.06	»	4.49	0.75	1.51	Засолен
Солонец, разр. XI-2-8							
A _П	0–18	7.63	1.66	0	Не опр.	1.51	Засолен
B _{сн1}	18–28	7.87	1.35	0.26	»	1.37	Засолен
B _{сн2}	28–35	8.18	1.00	0.90	»	1.47	Засолен
B _К	35–45	8.25	0.60	4.66	»	1.62	Засолен
B _{К бел}	45–54	8.34	Не опр.	6.16	0.34	Не опр.	Засолен
B _{сол}	75–88	8.61	»	5.54	0.56	1.63	Засолен
B _{К бел}	120–135	8.07	»	6.42	0.31	Не опр.	Засолен
BC	160–175	8.16	»	4.93	0.47	1.56	Засолен

Гипс появляется ближе к поверхности, но максимум его содержания (0.63 %) залегает ниже по профилю, чем максимум содержания карбонатов. Солевой профиль солонца (разр. XI-2-8) сильно отличается от остальных почв тем, что имеет обратный порядок максимума содержания гипса и карбонатов, максимум содержания карбонатов отмечается в горизонте $V_{\text{К бел}}$ (6.42 % CO_2), а максимум содержания гипса приурочен к горизонту $V_{\text{сол}}$ (0.56 %). В каштановой сильносолонцеватой почве уже в пахотном горизонте содержится 6.5 % обменного натрия. В солонцеватом горизонте доля натрия в ППК возрастает до 12 %. Для ППК солонца характерна наиболее высокая доля содержания Na – в солонцовом горизонте (22 %).

Физические свойства. Верхние горизонты имеют плотность 1.4–1.5 г/см³ (табл. 3, рис. 1). Исключение составляет часть горизонта А лугово-каштановой почвы, не нарушенного при распаивании. В нем плотность равна 1.26 г/см³, а в вышележащем пахотном горизонте – 1.41 г/см³. В нижних горизонтах плотность возрастает до 1.55–1.7 г/см³. При этом максимальные значения (1.63–1.68 г/см³) отмечаются в карбонатном горизонте с выделениями карбонатов в виде белоглазки. Глубже плотность несколько снижается, но также остается высокой (1.5–1.6 г/см³).

Почвы участка имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Преобладающими фракциями являются крупная пыль, составляющая от 29 до 45 %, и ил, составляющий от 20 до 44 % (наиболее часто 24–30 %). Содержание физической глины (< 0.01 мм) во всех горизонтах (кроме пахотных) превышает 50 % (от 49 до 61 %). Пахотные горизонты в трех разрезах (XI-2-8, XI-2-20 и XI-2-24) отличаются более легким гранулометрическим составом (содержание частиц < 0.01 мм составляет 42–43 %).

Особенности микроморфологического строения. *Пахотные, гумусовые и солонцово-элювиальные горизонты.* В ряду солонец–лугово-каштановая почва заметна смена типа микроструктур как внутрипрофильная, так и между разными типами почв (рис. 2). Микроструктура надсолонцового пахотного горизонта в солонце характеризуется высокой степенью неоднородности.

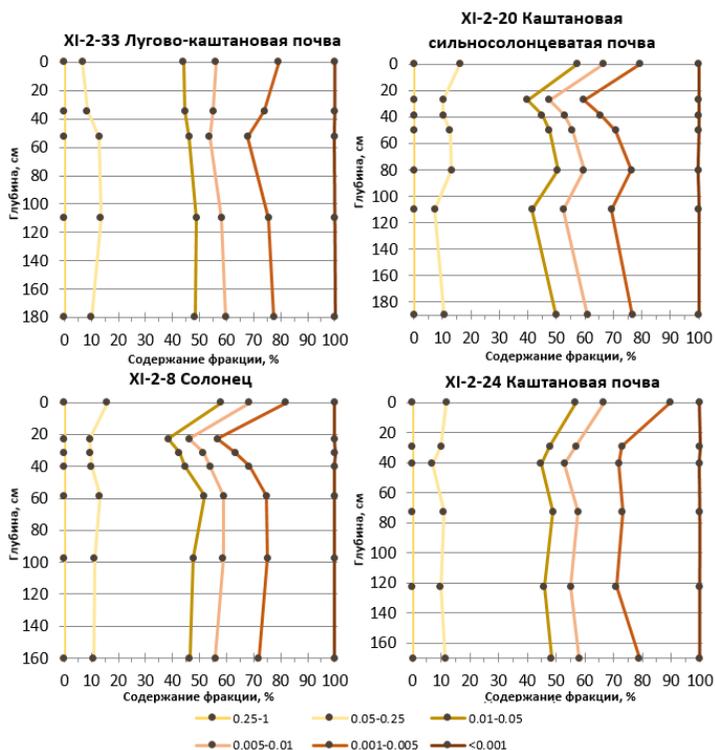


Рис. 1. Гранулометрический состав почв (составлено по данным [Хитрова, 1982](#)).

По степени преобладания можно выделить следующие типы: 1) средневывраженная комковатая; 2) губчатая; 3) угловато-блоковая. В каштановой почве преобладает угловато-блоковая микроструктура с элементами комковатости, в лугово-каштановой почве – слабовывраженная мелкокомковатая. Не диагностируются признаки влияния тяжелой техники в подпахотных горизонтах – увеличение плотности сложения материала и уменьшение пористости. Во всех изучаемых разрезах диагностируется наличие порошистых агрегатов, а в профиле солонца и солонцеватой каштановой почвы хорошо заметны фрагменты слоистых корок толщиной до 2 мм.

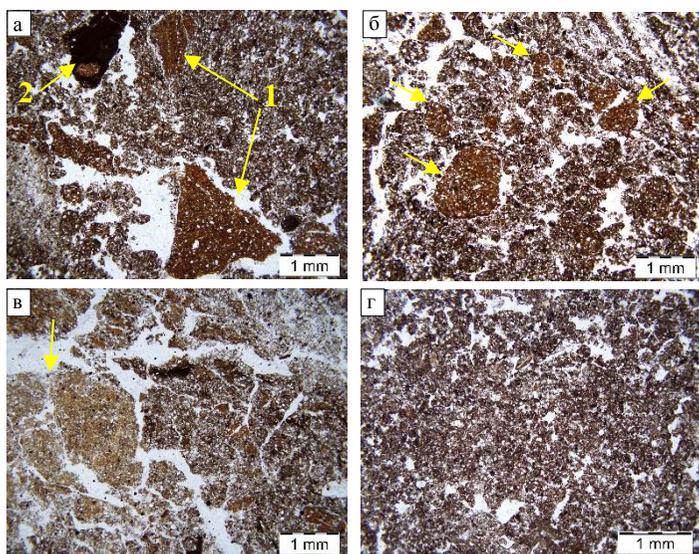


Рис. 2. Микростроение пахотных горизонтов, НП. (а) – солонец, глубина 10–15 см. Ассимилированные остроугольные фрагменты солонцового горизонта (1), темные фрагменты слоистых корок (2); (б) – каштановая солонцеватая почва, глубина 10–15 см. Небольшие округло-угловатые фрагменты солонцового горизонта, ассимилированные в общей массе (отмечены стрелками); (в) – каштановая почва, глубина 10–15 см. Округлые, крупные, разрушенные фрагменты солонцового горизонта, ассимилированные в общей массе; (г) – лугово-каштановая почва, глубина 15–20 см. Комковато-порошистая микроструктура. Отметим деградацию фрагментов солонцового горизонта в почвах комплекса в ряду от солонца до лугово-каштановой почвы.

Окраска глинисто-гумусовой плазмы в лугово-каштановой, каштановой и каштановой солонцеватой почвах сравнима, в солонце заметно возрастает участие глинистого компонента в составе тонкодисперсного вещества (рис. 3). Основная почвенная масса всех исследованных пахотных горизонтов насыщена растительными остатками разной степени разложения, в том числе диагностируются фрагменты органических удобрений – навоза. Горизонты почв характеризуются разной степенью неоднородности по микростроению: в шлифах из профиля солонца отмечается большее количество фрагментов (до 40 % площади) припаханного со-

лонцового горизонта, такие фрагменты (обогащенные глинистым веществом с высокой оптической ориентацией) диагностированы также в поверхностных горизонтах каштановой солонцеватой почвы, каштановой почвы и в единичном количестве в лугово-каштановой почве.

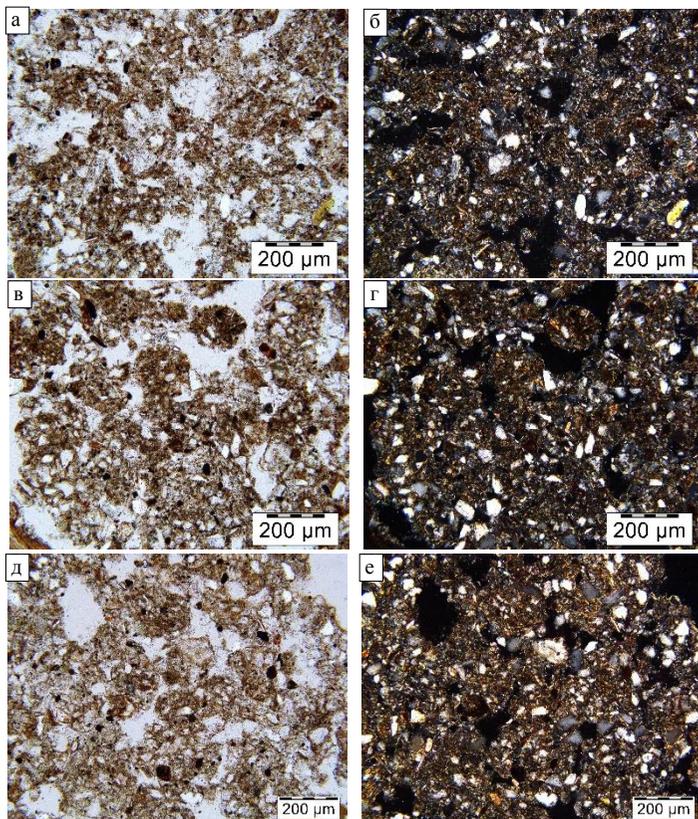


Рис. 3. Строение глинисто-гумусовой плазмы пахотных горизонтов. (а), (в), (д) – НИИ; (б), (г), (е) – NX. (а), (б) – лугово-каштановая почва, глубина 15–20 см; (в), (г) – каштановая солонцеватая почва, глубина 10–15 см; (д), (е) – солонец, глубина 10–15 см. Сравнимая прокраска гумусовым веществом почвенной массы лугово-каштановой и каштановой солонцеватой почв. В почвенной массе солонца отмечается увеличение количества глинистой плазмы чешуйчатого строения.

Другой особенностью микроморфологического строения является прослеживаемая тенденция к образованию вытянутых микрозон с отмытыми зернами скелета, особенно она проявляется в солонце с уменьшением количества таких зон в каштановой почве, в лугово-каштановой разности данный микропризнак отсутствует (рис. 4).

Солонцовые, солонцеватые и ксерометаморфические горизонты имеют принципиально разное строение. Горизонт Всн солонца характеризуется сочетанием микрозон с хорошо развитой средневыраженной призмовидно-блоковой и угловато-блоковой микроструктурой, внутри больших агрегатов, разделенных крупными (около 1 мм) порами-трещинами имеет компактное, почти слитое сложение. Тонкодисперсное вещество гумусово-глинистого состава.

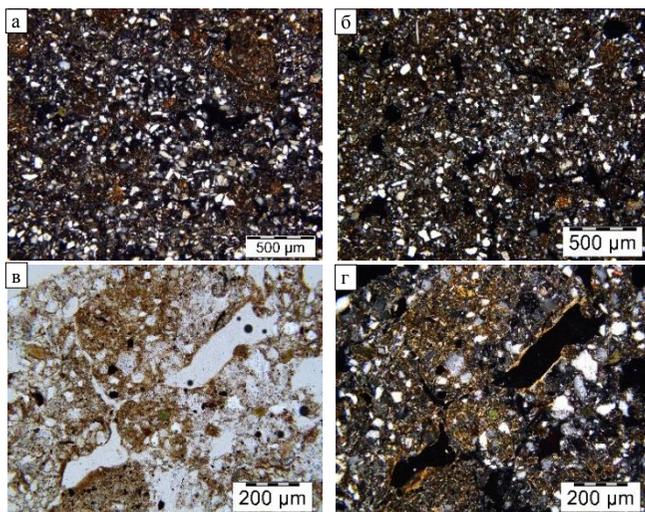


Рис. 4. Типы новообразований в пахотных горизонтах. (а), (б), (г) – NX; (в) –НП. (а) – солонец, глубина 10–15 см; (б) – каштановая почва, глубина 10–15 см. Зоны обогащения общей массы отмытыми зернами скелета пылевой фракции; (в), (г) – каштановая солонцеватая почва, глубина 10–15 см. *In situ* глинистые и глинисто-гумусовые кутаны по граням структурных отдельностей.

Оптическая ориентация глинистого вещества чешуйчатая и волокнистая до струйчатой. Характерно наличие большого количе-

ства глинистых, а также темных прогумусированных кутан, приуроченных к порам-трещинам и граням агрегатов и биогенным порам. Горизонт очень неоднороден: чередуются зоны с высокой и низкой оптической ориентировкой плазмы, а также микрозоны с преимущественным содержанием скелета или гумусового анизотропного тонкодисперсного вещества – по ходам фауны. Солонцеватый горизонт каштановой солонцеватой почвы схож по микростроению с вышеописанным солонцовым горизонтом. В верхней части солонцеватого горизонта отмечается высокая гетерогенность – общая масса состоит из фрагментов светлогумусового горизонта, солонцово-элювиального горизонта и фрагментов более глинистого солонцеватого горизонта. Эта часть солонцеватого горизонта характеризуется меньшим количеством кутан, чем в солонцовом горизонте солонца или в нижней части солонцеватого горизонта. Несмотря на последнее, кутанный комплекс в верхней и нижней частях горизонта одинаков по составу (рис. 5).

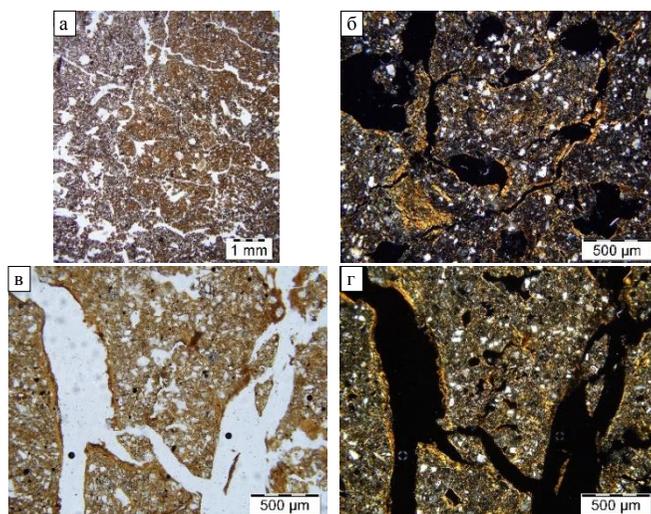


Рис. 5. Солонцовые и солонцеватые горизонты. (а), (в) –НП; (б), (г) –НХ. (а), (б) – солонец, глубина 22–27 см. Неоднородная микроструктура: микрозоны с фрагментами солонцового (коричневые) и гумусового горизонтов (темно-коричневые, серые). (в), (г) – каштановая солонцеватая почва, глубина 30–35 см. Двухкомпонентный кутанный комплекс: темно-коричневые глинисто-гумусовые кутаны, залегающие на желтых глинистых кутанах.

Горизонты В_к всех почв характеризуются единообразным мотивом округло-блоковой микроструктуры с трендом увеличения размера структурных отдельностей к нижним горизонтам, мотив характеризуется изометричными крупными блоками с ровными гранями и четкими углами, разделенными тонкими порами-трещинами. Высока степень биогенной проработки почвенных агрегатов. Распределение зерен скелета пылеватого размера имеет тенденцию к сепарации на округло-сотовые структуры (рис. 6). Различия между профилями диагностированы, прежде всего, в новообразованиях: кутанный комплекс прослеживается в каштановой солонцеватой почве и солонце на глубину до 50 см, на которой он представлен очень тонкими глинистыми светлыми кутанами по граням структурных отдельностей, биогенных агрегатов, копролитов, однако в каштановой солонцеватой почве до этой глубины описаны также толстые многослойные кутаны по отдельным порам-каналам, в нижележащих горизонтах этих двух почв кутаны не обнаружены (рис. 6в, 6г). В лугово-каштановой почве на глубине 70–130 см диагностированы гипокутаны и кутаны глинистого состава (рис. 6д, 6е). Свойства тонкодисперсного вещества также отличаются: в лугово-каштановой почве плазма имеет глинисто-гумусовый состав, в каштановой почве, каштановой солонцеватой и солонце – карбонатно-глинистый, однако вторичных карбонатных новообразований нет. Отметим также, что наличие скрытокристаллического кальцита в каштановой солонцеватой почве отмечается с глубины 45 см, что на 10 см глубже, чем в каштановой почве и солонце.

Карбонатные, гипсовые горизонты. В солонце единичные микривые образования размером около 250 мкм диагностированы по порам в толще 47–52 см, на этой же глубине отмечаются новообразования в виде единичных волокнистых кристаллов гипса, новообразования гипса не диагностируются при этом ниже глубины 100 см, на которой карбонатные новообразования представлены мощными микривыми гипокутанами, тяготеющими к крупным порам, белоглазками диаметром до 1 см (рис. 7). Микростроение профилей каштановой солонцеватой и каштановой почвы отличается иным характером распределения карбонатных новообразований и новообразований гипса.

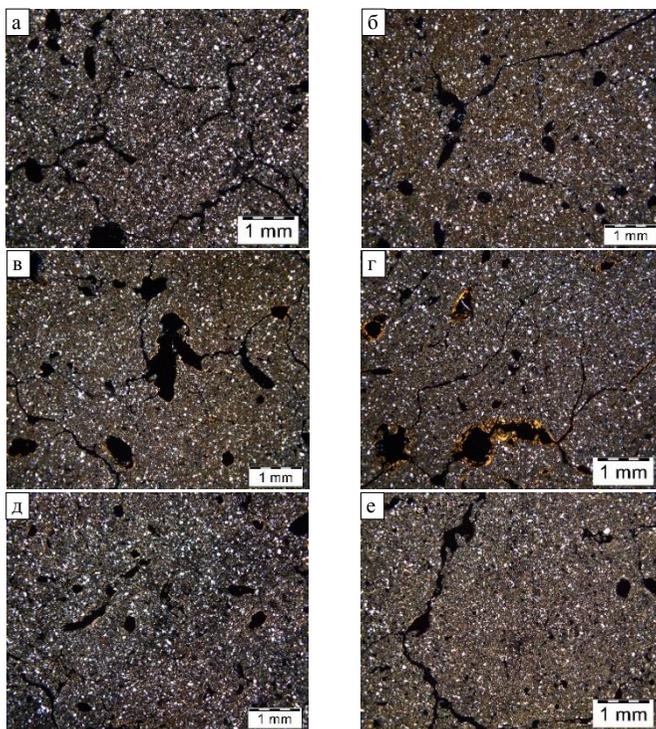


Рис. 6. Строение срединных горизонтов, NX. (а) – каштановая почва, горизонт АВ, глубина 22–27 см. Комковатая микроструктура, глинисто-гумусовая плазма; (б) – каштановая почва, горизонт В_к, глубина 50–55 см. Крупноблочная микроструктура, карбонатно-глинистая плазма. (в) – солонец, горизонт В_к бел, глубина 47–52 см. Крупнокомковато-блочная структура, глинисто-карбонатная плазма, тонкие кутаны по биогенным порам. (г) – каштановая солонцеватая почва, горизонт В_к, глубина 45–50 см. Крупнокомковато-блочная структура, карбонатно-глинистая плазма, толстые одностипные кутаны по биогенным порам. (д) – лугово-каштановая почва, горизонт АВ, глубина 67–72 см. Крупноблочная микроструктура, глинисто-гумусовая плазма, тонкие гипокутаны по стенкам пор. (е) – лугово-каштановая почва, горизонт В_к, глубина 119–124 см, крупноблочная микроструктура, карбонатно-глинистая плазма, ассимилированные гипокутаны по стенкам биогенных пор. Отметим большое количество биогенных пор на всех микрофотографиях.

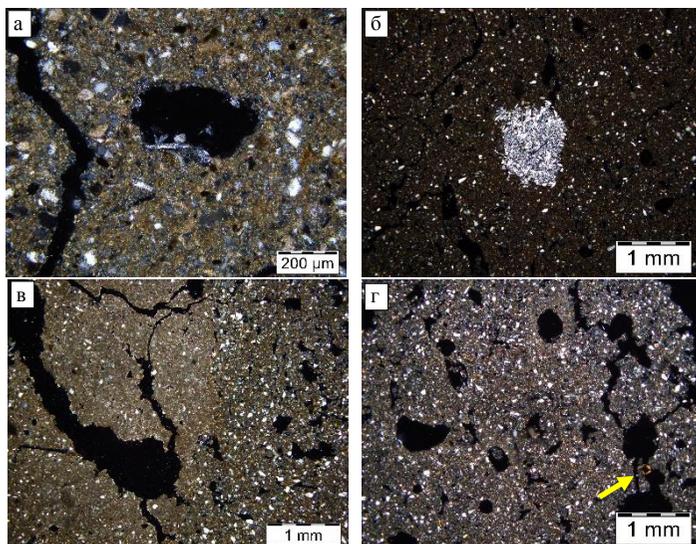


Рис. 7. Типы солевых новообразований, с поляризатором. (а) – солонец, горизонт Всн, глубина 47–52 см. Гипсаны; (б) – каштановая солонцеватая почва, горизонт В_{к бел}, глубина 113–118 см. Сростки гипсовых кристаллов; (в) – солонец, горизонт В_{к бел}, глубина 88–93 см. Сегрегации микрита (белоглазка); (г) – каштановая солонцеватая почва, горизонт В_{к бел}, глубина 93–98 см. Микритовые гипокутаны по порам, глинистые ооиды (отмечено стрелкой).

Максимум последних отмечается в нижних горизонтах профилей на глубине ниже 150 см, в то время как карбонатные новообразования в виде белоглазок и толстых микритовых гипокутан описаны в толще 70–140 см для каштановой солонцеватой почвы и 80–140 см для каштановой, где покрывают почти все поры. В лугово-каштановой почве гипсовые новообразования не диагностированы, а микритовые кутаны по порам отмечаются на глубине 90 см и ниже.

Переходные к лёссовидным суглинкам горизонты (BC) всех почв характеризуются рыхлым микросложением – диагностируется большое количество крупных и мелких пор. Отчетливо заметны глинистые ооиды, большое количество фитоцитов. Среди новообразований стоит отметить мощные микритовые гипокутаны, а

также мелкие Fe-Mn-конкреции, диагностированные в профилях солонца и лугово-каштановой почвы (рис. 8).

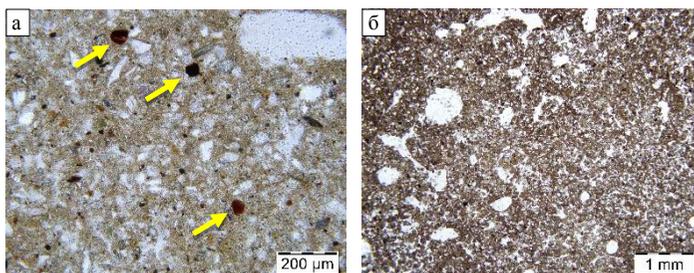


Рис. 8. Свойства переходных к лёссовидным суглинкам горизонтов (BC), III. (а) – лугово-каштановая почва, глубина 158–163 см. Мелкие Fe-Mn стяжения (отмечено стрелкой), фитолиты; (б) – солонец, глубина 175–180 см. Высокая порозность, интенсивная прокраска гумусовым веществом.

Изучение физико-химических свойств и генезиса комплексов каштановых почв и солонцов, определяющих отрицательные агрофизические и другие свойства, правильная интерпретация результатов исследований представляет большой интерес, ведь общая площадь пахотных земель в Ставропольском крае составляет 4002.4 тыс. га или 60.5 % территории, а площадь солонцеватых земель, солонцов и их комплексов – 857 тыс. га. на 1999 г. ([Клюшин, 2004](#)).

Понятие “солонцеватые почвы” и классификационный признак “солонцеватость” предполагают определенные почвообразовательные процессы и изменения на морфологическом уровне. Многочисленные работы показывают, что для верной диагностики этих признаков необходимо использование данных лабораторных анализов и полевой морфологии ([Куст, 1988](#); [Хитров, 2004](#)). Однако такой подход позволяет оценить свойства почв только на момент исследования. Дополнительное использование микроморфологических показателей позволяет выявить направленность и точнее оценить интенсивность идущих процессов, уточнить классификационное положение. Сопряженная оценка макроморфологии, показателей физических и химических анализов почв, а также

микростроения почвенных горизонтов позволила дать более точную генетическую интерпретацию каждого типа признаков.

Поверхностные горизонты. 1) Равномерное содержание илистой фракции в пахотных горизонтах всех исследуемых разрезов (18–20 %) должно быть интерпретировано как результат действия двух разнонаправленных процессов: *процесс А* – привнос в результате припахивания или близкого переноса фрагментов солонцовых горизонтов, обогащенных тонкодисперсным веществом. Интенсивность этого процесса уменьшается при удалении от ареалов солонцов и солонцеватых почв; *процесс Б* – пептизация глинистой и глинисто-гумусовой плазмы и ее вынос в нижележащие горизонты. Интенсивность этого процесса, наоборот, возрастает в солонцеватых почвах и солонце. Причем предлагается характеризовать этот процесс как быстро идущий, так как перерыва между регулярными вспашками достаточно для формирования бесструктурных микрозон, пептизации глинистого вещества с дальнейшим его выносом и образования тонких глинисто-гумусовых кутан на поверхности пор в нижних частях пахотных горизонтов (рис. 4в, 4г, рис. 9а). Процесс А идет на изучаемых объектах с большей интенсивностью, чем процесс Б, так как пахотный горизонт лугово-каштановой почвы, в котором минимально проявление и процесса А, и процесса Б, а количество физической глины приближено к таковому в срединных и переходных к породе горизонтах всех почв, содержит на 10–13 % больше физической глины, чем пахотные горизонты других профилей исследуемого комплекса. Это хорошо согласуется с другими оценками. Так, Б.А. Зимовцом (1984, 1991) было высказано предположение, что для формирования полноценного профиля солонца может потребоваться 15–20 лет. Возможность формирования солонцового микропрофиля в бывшем пахотном горизонте за 50 лет отмечается в работе Варламова и др. (2017). Альтернативная точка зрения о снижении скорости солонцового процесса при мелиорации высказывается Любимовой, Мотузовым, 2005; Любимовой и др., 2016; по-видимому, такие различия в скорости солонцового процесса для разных профилей вызваны региональными особенностями и более глубокой мелиорацией почв в последнем случае.

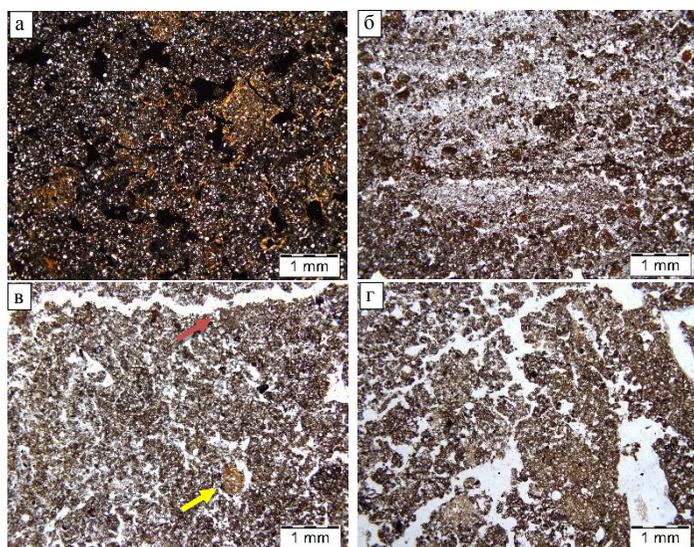


Рис. 9. Преобразования в структуре поверхностных горизонтов. (а) – NX, (б – г) – НИ. (а), (б) – солонец, глубина 10–15 см, горизонт Ап; (а) – кутаны *in situ* на гранях структурных отдельностей, (б) – элементы слоистости тонкоплитчатого мотива, каштановая солонцеватая почва, глубина 10–15 см. (в) – лугово-каштановая почва, глубина 15–20 см, горизонт Ап. Относительно плотное сложение микроагрегатов, фрагмент материала солонцового горизонта (отмечено красной стрелкой), разбиение трещиной сетью фрагментов корок (отмечено желтой стрелкой). (г) – лугово-каштановая почва, глубина 35–40 см, горизонт А. Высокая степень пористости, зоогенной проработки и привноса материала нижележащих горизонтов профиля.

2) В изучаемых почвах отмечается высокое варьирование содержания гумуса в поверхностных горизонтах, и если минимальное значение в солонце кажется нам логичным, то высокий показатель (2.71 %) в каштановой солонцеватой почве по сравнению с каштановой почвой (2.11 %) требует дополнительного рассмотрения, особенно на фоне равномерной проработки плазмы гумусовым веществом (рис. 3).

На микроморфологическом уровне нами диагностированы стандартные при распашке нарушения естественного гумусообразования, проявляющиеся как в: а) дегумификации за счет усиления

минерализации и иллювирирования гумуса, так и в б) увеличении количества органических остатков ([Турсина, 2014](#)). Дополнительно проведена оценка содержания фрагментов подпаханных нижележащих горизонтов, обедненных органическим веществом. Выявлено, что в пахотном горизонте солонца такие фрагменты, имеющие размер до 1 см, разную степень проработки и сохранности, занимают около 40 % по площади, в каштановой солонцеватой почве количество таких фрагментов сравнимо. Такое высокое их содержание позволяет предположительно реконструировать мощность надсолонцовой толщи равную ~ 15 см, что косвенно позволяет классифицировать профиль солонца до начала распашки как солонец средний. Интересной особенностью является наличие фрагментов солонцового горизонта не только в почвах, в профиле которых диагностирован солонцовый горизонт или признаки солонцеватости, но и в каштановой, и даже лугово-каштановой почвах. Мы связываем появление этих фрагментов с гомогенизацией пахотных горизонтов разрезов комплекса между собой – ближним латеральным переносом материала при сельскохозяйственной обработке. Таким образом, принятие во внимание столь высокой внутригоризонтной гетерогенности пахотных горизонтов, отмеченной также Р.Г. Грачевой и др. ([1988](#)), а также учет идущих почвенных процессов может объяснить изученные нами химические показатели.

Обломки корочек, диагностированные в поверхностных горизонтах солонца и солонцеватой каштановой почвы, занимают не более 5 % площади шлифов, однако характеризуются очень темной окраской практически изотропной плазмы, по-видимому, связанной с высоким содержанием гумуса, и также могут вносить вклад в содержание органического вещества, определяемого химическими методами. Остроугольная форма таких фрагментов свидетельствует об их локальном происхождении, а процесс образования натечной корки, диагностированный макроморфологически только для лугово-каштановой почвы, имеет инициальный характер также в солонце и каштановой солонцеватой.

3) Отмеченная на макроморфологическом уровне деградация структуры естественных горизонтов при распашке хорошо диагностируется на микроуровне. Наличие элементов порошистой

микроструктуры и потеря многопорядковой структуры в целом, высокая степень уплотнения агрегатов (формирование губчатой структуры), появление корки и глыбистости, уменьшение биогенности свидетельствуют о разрушении естественной структуры в результате распашки ([Грачева и др., 1988](#); [Турсина, Лукьянов, 2011](#)). Для оценки степени измененности структуры горизонтов на микроуровне сравним структуру пахотных горизонтов с таковой в незатронутой распашкой части гумусового горизонта лугово-каштановой почвы. В естественных горизонтах отмечается возрастание количества биогенных пор при сохранении формы агрегатов (рис. 9в, 9г). Это также хорошо заметно по данным определения плотности – в непахотном гумусовом горизонте лугово-каштановой почвы составляющей всего 1.26 г/см^3 , тогда как в пахотном она возрастает до 1.41 г/см^3 . Важно отметить, что в солонце плотность пахотного горизонта превышает таковую в собственно солонцовых горизонтах. По-видимому, это связано с тем, что высокая насыщенность этого горизонта фрагментами солонцовых блоков позволяет проявляться не только процессу внутрипрофильной миграции глины, но также активизирует процессы внутригоризонтной миграции, оказывающей склеивающий эффект, с одной стороны, и формирующей микрозоны с признаками надсолонцового горизонта, обладающего слабой, неустойчивой и разрушающейся (с последующим уплотнением) при сельскохозяйственной обработке структурой (рис. 9б; [Березин, Березина, 1981](#)). Таким образом, помимо отмеченной Н.Б. Хитровым связи уплотнения с воздействием ходовых систем сельскохозяйственных машин, повышение плотности пахотных горизонтов мы также связываем с вовлечением и влиянием материала солонцового горизонта, а не только с процессами деградации, описанными выше.

Срединные горизонты. Формирование двухслойного кутанного комплекса, подтверждает межгоризонтный характер современного передвижения пептизированных илистых и коллоидных частиц, растворенных гумусовых веществ, которое было отмечено в поверхностных горизонтах солонца и каштановой солонцеватой почвы (рис. 4в, 4г). Темные глинисто-гумусовые кутаны в горизонтах $V_{сн}$, $V(сн)$, а также V_K каштановой солонцеватой почвы залегают на поверхности структурных агрегатов, имеют

сплошное простираие и перекрывают разрушенные трещинами слоистые глинистые кутаны предыдущей генерации. Такое распространение и максимальные степени развития кутанного комплекса хорошо согласуются с составом обменных катионов (табл. 3). Обращает на себя внимание обедненность глинистыми и глинисто-гумусовыми кутанами верхней части солонцовых и солонцеватых горизонтов по сравнению с их нижней частью. По всей видимости, это связано с идущими процессами осолодения, развивающимися при увеличении количества осадков в климатическом цикле 1955-1979 гг. ([Бадахова, Кнутас, 2007](#); [Lebedeva, 2018](#)). Отметим, что указанный процесс наиболее развит в каштановой солонцеватой почве комплекса и выражается в большей (по сравнению с горизонтами солонца) глубине проработки профиля, большем количестве кутан внутри проработанных горизонтов, высокой степени контрастности кутан с внутриведной массе. Таким образом, активный солонцовый процесс, приведший к растрескиванию и разрушению глинистых кутан в результате циклического набухания-высыхания, нами отнесен к предыдущей фазе развития комплекса, что отмечалось в исследованиях палеопочвоведов ([Демкин, Иванов, 1985](#)). Признаки устойчивости кутанного комплекса во времени отмечаются также в срединных горизонтах лугово-каштановой почвы, где диагностируются тонкие гипокутаны (рис. бд, бе), при этом в вышележащих горизонтах данной почвы никакие глинистые *in situ* новообразования не обнаружены. Вероятно, существование таких глинистых гипокутан, почти полностью перешедших в основную почвенную массу, связано с циклическим развитием почв сухостепного комплекса, отмеченным, с микроморфологической точки зрения, в работе Лебедевой и Герасимовой ([2009](#)). Генетическая связь между почвами комплекса отражается в микроструктуре горизонтов АВ лугово-каштановой, каштановой почв, горизонтов В_к всех почв комплекса – для них характерна крупноблочная микроструктура. Отмечается устойчивость этого микропризнака (рис. б), несмотря на различие вышеуказанных горизонтов по: а) степени гумусированности (в лугово-каштановой почве гумусовая плазма прослеживается до глубины 70 см), б) степени насыщенности плазмы карбонатным материалом, в) набору новообразований. Отмеченная нами сепарация зе-

рен скелета имеет характеристическое значение для срединных горизонтов и наиболее отчетливо проявляется в каштановой почве. Традиционно такие перестройки скелетного материала микроморфологи связывают с воздействием морозных условий, рассматривая этот микропризнак как дополнительный при наличии и других микропризнаков криогенеза, например, обильных глинистых ооидов (Van Vlien-Lanoe, 1998, 2010). Такие ооиды в единичных количествах диагностированы нами в разных профилях исследуемого комплекса без формирования максимума содержания в каком-либо из переходных к лёссу горизонтов (рис. 7г, 10). Изучение генезиса этих типично криогенных микропризнаков в почвах комплекса требует дальнейших исследований, однако единство микростроения срединных горизонтов, вероятно, указывает на то, что все почвы комплекса прошли одинаковые стадии структурообразования, характерные для ксерометоморфических горизонтов (Герасимова и др., 1992).

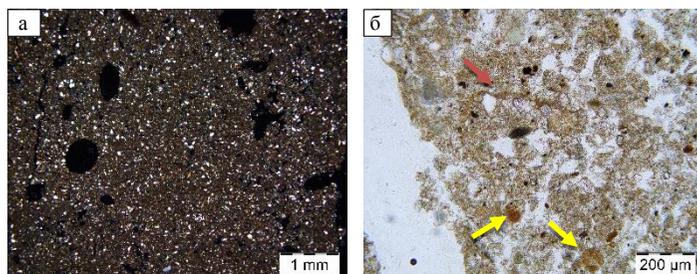


Рис. 10. Микропризнаки реликтового генезиса. (а) – NX, (б) – NII. (а) – каштановая почва, глубина 88–93 см, горизонт В_К бел. сепарация зерен скелета в сотовые и округло-сотовые структуры. (б) – каштановая почва, глубина 174–179 см, горизонт ВС_{гипс}. Глинистые ооиды (отмечено желтыми стрелками); кутаны в закрывшихся порах (отмечено красной стрелкой).

Направленность современной эволюции можно оценить, диагностируя солевые новообразования. В лугово-каштановой, каштановой почвах с глубины 80 см отчетливо диагностируются поры веретенообразной формы – признак растворения крупных кристаллов гипса, механизм образования подобных пор подробно описан в работе Poch et al., 2010. В каштановой почве крупные

кристаллы гипса диагностированы глубже – 150 см, а в профиле солонца уже на глубине 50 см диагностированы тонкие кристаллы гипса внутри крупных пор – гипсаны, свидетельствующие о его образовании в настоящее время (рис. 7а). Анализ взаиморасположения новообразований гипса и карбонатов в солонце свидетельствует о классическом распределении солей в порядке их выпадения из раствора при выпаривании капиллярной влаги атмосферных осадков при боковом переносе, так как влияние грунтовых вод на почвы изучаемого комплекса маловероятно ([Зимовец, 1991](#)). Карбонатные новообразования представлены: а) сегрегациями микрита – белоглазками, б) микритовыми гипокутанами по порам, которые представлены во всех почвах. Мощное развитие последних и образование белоглазки близко к поверхности, вероятно, связано с процессами десукции, что согласуется с исследованиями [Лебедевой и др., 2016](#).

Переходные к лёссовидным суглинкам горизонты (ВС).

Интересно отметить более темную окраску этих горизонтов исследуемых почв по сравнению с перекрывающими горизонтами. Такой феномен может быть вызван увеличением количества скрытокристаллического кальцита в составе плазмы, однако значения содержания CO_2 -карб. сопоставимы с подобными для горизонтов с отсутствием белоглазки. Встречаются а) фитолиты, б) диагностируются слабо сохранившиеся признаки комковатой структуры, в) Fe-Mn-стяжения (как в профиле солонца, так и в профиле лугово-каштановой почвы), не отмеченные на макроуровне, г) гипокутаны в общей массе, д) единичные глинистые ооиды, е) микрзоны обогащения скелетным материалом (рис. 8, 10б). Таким образом можно предположить, что слой на глубине около 1.5–1.7 м подвергся кратковременному почвообразованию.

Комплекс исследованных почв сформирован на породах единого эолового генезиса, с признаками близкого переноса материала, что можно утверждать по насыщенности породы зернами глауконита – минерала, характерного для морских осадков, а также по единичным диагностированным фрагментам ракушек. Изучаемая территория имеет сложную геоморфологическую историю ([Геологическая карта: L-38-XIII; Свиточ и др., 2010](#)). Изучение ее

стратиграфии и определение этапов накопления осадков требует дополнительных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования определены показатели макроморфологических и лабораторных исследований, для которых использование микроморфологического метода оказалось ключевым для более достоверной генетической интерпретации полученных значений.

1) На показатели гранулометрического состава пахотных горизонтов почв комплекса влияет два разнонаправленных процесса: а) быстро идущая пептизация глинистой и глинисто-гумусовой плазмы, ее перераспределение внутри горизонта и вынос в нижележащие горизонты; б) привнос в результате припахивания или переноса (с сельскохозяйственной техникой) фрагментов солонцовых горизонтов, обогащенных тонкодисперсным веществом, причем многолетний масштаб такого переноса велик и фрагменты солонцового горизонта обнаруживаются даже в составе пахотного горизонта лугово-каштановой почвы, не имеющей солонцового горизонта в своем профиле.

2) Варьирование содержания $C_{орг}$ в разрезах каштановой солонцеватой, каштановой, лугово-каштановой почв на фоне одинаковой степени прогумусированности тонкодисперсного вещества также связано с привносом материала солонцовых и солонцеватых горизонтов.

3) Увеличение плотности пахотных горизонтов по сравнению с гумусовыми горизонтами естественного сложения связано не только с механическим разрушением структуры и ее дальнейшим уплотнением, но также с активно идущим солонцово-элювиальным процессом, приводящим к формированию микрозон, обедненных глинисто-гумусовой плазмой, имеющих субгоризонтальное слоистое залегание (в ВПМ) или субвертикальное залегание (заполнение трещин и пор), что вызывает снижение степени устойчивости структурных отдельностей к дальнейшей механической обработке. Содержание обменного натрия для изучаемых разрезов находится в хорошей корреляции с данными морфологических и микроморфологических исследований: максималь-

ное развитие кутанного комплекса приурочено к горизонтам с пиком содержания обменного натрия в незасоленных солонцовых горизонтах.

Щелочной гидролиз затрагивает также верхние части солонцовых и солонцеватых горизонтов, что выражается в относительной обедненности кутанами различных типов по сравнению с их нижними частями. Показано, что процесс миграции глинистого вещества идет в солонце и каштановой солонцеватой почве комплекса, причем в последней наиболее активно, и выражается в формировании современных темных глинисто-гумусовых кутан, залегающих на реликтовых желтых слоистых глинистых кутанах и их обломках, таким образом формируя многослойный кутанный комплекс.

На фоне увеличения количества осадков в климатическом цикле выявлены следующие изменения: 1) рассоление каштановой и лугово-каштановой почв, что было диагностировано по растворению кристаллов гипса; 2) развитие солонцового процесса в солонце и каштановой солонцеватой почве. Таким образом, современная эволюция, взаимообусловленная двухсторонней генетической связью почв комплекса, направлена на усиление контрастности между ними.

В результате микроморфологической диагностики показано единство генезиса срединных горизонтов почв – отмечается схожая округло-крупноблочная микроструктура с единым мотивом сепарации зерен скелета в кольцевые/сотовые структуры. Генетическая связь почв комплекса подтверждена также диагностированными только на микроуровне глинистыми гипокутанами в срединных горизонтах профиля лугово-каштановой почвы, почти полностью перешедшими в состав внутриведной массы. Их наличие мы связываем с солонцовой стадией развития этого профиля. Такие кутаны не были описаны в поле.

Микроморфологическая диагностика также позволила выявить не отмеченные при полевом макроморфологическом описании свойства: 1) наличие признаков квазиоглеения в переходных к породе горизонтах солонца и каштановой солонцеватой почвы, выражающихся в виде мелких Fe-Mn-стяжений и конкреций; 2) признаки наличия запаханых фрагментов слаборазвитой корки в

солонце и каштановой солонцеватой почве. Их остроугольная форма говорит о невозможности их возникновения в результате дальнего переноса из почв соседних ареалов, а также показывает устойчивость таких фрагментов корок при педогенезе.

Таким образом, для каштановой почвы отмечается наиболее полное соответствие между диагностированными макро- и микроморфологическими признаками, а для лугово-каштановой выявлено наибольшее соответствие показателей лабораторных анализов и их проявлению на микроуровне.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор выражает благодарности Николаю Борисовичу Хитрову, Марине Павловне Лебедевой за помощь в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бадахова Г.Х., Кнутас А.В.* Ставропольский край: современные климатические условия. Ставрополь, 2007. 271 с.
2. *Березин Л.В., Березина Л.В.* Мелиорация солонцов в богарных условиях // Бюл. Почв. ин-та. 1981. Вып. 28. С. 51–53.
3. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
4. *Варламов Е.Б., Чижикова Н.П., Лебедева М.П., Чурилин Н.А.* Эволюция верхнего горизонта солонца постагрогенного светлого Прикаспийской низменности по количественному распределению минералов различных гранулометрических фракций // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2017. № 88. С. 96–120.
DOI: [10.19047/0136-1694-2016-88-96-120](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-88-96-120).
5. *Геологическая карта: L-38-XIII.* Государственная геологическая карта СССР. Сер. Кума-Маньчская, масштаб 1 : 200 000.
6. *Герасимов И.П.* Опыт генетической диагностики почв СССР на основе элементарных почвенных процессов // Почвоведение. 1975. № 5. С. 1–9.
7. *Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А.* Микроморфология почв природных зон СССР. Пушино, 1992. 216 с.
8. *Грачева М.В., Турсина Т.В., Королюк Т.В.* Микростроение богарных и орошаемых почв каштановых солонцовых комплексов Ставрополя // Микроморфология антропогенно измененных почв. М.: Наука, 1988. С. 106–114.
9. *Демкин В.А., Иванов И.В.* Развитие почв Прикаспийской низменности в голоцене. Пушино, 1985. 164 с.

Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2019. Вып. 96.
Dokuchaev Soil Bulletin, 2019, 96

10. *Зимовец Б.А.* Засоленные почвы сухостепной зоны Поволжья и их освоение: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. М., 1984.
11. *Зимовец Б.А.* Экология и мелиорация почв сухостепной зоны. М.: Наука, 1991. 249 с.
12. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223с.
13. *Клюшин П.В., Ушакова Т.О., Фисенко Е.Н.* [Мониторинг земель Ставропольского края](#) // Успехи современного естествознания. 2004. № 2. С. 106–107.
14. *Ковда В.А.* Солончаки и солонцы. М.: Изд-во АН СССР, 1937. 243 с.
15. *Козловский Ф.И., Королюк Т.В., Копикова Л.П.* Значение структуры почвенного покрова при почвенно-мелиоративных исследованиях в сухостепной зоне. В кн.: Картография почв и структура почвенного покрова. М.: Наука, 1980. С. 108–132.
16. *Куст Г.С.* Диагностика солонцеватых почв по морфологическим критериям // Вестник Московского университета. 1988. № 2. С. 26–33.
17. *Лебедева (Верба) М.П., Габченко М.В.* Микроморфологический анализ современных процессов в почвах солонцового комплекса Северного Прикаспия // Почвообразовательные процессы. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2006. С. 236–256.
18. *Лебедева (Верба) М.П., Герасимова М.И.* Макро- и микроморфологические особенности генетических горизонтов почв солонцового комплекса Джаныбекского стационара // Почвоведение. 2009. № 3. С. 259–272
19. *Лебедева М.П., Конюшкова М.В., Колесников А.В., Хохлов С.Ф.* Мониторинг изменений свойств целинного солонца Джаныбекского стационара по данным микроморфологических исследований // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2016. № 83. С. 118–139.
DOI: [10.19047/0136-1694-2016-83-118-139](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-83-118-139).
20. *Любимова И.Н., Мотузов В.Я.* [Постмелиоративная эволюция почв солонцовых комплексов сухостепной зоны](#) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2005. № 57. С. 3–9.
21. *Любимова И.Н., Салгагарова И.А., Хан В.В.* Степень выраженности солонцового процесса в целинных и агроизмененных почвах солонцовых комплексов лесостепной и сухостепной зон // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2016. № 84. С. 46–60. DOI: [10.19047/0136-1694-2016-84-46-60](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-84-46-60).
22. *Минкин М.Б., Бабушкин В.М., Садименко П.А.* Солонцы юго-востока Ростовской области. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1980. 272 с.
23. *Михайлов И.С.* [Учение И.П. Герасимова об элементарных почвенных процессах и его реализация в различных природных зонах](#) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. № 81. С. 103–119.
DOI: [10.19047/0136-1694-2015-81-103-119](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2015-81-103-119).

24. *Панкова Е.И., Черноусенко Г.И.* Сопоставление каштановых почв центральной Азии с их аналогами в других почвенно-географических провинциях сухостепной зоны суббореального пояса Евразии // Аридные экосистемы. 2018. № 2 (75). С. 13–22.
25. [Полевой определитель почв России](#). М.: Почв. ин-т, 2008. 150 с.
26. *Полинов Б.Б.* Генетический анализ морфологии почвенного профиля // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1930. № 3–4.
27. *Ромашкевич А.И., Герасимова М.И.* Микроморфология и диагностика почвообразования. М.: Наука, 1982. 125 с.
28. *Свиточ А.А., Янина Т.А., Новикова Н.Г., Соболев В.М., Хоменко А.А.* Плейстоцен Маныча (вопросы строения и развития) М., 2010, 136 с.
29. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Воробьевой Л.А. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
30. *Турсина Т.В.* Микроморфологическая диагностика устойчивости черноземов при орошении // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2014. № 76. С. 52–73. DOI: [10.19047/0136-1694-2014-76-52-73](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2014-76-52-73).
31. *Турсина Т.В., Лукьянов И.В.* [Изменение микростроения солонцов при орошении](#) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2011. № 68. С. 29–44.
32. *Хитров Н.Б.* Физико-химические свойства почв каштановых солонцовых комплексов и их использование для диагностики и мелиоративной оценки: дис. ...канд. с-х. наук. М., 1982.
33. *Хитров Н.Б.* Выбор диагностических критериев существования и степени выраженности солонцового процесса в почвах // Почвоведение. 2004. № 1. С. 18–31.
34. *Хитров Н.Б., Понизовский А.А.* Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1990. 236 с.
35. *Ямнова И.А.* Новообразования легкорастворимых солей и гипса в аридных почвах России и сопредельных стран: диагностика, генезис, антропогенная трансформация: Дис. ... докт. с.-х. наук. М., 2018.
36. *Ярилова Е.А.* Особенности микроморфологии солонцов черноземной и каштановой зон // Микроморфологический метод в исследовании генезиса почв. М.: Наука, 1966. С. 58–75.
37. *Lebedeva M., Konyushkova M., Khokhlov S.* Monitoring of micromorphological changes in a virgin Solonetz under regional changes in hydrology and climate (Northern Caspian Lowland, Russia) // Spanish J. Soil Sci. 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).
38. *Poch R.M., Artieda O., Herrero J., Verba-Levedeba M.* [Gypsic features](#) // Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths / Eds. Stoops G., Marcelino V., Mees F. Elsevier, 2010. P. 195–216.

Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2019. Вып. 96.
Dokuchaev Soil Bulletin, 2019, 96

39. *Stoops G.* Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, 2003. 184 p.

40. *Van Vliet-Lanoe B.* Frost and soils: implications for paleosols, paleoclimates and stratigraphy // *Catena*. 1998. Vol. 34. P. 157–183.

DOI: [10.1016/S0341-8162\(98\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00087-3).

41. *Van Vliet-Lanoe B.* [Frost action](#) // Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths / Eds. Stoops G., Marcelino V., Mees F. Elsevier, 2010. P. 81–108.

MICROMORPHOLOGICAL EVALUATION OF FEATURES OF DRY-LAND FARMING SOILS WITHIN KASTANOZEMS (CHESTNUT) – SOLONETZ SOIL COMPLEX IN THE STAVROPOL REGION

P. G. Kust

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,

Russia, 119017, Moscow, Pizhevskiy per., 7, build. 2

<https://orcid.org/0000-0003-4476-9017>, e-mail: pavelkust@yandex.ru

The polygenetic nature and polymorphism of the soils of kastanozems-solonetz complexes determine the difficulty of their field diagnostics and further genetic interpretations. In the current study, micromorphological features are used as additional diagnostic characteristics, specifying genetic interpretations for the soils of the kastanozems (chestnut)-solonetz complex (chestnut solonetz, chestnut solonetzic soil, chestnut soil, chestnut-like meadow soil) used in agriculture (dryland farming) within the Apanasenkovsky District of Stavropol region. An attempt has been made to correlate the results of micromorphological research, which was performed to evaluate the role of micromorphological investigation in clarification of macromorphological description, with data obtained through physical and chemical analyses. First, this study reveals that the Kastanozem (Chestnut) soil have the best correlation between macromorphological description and data of micromorphological investigation. In meadow-chestnut, solonetzic-type and solonetz soils micromorphological investigation helps to realize a set of pedofeatures such as complex multilayered coatings with layers of different genesis, Red-Ox features, etc. Finally, micromorphological investigation allows better interpretation and understanding of physico-chemical data.

Keywords: soil micromorphology, soils of chestnut-solonetz soil complex, soils genesis in dry-steppe zone.

REFERENCES

1. Badakhova G.Kh., Knutas A.V., *Stavropolsky kray: sovremenniy klimaticheskiye usloviya* (Stavropol Krai: modern climatic conditions), Stavropol, 2007, 271 p.
2. Berezin L.V., Berezina L.V., *Melioratsiya solontsov v bogarnykh usloviyakh* (Melioration of solonetz soils under rainfed conditions), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 1981, No. 28, pp. 51–53.
3. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A., *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* (Methods for studying the physical properties of soil), Moscow: Agropromizdat, 1986, 416 p.
4. Varlamov E.B., Chizhikova N.P., Lebedeva M.P., Churilin N.A., The evolution of the upper layer of light postagrogenic solonetz from caspian lowland by the amount of distributed minerals of different fractions, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2017, No. 88, pp. 96–120, DOI: [10.19047/0136-1694-2016-88-96-120](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-88-96-120).
5. State geological map of Quaternary sediments 1 : 200.000, L-38-XIII.
6. Gerasimov I.P., *Opyt geneticheskoi diagnostiki pochv SSSR na osnove elementarnykh pochvennykh protsessov* (Experience of genetic diagnosis of the soil of the USSR on the basis of elementary soil processes), *Pochvovedenie*, 1975, No. 5, pp. 1–9.
7. Gerasimova M.I., Gubin S.V., Shoba S.A., *Mikromorfologiya pochv prirodnnykh zon SSSR* (Micromorphology of soils of the USSR natural zones), Pushchino, 1992, 216 p.
8. Gracheva M.V., Tursina T.V., Korolyuk T.V., *Mikrostroenie bogarnykh i oroshaemykh pochv kashtanovykh solontsovykh kompleksov Stavropol'ya* (Microstructure of rainfed and irrigated soils of chestnut sodic complexes of Stavropol), In: *Mikromorfologiya antropogenno izmenennykh pochv* (Micromorphology of anthropogenically disturbed soils), Moscow: Nauka, 1988, pp. 106–114.
9. Demkin V.A., Ivanov I.V., *Razvitie pochv prikaspiskoj nizmennosti v golocene* (Development of the soils of the Caspian lowland in the Holocene), Pushchino, 1985, 164 p.
10. Zimovets B.A., *Zasolennyye pochvy sukhostepnoy zony Povolzh'ya i ikh osvoyeniye: Avtoref. Diss. dokt. s.-kh. nauk* (Saline soils of the Volga steppe zone of the Volga region and their development, Dr. agric. sci. thesis), Moscow, 1984.
11. Zimovets B.A., *Ekologiya i melioratsiya pochv sukhostepnoi zony* (Ecology and soil reclamation of the dry steppe zone), Moscow: Nauka, 1991, 249 p.

12. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv_SSSR* (Classification and diagnostics of the USSR soils), Moscow: Kolos, 1977, 223 p.

13. Klyushin P.V., Ushakova T.O., Fisenko E.N., Monitoring zemel' Stavropol'skogo kraia (Monitoring of the lands of the Stavropol region), *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2004, No. 2, pp. 106–107.

14. Kovda V.A., *Solonchaki i solontsy* (Salt marshes and solonetz soils), Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1937, 243 p.

15. Kozlovskiy F.I., Korolyuk T.V., Kopikova L.P., Znachenije struktury pochvennogo pokrova pri pochvenno-meliorativnykh issledovaniyakh v sukhostepnoy zone (The value of the structure of the soil cover during soil-meliorative studies in the sous-hostep zone), In: *Kartografiya pochv i struktura pochvennogo pokrova* (Soil cartography and soil cover structure), Moscow: Nauka, 1980, pp. 108–132.

16. Kust G.S., Diagnostika solontsevatykh pochv po morfologicheskim kriteriyam (Diagnostics of alkaline soils according to morphological criteria), *Vestnik Moskovskogo universiteta*, 1988, No. 2, pp. 26–33.

17. Lebedeva (Verba) M.P., Gabchenko M.V., Mikromorfologicheskii analiz sovremennykh protsessov v pochvakh solontsovogo kompleksa Severnogo Prikaspiya (Micromorphological analysis of modern processes in the soils of the solonets complex of the Northern Caspian Sea), In: *Pochvoobrazovatel'nye protsessy*, Moscow, 2006, pp. 236–256.

18. 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.

19. Lebedeva M.P., Konyushkova M.V., Kolesnikov A.V., Khokhlov S.F., Monitoring izmeneniy svoystv tselinnogo solontsa Dzhanybekskogo stacionara po dannym mikromorfologicheskikh issledovaniy (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).

20. Lyubimova I. N., Motuzov V. Ya., Postmeliorativnaya evolyutsiya pochv solontsovykh kompleksov sukhostepnoi zony (Evolution of the soils of the sodic complexes of the dry-steppe zone after melioration), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2005, No. 57, pp. 3–9.

21. Lyubimova I.N., Salpagarova I.A., Khan V.V., Stepen' vyrazhennosti solontsovogo protsessa v tselinnykh i agroizmenennykh pochvakh solontsovykh kompleksov lesostepnoi i sukhostepnoi zon (The severity of solonetz process in virgin and agro-altered soils of sodic complexes of forest-steppe and dry-steppe zones), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016, No. 84, pp. 46–60, DOI: [10.19047/0136-1694-2016-84-46-60](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-84-46-60).

22. Minkin M.B., Babushkin V.M., Sadimenko P.A., *Solontsy yugo-vostoka Rostovskoi oblasti* (Solonetz soils of South-East of the Rostov region), Rostov-na-Donu: Izd-vo Rost. un-ta, 1980, 272 p.
23. Mikhaylov I.S., Uchenie I.P. Gerasimova ob elementnykh pochvennykh protsessakh i ego realizatsiya v razlichnykh prirodnykh zonakh (Theory of elementary soil-forming processes of I.P. Gerasimov and its manifestations in diverse natural zones), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2015, No. 81, pp. 103–119, DOI: [10.19047/0136-1694-2015-81-103-119](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2015-81-103-119).
24. Pankova E.I., Chernousenko G.I., Sopotavlenie kashtanovykh pochv tsentral'noi Azii s ikh analogami v drugikh pochvenno-geograficheskikh provintsiyakh sukhostepnoi zony subboreal'nogo poyasa Evrazii (Comparison of chestnut soils of Central Asia with their counterparts in other soil-geographical provinces of the dry-steppe zone of the subboreal belt of Eurasia), *Aridnye ekosistemy*, 2018, No. 2 (75), pp. 13–22.
25. *Polevoi opredelitel' pochv Rossii* (Field determinant of soils in Russia), Moscow: Pochvennyi institut, 2008, 150 p.
26. Polynov B.B., Geneticheskii analiz morfologii pochvennogo profilya (Genetic analysis of the morphology of the soil profile), *Trudy Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva*, No. 3–4, 1930.
27. Romashkevich A.I., Gerasimova M.I., *Mikromorfologiya i diagnostika pochvoobrazovaniya* (Micromorphology and diagnosis of soil formation), Moscow: Nauka, 1982, 125 p.
28. Svitoch A.A., Yanina T.A., Novikova N.G., Sobolev V.M., Khomenko A.A., *The Pleistocene of the Manych (structure and evolution)* (Pleistocene Manych (questions of structure and development)), Moscow, 2010, 136 p.
29. *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv* (Theory and practice of chemical analysis of soils), Moscow: GEOS, 2006, 400 p.
30. Tursina T.V., Mikromorfologicheskaya diagnostika ustoychivosti chernozemov pri oroshenii (Micromorphological diagnosis of the stability of chernozems under irrigation), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2014, Vol. 76, pp. 52–73, DOI: [10.19047/0136-1694-2014-76-52-73](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2014-76-52-73).
31. Tursina T.V., Luk'yanov I.V., Izmenenie mikrostroeniya solontsov pri oroshenii (Changes in the microstructure of solonetz under irrigation), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2011, No. 68, pp. 29–44.
32. Khitrov N.B., The choice of diagnostic criteria to judge the development of the solonetzic process in soils, *Eurasian Soil Science*, 2004, No. 1, pp. 12–23.
33. Khitrov N.B., *Fiziko-khimicheskiye svoystva pochv kashtanovykh solontsovykh kompleksov i ikh ispol'zovaniye dlya diagnostiki i meliorativnoy otsenki: Diss. kand. s-kh. nauk* (Physico-chemical properties of soil chestnut solonetzic soil complexes and their use for diagnosis and ameliorative assessment, Cand. agric. sci. thesis), Moscow, 1982.

34. Khitrov N.B., Ponizovskiy A.A., *Rukovodstvo po laboratornym metodam issledovaniya ionno-solevogo sostava neytral'nykh i shchelochnykh mineral'nykh pochv* (Guide to laboratory methods for studying the ion-salt composition of neutral and alkali mineral soils), Moscow: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchayeva, 1990, 236 p.

35. Yamnova I.A., *Novoobrazovaniya legkorastvorimyykh solei i gipsa v aridnykh pochvakh Rossii i sopredel'nykh stran: diagnostika, genezis, antropogennaya transformatsiya: Diss. ... dokt. s.-kh. nauk* (New formations of soluble salts and gypsum in arid soils of Russia and adjacent countries: diagnostics, genesis, anthropogenic transformation, Dr. agric. sci. thesis), Moscow, 2018.

36. Yarilova E.A., *Osobennosti mikromorfologii solontsov chernozemnoi i kashtanovoi zon* (Peculiarities of the micromorphology of the solonetz in chernozem and chestnut zones), In: *Mikromorfologicheskii metod v issledovanii genezisa pochv* (Micromorphological method in the study of the genesis of soils), Moscow: Nauka, 1966, pp. 58–75.

37. Lebedeva M., Konyushkova M., Khokhlov S. Monitoring of micromorphological changes in a virgin Solonetz under regional changes in hydrology and climate (Northern Caspian Lowland, Russia), *Spanish J. Soil Sci.*, 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).

38. Poch R.M., Artieda O., Herrero J., Verba-Levedeba M., [Gypsic features](#), Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths, Stoops G., Marcelino V., Mees F. (Eds.), Elsevier, 2010, pp. 195–216.

39. Stoops G., *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*, Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America Publ., 2003, 184 p.

40. Van Vliet-Lanoe B., Frost and soils: implications for paleosols, paleoclimates and stratigraphy, *Catena*, 1998, Vol. 34, pp. 157–183.

41. Van Vliet-Lanoe B., Frost action, In: *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*, Stoops G., Marcelino V., Mees F. (Eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010, pp. 81–108.

Ссылки для цитирования:

Куст П.Г. Микроморфологическая оценка характеристик богарных почв каштаново-солонцового комплекса Ставрополя // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2019. Вып. 96. С. 113-148. DOI: 10.19047/0136-1694-2019-96-113-148

For citation:

Kust P.G. Micromorphological evaluation of features of dry-land farming soils within kastanozems (chestnut)-solonetz soil complex in the Stavropol region, Dokuchaev Soil Bulletin, 2019, V. 96, pp. 113-148, DOI: 10.19047/0136-1694-2019-96-113-148