

УДК 631.4

ЧЕРТЫ СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ МИКРОСТРОЕНИЯ БОГАРНЫХ И ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ КАШТАНОВЫХ СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИСТАВРОПОЛЬСКОЙ НАКЛОННОЙ РАВНИНЫ

© 2018 г. **О. О. Плотникова***, **М. П. Лебедева****

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

**e-mail: mrs.plotnikova@mail.ru*

***<https://orcid.org/0000-0001-8660-9922>*

*Поступила в редакцию 02.10.2018, после доработки 11.10.2018,
принята к публикации 15.11.2018*

Проведен сравнительный анализ микропризнаков агрогенных почв солонцовых комплексов Приставропольской наклонной равнины для выявления трендов элементарных почвообразовательных процессов при разных видах антропогенных изменений (богара и орошение). Поставленная задача решалась с помощью поляризационного микроскопа Olympus BX51 с цифровой камерой Olympus DP26 и программным обеспечением Stream Basic, позволяющего лучше визуализировать результаты современных и/или реликтовых элементарных почвообразующих процессов (ЭПП). Объекты исследования – почвы каштаново-солонцовых комплексов Приставропольской наклонной равнины богарного и орошаемого участков. Общие микропризнаки всех изученных почв: многочисленные углистые частицы, гумусово-железистые микронодули и кольцевая ориентация пылевато-мелкопесчаных силикатных частиц. Первые два микропризнака позволяют предполагать слабое проявление глеевого процесса и, вероятно, унаследованы от доагрогенного развития почв данной территории. Кольцевая ориентация крупных фракций свидетельствует о криогенных текстурных перестройках лёссовидного суглинка. Влияние орошения наиболее сильно проявляется в микростроении пахотных горизонтов орошаемых почв: плитчатой организации поверхностных слоев; повышенном содержании тонкодисперсного бурого гумуса; повышенной активности почвенной микро- и мезофауны, что приводит к формированию хорошо агрегированной комковато-зернистой микроструктуры в нижних частях пахотного горизонта. В подпахотном горизонте каштановой остаточно-солонцеватой почвы при орошении произошло уменьшение количества глинистых кутан – снижение интенсивности солонцового процесса; некоторое уменьшение общего содержания илестых частиц – усиление процесса

их элювиирования; понижение двулучепреломления тонкодисперсного материала – появление процесса обезжелезнения глинистой плазмы; увеличение количества педотубул, биоагрегатов, копролитов, биоканалов – усиление биогенной переработки. В подпахотных горизонтах лугово-каштановых почв под влиянием орошения выявлено изменение структуры от угловато-блоковой до комковато-зернистой – усиление биогенности. В карбонатных горизонтах за счет орошения появляются новообразования: в верхних их частях глинистые куланы по стенкам пор – результат элювиально-иллювиального перераспределения ила за счет миграции из выше-лежащих горизонтов; в нижних частях – значительная перекристаллизация карбонатных породных зерен, разрушение белоглазки и образование микритовых гипокутан в околопоровом пространстве внутрипедной массы.

Ключевые слова: микроморфология каштановых почв, богарные почвы, орошаемые почвы

DOI: 10.19047/0136-1694-2018-92-74-100

ВВЕДЕНИЕ

Изучение почв каштаново-солонцовых комплексов в настоящее время остается одним из актуальных направлений почвоведения. Это обусловливается сложным положением каштановых почв в современных классификациях в силу большого разнообразия субстантивных свойств диагностических горизонтов, сформированных на разных породах и в разных почвенно-экологических условиях ([Зимовец, 1995](#); [Герасимова и др., 2013](#); [Панкова, Черноусенко, 2018](#)), и неоднозначностью изучения эволюции почвенного покрова с хорошо выраженным солонцовым процессом.

В Почвенном институте им. В.В. Докучаева активно проводятся исследования почв солонцовых комплексов территории России ([Любимова и др., 2011, 2014, 2016](#); [Хитров, 2006](#); [Хитров и др., 2018](#); [Чернов и др., 2017](#); [Чижикова и др., 2015, 2016](#); [Варламов и др., 2018](#)). Наиболее изученными с точки зрения их микростроения в настоящее время являются сухостепные трехчленные комплексы с глубокозападинным микрорельефом на территории Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН. Для данной территории характерны солончаковые солонцы микроповышений, светло-каштановые (в том числе солонцеватые и/или засоленные) почвы микросклонов и лугово-каштановые почвы западин

([Польский, 1958](#); [Роде, Польский, 1961](#); [Ярилова, 1966](#); [Базыкина, 1978](#); [Губин, 1988](#); [Лебедева, Герасимова, 2009](#); [Лебедева, Конюшкова, 2011, 2016](#); [Лебедева \(Верба\), Сиземская, 2010](#); [Lebedeva et al., 2018](#)). В наименьшей степени изучены микроморфологические особенности почв сухостепных солонцовых комплексов Ставрополья. В 80-х годах сотрудниками Почвенного института им. В.В. Докучаева было проведено детальное обследование почвенного покрова Приставропольской наклонной равнины. Исследования проводили как на богарных, так и на орошаемых участках (орошение с 1956 г.). В этих работах принимали участие Ф.И. Козловский, Т.В. Королюк, Н.Б. Хитров и др. Результаты исследований вошли в диссертационную работу Н.Б. Хитрова ([1982](#)), статьи Ф.И. Козловского и др. ([1980](#)), Р.Г. Грачевой и др. ([1988](#)). В этот же период были отобраны монолиты для изготовления шлифов. Часть из них была описана ([Грачева и др., 1988](#)). В настоящее время все шлифы хранятся в Шлифотеке Почвенного института им. В.В. Докучаева. В настоящей работе использовали ранее не описанные шлифы.

Задачей данного исследования являлось проведение сравнительного анализа микропризнаков агрогенных почв солонцовых комплексов Приставропольской наклонной равнины для выявления трендов элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП) при разных видах антропогенных изменений (распашка и орошение).

Поставленная задача решается с помощью современного микроскопического оборудования, позволяющего лучше визуализировать результаты современных и/или реликтовых ЭПП.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ

Методы. Химические и физические анализы выполняли в лаборатории Почвенного института им. В.В. Докучаева по стандартным методикам исследования засоленных и южных почв ([Вадюнина, Корчагина, 1986](#); [Хитров, 1980](#)), результаты анализов полностью представлены в работе Н.Б. Хитрова ([1982](#)). На обоих участках названия всех почв и индексация горизонтов приводятся в соответствии с материалами Н.Б. Хитрова ([1982](#)).

Из описанных почв двух участков (XII и XIV) отобраны монолиты и впоследствии изготовлены шлифы в Почвенном

институте им. В.В. Докучаева. Для микроморфологического исследования отобраны шлифы тех горизонтов, для которых имелась возможность попарного сравнения богарных и орошаемых почв. Микроморфологическое исследование проводили с использованием поляризационного микроскопа Olympus VX51 с цифровой камерой Olympus DP26 и программным обеспечением Stream Basic Центра коллективного пользования научным оборудованием “Функции и свойства почв и почвенного покрова” Почвенного института имени В.В. Докучаева. Ранее микроморфологические признаки почв этих разрезов не анализировались.

Физико-химическая характеристика почв. Изучаемые участки расположены на территории Приставропольской наклонной равнины, примыкающей к хвалынской террасе Маныча. Территория сложена мощными (7–20 м) эолово-делювиальными лёссовидными суглинками, подстилаемыми легкосуглинистыми супесчаными отложениями, переходящими в хвалынские глины ([Хитров, 1982](#)).

Участок XII (координаты: 46°5'5.00"N, 42°52'48.00"E, рис. 1) представляет собой волнистую равнину с характерными волнистолинейными аккумулятивными и округло-пятнистыми западинно-бугорковыми формами микрорельефа. Грунтовые воды семиметровой скважиной вскрыты не были. Почвенный покров представлен степными солонцами (25%), каштановыми солонцеватыми (24%) и лугово-каштановыми почвами (14%). Участок XIV заложен на орошаемом массиве на поле севооборота, занятом в течение 5 лет люцерной. Координаты участка: 46°4'53.35"N, 42°52' 56.12"E. Орошение осуществлялось по узким полосам пресной водой. В годы исследования (конец 1970-х–начало 1980-х гг.) на поле был создан искусственный микрорельеф, состоящий из полос шириной 1–1.5 м и разграничивающих их валиков, направленных по естественному уклону местности. Превышение между полосой и валиком составляет около 10–20 см. Грунтовые воды вскрываются на 5–5.5 м. Воды имеют высокую минерализацию (сульфатно-хлоридно-натриевую). Почвенный покров участка представлен каштановыми и каштановыми солонцеватыми (в сумме около 90%) и лугово-каштановыми почвами (10%). Солонцы на этой территории отсутствуют ([Козловский и др., 1980](#)) (цит. по: [Хитров, 1982](#), с. 309).



Рис. 1. Местоположение участков исследования каштаново-солонцовых комплексов Приставропольской равнины.

На XII участке Н.Б. Хитровым было заложено три разреза: XII-1-1 в микропонижении – почва лугово-каштановая; XII-1-12 на микроповышении – солонец; XII-2-2 на микросклоне – почва каштановая. Содержание гумуса в пахотных горизонтах невысокое (1.35–2.36%). Исследуемые почвы этого участка характеризуются средне- и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Самым дифференцированным по профильному распределению ила является солонец, надсолонцовый горизонт которого содержит более, чем в 2 раза меньше ила, чем солонцовый (табл. 1). На XIV участке Н.Б. Хитровым было заложено три разреза: XIV-1 – почва лугово-каштановая орошаемая; XIV-2 – почва каштановая орошаемая; XIV-3 – почва каштановая остаточно-солонцеватая орошаемая. Содержание гумуса в верхних 5 см немного больше, чем в том же слое почв XII участка и колеблется от 2.05 до 2.87%, постепенно снижаясь с глубиной. Все почвы XIV участка характеризуются тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. На обоих участках в гранулометрическом составе почв преобладают фракции крупной пыли и ила. Дифференциация профиля орошаемой каштановой остаточно-солонцеватой почвы по илу не настолько резкая, как в профиле богарного солонца: содержание ила в гор. A_{II} и $AB_{(CH)}$ – 29.2 и 36.2% соответственно.

Реакция среды почв участка XII – нейтральная и щелочная (рН 7.0–8.3). Общая тенденция изменения рН – увеличение щелочности вниз по профилю. Наиболее быстро щелочность увеличивается в профиле солонца – уже в B_{CH2} рН 8.25. Почвы участка XIV

Таблица 1. Содержание гумуса, карбонатов, гипса и рН в почвах участков XII и XIV (Хитров, 1982).

Горизонт	Глубина, см	Гранулометрические фракции (мм), %			рН 1 : 2.5	Гумус %	CO ₂	Na _{обм} , % от Σ
		0.05–0.01	<0.001	<0.01				
Лугово-каштановая почва, разр. XII-1-1								
A _п	0–15	45.5	14.1	39.9	7.57	2.26	0.00	1.2
A _п	15–30	Не опр.			7.47	2.36	0.00	0.8
AB	30–40	40.0	24.3	47.5	7.32	1.61	0.90	0.8
AB	40–55	Не опр.			7.50	1.45	1.85	1.3
B _к	60–75	38.3	24.8	50.2	7.61	0.65	7.48	0.9
B _{к бел}	80–95	40.4	20.0	47.1	7.67	Не опр.	6.78	1.0
B _{к бел}	110–130	Не опр.			7.67	»	5.72	1.3
BC	140–160	39.0	21.8	52.4	7.81	»	5.19	1.7
BC	160–180	Не опр.			7.83	»	4.93	1.2
Каштановая почва, разр. XII-2-2								
A _п	0–20	37.3	24.4	49.2	7.04	1.91	0.00	2.9
AB	27–39	36.7	32.5	52.6	7.17	1.20	0.09	2.1
B _к	43–52	38.1	25.7	51.7	7.53	0.80	7.13	1.6
B _{к бел}	60–70	39.7	23.0	49.2	7.60	0.55	7.92	1.6
B _{к бел}	80–90	Не опр.			7.67	Не опр.	6.34	1.8
B _{к бел}	100–110	»			8.07	»	4.40	1.8
BC	115–130	40.6	22.8	47.7	7.86	»	5.02	2.4
BC	140–155	Не опр.			7.85	»	4.93	3.1
BC	160–175	»			7.82	»	5.37	4.6
BC	190–200	40.7	22.2	41.1	7.90	»	3.96	5.6
Солонец, разр. XII-2-12								
A _п	0–12	42.7	17.8	40.2	7.13	1.56	Не опр.	8.0
A _п	12–22	43.9	17.8	40.7	6.73	1.35	0.00	12.7
B _{сн1}	24–30	31.7	41.0	59.6	7.77	1.20	0.18	21.5
B _{сн2}	30–37	33.0	36.2	56.5	8.25	0.95	2.73	24.2
B _к	39–51	34.5	30.0	53.2	8.38	0.40	7.74	29.5
B _{сол}	56–62	Не опр.			7.95	Не опр.	6.95	30.0
B _{сол}	62–72	»			8.07	»	6.69	29.4
B _{к бел}	75–85	38.5	22.6	»	8.06	»	5.72	32.3
B _{к бел}	85–100	Не опр.			8.27	»	4.05	30.7
BC	120–140	»			8.28	»	5.46	31.3
BC	150–160	36.0	26.2	»	8.27	»	4.84	30.4
BC	175–190	Не опр.			8.17	»	4.14	35.8
BC _{гипс}	190–205	»			7.95	»	3.78	37.4

Горизонт	Глубина, см	Гранулометрические фракции (мм), %			рН 1 : 2.5	Гумус	CO ₂	Na _{обм} , % от Σ
		0.05– 0.01	<0.001	<0.01				
Лугово-каштановая орошаемая почва, разр. XIV-1								
A _п	0–5	»			6.47	2.87	0.04	1.9
A _п	5–25	41.9	21.0	45.2	6.61	2.30	0.00	1.7
AB	25–40	41.4	22.7	44.9	7.06	1.79	0.35	1.5
AB	40–50	34.4	27.9	50.1	7.53	1.38	1.67	1.8
AB	50–65	Не опр.			7.50	1.02	4.31	1.5
B _{к бел}	65–80	36.5	23.1	48.8	7.81	0.72	6.25	2.0
B _{к бел}	80–95	Не опр.			7.77	0.56	6.86	2.4
B _{к бел}	95–110	31.2	20.2	46.8	7.72	Не опр.	5.28	2.3
B _{к бел}	110–125	Не опр.			7.61	»	4.84	2.3
BC	130–140	»			7.85	»	5.37	2.0
BC	140–155	40.9	21.7	»	8.02	»	5.37	2.3
Каштановая орошаемая почва, разр. XIV-2								
A _п	0–5	Не опр.			7.67	2.05	0.18	1.4
A _п	5–15	42.4	20.4	44.6	7.38	1.74	0.62	2.1
A _п	15–29	42.5	18.8	44.3	7.37	1.74	0.53	2.0
B _к	29–43	37.5	26.1	50.6	7.95	0.61	7.30	2.6
B _{к бел}	45–57	45.0	22.8	44.4	8.02	0.56	7.13	2.4
B _{к бел}	57–75	Не опр.			7.92	Не опр.	5.19	2.8
B _{к бел}	75–90	39.6	22.4	»	8.05	»	4.22	4.1
BC	90–105	Не опр.			8.10	»	4.93	8.0
BC	110–125	43.2	27.3	»	8.41	»	5.02	23.1
BC	130–150	Не опр.			8.68	»	4.84	35.4
Каштановая остаточно-солонцеватая орошаемая почва, разр. XIV-3								
A _п	0–5	»			7.18	2.10	0.09	2.1
A _п	5–15	38.7	29.2	48.0	7.47	1.84	0.18	2.5
A _п	15–29	38.3	28.6	49.0	7.07	1.84	0.00	2.6
AB _(сн)	29–40	33.5	36.2	53.9	7.10	1.05	1.76	2.3
B _к	40–50	36.8	29.5	52.4	7.77	0.72	7.39	2.3
B _{к бел}	55–70	Не опр.			8.00	Не опр.	7.22	2.5
B _{к бел}	70–80	40.2	23.4	46.4	7.92	»	5.19	3.6
B _{к бел}	80–95	Не опр.			8.17	»	3.87	2.9
BC	100–115	»			8.20	»	5.72	3.0
BC	120–135	»			8.17	»	5.63	3.5
BC	140–155	44.0	25.2	44.4	8.06	»	5.02	5.0

Примечание. Здесь и далее горизонты: А_п – пахотный, АВ – переходный, АВ_(сн) – переходный остаточно-солонцеватый, В_к – карбонатный, В_{к бел} – карбонатный с выделением белоглазки, В_{сол} – с выделением легкорастворимых солей и гипса, ВС – переходный к породе, ВС_{гипс} – переходный к породе с выделением гипса.

имеют нейтральную и слабощелочную реакцию среды (табл. 1). В лугово-каштановой почве западины наблюдается постепенное нарастание щелочности вниз по профилю. В каштановой и каштановой остаточно-солонцеватой орошаемых почвах уже в пахотных горизонтах наблюдается слабощелочная реакция среды, рН 7.18–7.67, а глубже 30–50 см значения рН превышают 8.00.

В ряду почв участка XII только в солонце отмечается повышенное содержание обменного натрия: в солонцовом горизонте содержится 21.5% обменного натрия, что позволяет отнести данный солонец к среденатриевым по “Классификации и диагностике почв СССР” (1977). Лугово-каштановые и каштановые почвы участка XII характеризуются отсутствием засоления: сумма токсичных солей в этих почвах до глубины 2 м составляет не более 0.06%. Эти почвы по глубине залегания максимума карбонатов мало различаются. Солонец, наоборот, характеризуется высокой степенью сульфатно-хлоридного натриевого засоления (сумма солей составляет от 0.23 % в гор. В_к до 1.63 % в гор. ВС_{гипс}), начиная с 40 см, лишь пахотный горизонт является незасоленным.

В ряду изученных почв гипс появляется только в солонце. Отмечено два его максимума: на глубинах 56–62 см – 3.6% и 190–205 см – 4.9%. Содержание гипса между этими глубинами колеблется в интервале 0.8–1.8% (Хитров, 1982).

Все три разреза на участке XIV отличаются отсутствием водорастворимых солей в слое 0–150 см, лишь в гор. ВС (130–150 см, разр. XIV-2) каштановой орошаемой почвы наблюдается слабое сульфатно-натриевое засоление – сумма токсичных солей составляет 0.13% (Засоленные..., 2006). Карбонатный профиль у всех орошаемых почв участка XIV одинаков: минимальное количество карбонатов или их отсутствие в пахотных горизонтах, максимальное количество карбонатов в горизонте с выделениями “белоглазки” и далее постепенное снижение их количества вниз по профилю. Гипс во всех исследуемых почвах до 1.5 м отсутствует.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Общими элементами микростроения всех горизонтов исследованных почв обоих участков является наличие: 1) большого количества мелких углистых частиц (рис. 2д); 2) железисто-гумусовых микронодулей (до 100 мкм) во вмещающей почвенной массе (рис. 2в); 3) элементов кольцевой сепарации зерен скелета (рис. 3а).

Особенности микростроения исследуемых почв были выявлены при сравнении аналогичных диагностических горизонтов разных типов богарных и орошаемых почв.

Каштановые почвы. В пахотном горизонте орошаемой каштановой почвы в отличие от богарной выражена тенденция к формированию плитчатой структуры (рис. 4а–4г). В нижней части горизонта A_n каштановой орошаемой почвы наблюдается выраженное уплотнение структуры, в то время как в аналогичном горизонте богарной почвы есть лишь небольшие зоны уплотнения, не приуроченные к нижней части горизонта. Вероятно, это может говорить о начальной стадии формирования плужной подошвы в орошаемой почве.

В карбонатных горизонтах (B_k) обоих разрезов – каштановой богарной и каштановой орошаемой почв – материал имеет угловато-блоковую структуру со сглаженными гранями агрегатов и зонами биогенной проработки, в которых структура зернистая. Отличие состоит в том, что в орошаемой почве структура заметно более плотная, а зоны биогенной проработки имеют меньший размер. Доля глины в составе тонкодисперсного вещества горизонта B_k орошаемой каштановой почвы больше, а само вещество на большей части площади шлифа имеет мелкочешуйчатую ориентацию, в то время как тонкодисперсное вещество горизонта B_k каштановой богарной почвы – глинисто-карбонатное и имеет кристаллитовую ориентацию, хотя и включает зоны глинистого вещества со слабо-выраженной струйчатой ориентацией. Интересно, что в горизонте B_k каштановой богарной почвы глинистые пленки покрывают скелетные зерна полностью, а в горизонте B_k орошаемой каштановой почвы – фрагментарно, что может быть результатом орошения. Важным отличием является и тот факт, что в каштановой орошаемой почве встречаются глинистые кутаны по порам (рис. 2б), много-

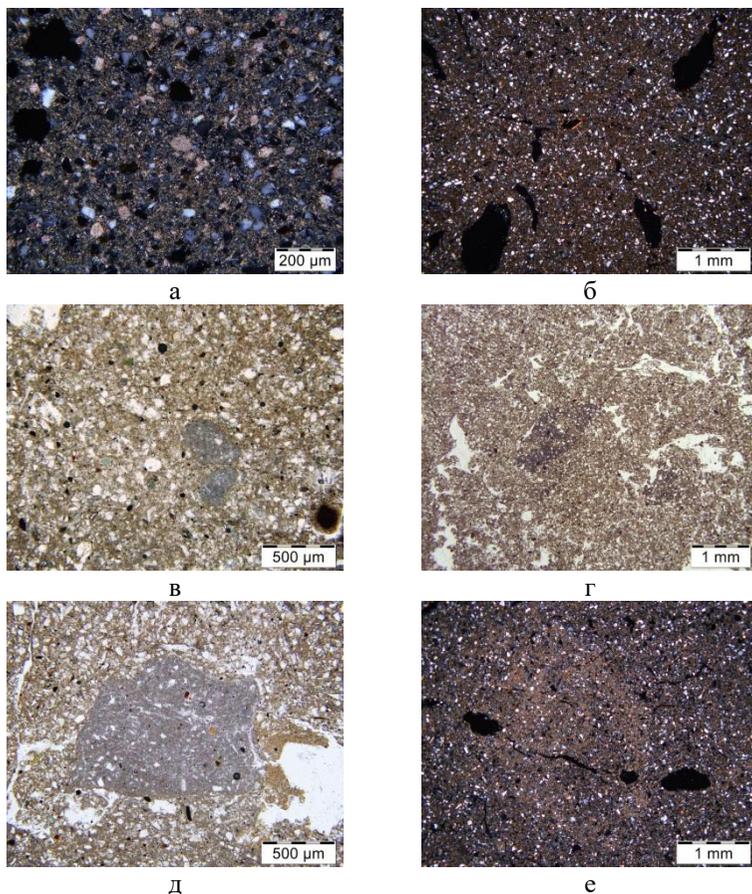


Рис. 2. Карбонатные горизонты (а, б, е – с анализатором, в, г, д – без анализатора): а – перекристаллизованные породные карбонатные зерна в гор. V_k каштановой богарной почвы; б – глинистая кутана в гор. V_k орошаемой каштановой почвы; в – гор. $V_{k\text{ бел}}$ богарной лугово-каштановой почвы – белоглазка с резкими границами, мелкие угли, железистые нодулы и стяжение; г – разрушающаяся белоглазка в гор. $V_{k\text{ бел}}$ орошаемой лугово-каштановой почвы; д – белоглазка, угли, признак партлювации в гор. $V_{k\text{ бел}}$ богарного солонца; е – карбонатная пропитка в гор. $V_{k\text{ бел}}$ каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почвы.

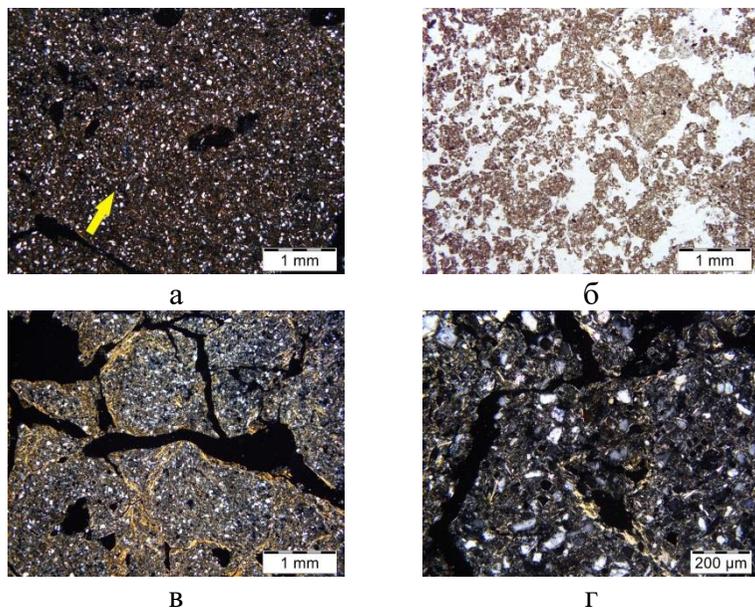


Рис. 3. Подпахотные горизонты (а, в, г – с анализатором, б – без анализатора): а – кольцевая ориентация пылеватых зерен скелета в гор. АВ лугово-каштановой богарной почвы (показана желтой стрелкой); б – биогенная микроструктура гор. АВ лугово-каштановой орошаемой почвы; в – крупные глинистые кутаны по граням структурных отдельностей гор. В_{сн1} богарного солонца; г – мелкие глинистые кутаны по порам в гор. АВ_(сн) каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почвы.

численные перекристаллизованные породные карбонатные зерна, а также единичное микрительное стяжение (рис. 2а).

В карбонатных горизонтах с белоглазкой (В_{к бел}) разрезов каштановой богарной и орошаемой почв структура угловато- и округло-блоковая, но в случае орошаемой почвы она имеет меньше зон биогенной проработки. В целом сравниваемые карбонатные горизонты различаются по типам и многочисленности карбонатных новообразований: в орошаемой почве белоглазка более крупная, чем в богарной, и появляются единичные не крупные микрительные стяжения. Кроме того, хотя в обоих разрезах в горизон-

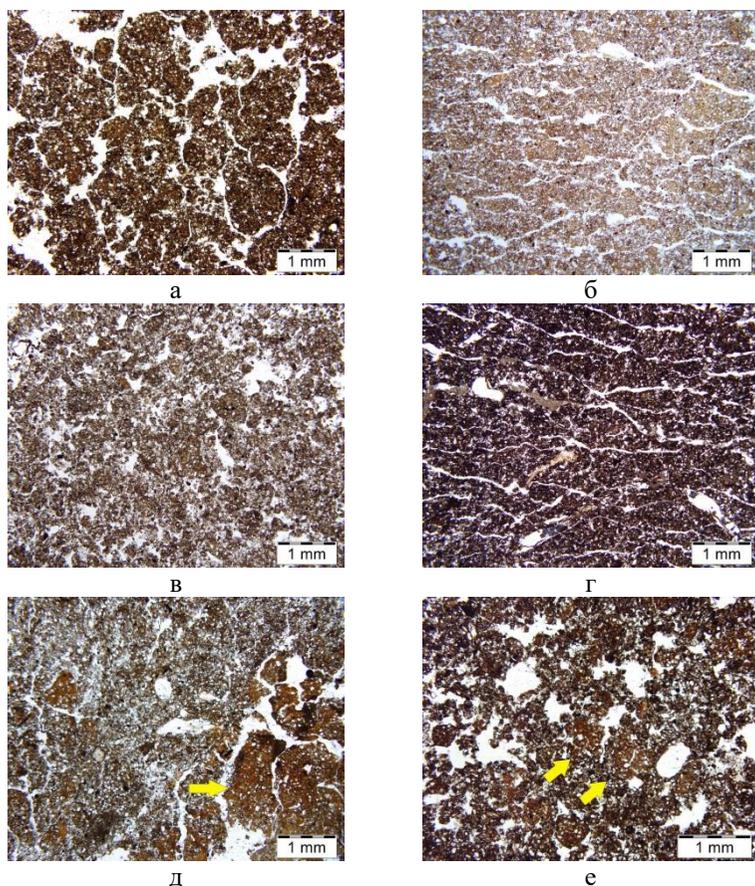


Рис. 4. Микроструктура пахотных горизонтов богарных и орошаемых почв каштаново-солонцовых комплексов Приставропольской наклонной равнины (без анализатора): а – каштановая богарная почва, хорошо агрегированный с темной гумусовой пропиткой материал с зоной уплотнения справа; б – каштановая орошаемая почва, тенденция к плитчатой структуре, слабая гумусовая пропитка; в – лугово-каштановая богарная почва, копрогенная структура, слабая гумусовая пропитка; г – лугово-каштановая орошаемая почва, плитчатая структура, темная гумусовая пропитка; д – богарный солонец, слабоагрегированный гумусированный материал (слева) и припаханные блоковые фрагменты солонцового горизонта (справа); е – каштановая остаточно-солонцеватая орошаемая почва, биогенная структура, хорошо агрегированный материал с темной гумусовой пропиткой. Примечание: на рисунках д и е желтыми стрелками указаны солонцовые фрагменты.

нтах $V_{к\text{ бел}}$ присутствуют (примерно 10 мкм) зоны слабого выщелачивания тонкокристаллического кальцита вдоль пор, эти зоны в орошаемой почве более широкие (примерно 30 мкм).

Лугово-каштановые почвы. Пахотный горизонт лугово-каштановой богарной почвы имеет комковато-зернистую структуру и слабую гумусовую пропитку, а горизонт A_n орошаемой лугово-каштановой почвы имеет плитчатую микроструктуру и более темную гумусовую пропитку. Переходные к карбонатным горизонты (AB) лугово-каштановых богарной и орошаемой почв имеют разную микроструктуру. Горизонт AB разреза лугово-каштановой богарной почвы характеризуется сочетанием в микроструктуре угловатых блоков со сглаженными гранями, комков и зернистых агрегатов (перечислено в порядке убывания доли от площади шлифа). Тонкодисперсное вещество глинистое мелкочешуйчатой ориентации, часто встречаются зоны чешуйчатой ориентации и те, где оно замаскировано аморфным светло-бурым гумусом. Микроструктура горизонта AB лугово-каштановой орошаемой почвы – комковато-зернистая с редкими округлыми блоками, сильно проработанная биотой (рис. 3б). Гумусовое тонкодисперсное вещество здесь встречается лишь в виде отдельных редких микросгустков. Карбонатные горизонты с белоглазкой разрезом лугово-каштановой богарной и орошаемой почв различаются между собой по: 1) структуре – выявлена тенденция к образованию более призматической структуры в богарном варианте, а в орошаемом – угловато-блоковая структура; 2) соотношению карбонатных новообразований – в богарной почве преобладает мелкая по размеру белоглазка с резкими границами (рис. 2в) (единично встречена крупная белоглазка), а также встречаются микритовые гипокутаны. В орошаемой почве, микритовые кутаны и рыхлые стяжения преобладают, а белоглазка имеет диффузные границы – признаки разрушения (рис. 2г). Так же как и в случае каштановых почв, горизонты $V_{к\text{ бел}}$ лугово-каштановых почв различаются шириной зон слабого выщелачивания тонкокристаллического кальцита вдоль пор – в орошаемой почве эти зоны более широкие. Переходные к породе горизонты (BC) отличаются в лугово-каштановых почвах окраской (у орошаемой почвы она более бурая) и структурой: в богарной почве она крупноугловато-блоковая со сглаженными гранями и высокой внутриагрегатной пористостью, а

в орошаемой почве уже массивная с изолированными биогенными микропорами (рис. 5). Ориентация тонкодисперсного вещества обоих горизонтов кристаллитовая за счет высокой пропитки микритом, хотя встречаются зоны менее окаربоначенные, поэтому с мелкочешуйчатой ориентацией, частично с вокругскелетной (фрагментарные пленки вокруг минеральных зерен). При этом доля глины в составе тонкодисперсного вещества гор. ВС орошаемой почвы выше, чем в богарном аналоге.

Каштановая остаточно-солонцеватая и солонец. Структура пахотного горизонта разреза каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почвы биогенная, мелкокомковато-зернистая, материал хорошо агрегирован (рис. 4е), в то время как горизонт А_п богарного солонца имеет структуру угловато-глыбистую с выраженной тенденцией к призматичности (рис. 4д). В пахотном горизонте солонца значительно выше доля фрагментов солонцового горизонта более крупного размера (рис. 4е), отличающихся очень высокой степенью оптической ориентации глины и множеством типов ориентации – от чешуйчатой до перекрестно-волоконистой, в то время как в пахотном горизонте разреза каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почвы глинистые фрагменты мелкие и имеют в большинстве своем чешуйчатую ориентацию тонкодисперсного вещества, редко – струйчатую (рис. 4д). Важным отличием является и то, что в пахотном горизонте солонца встречаются глинистые кутаны по порам с высоким двулучепреломлением глины, чего нет в каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почве.

Подпахотные горизонты. Солонцовый горизонт солонца имеет угловато-блоковую структуру, очень плотную упаковку агрегатов, множество глинистых кутан, гипокутан (рис. 3в), глинистую плазму с высоким двулучепреломлением и сильно выраженной струйчатой и перекрестно-волоконистой ориентацией. В то же время горизонт АВ_(сн) каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почвы характеризуется мелкокомковато-зернистой структурой с высокой межагрегатной и биогенной пористостью. В нем присутствуют лишь единичные глинистые кутаны по некоторым порам (рис. 3г), глинистая плазма обезжелезнена и поэтому

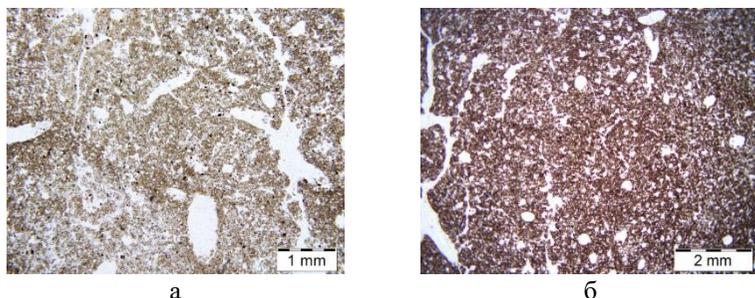


Рис. 5. Переходные к породе горизонты лугово-каштановых почв (без анализатора): а – богарная почва, лёссовидная агрегированность с высокой биогенной макропористостью; б – орошаемая почва, массивная микроструктура с отдельными биогенными микропорами-каналами и повышенным содержанием тонкодисперсного вещества.

обладает меньшей величиной двулучепреломления и слабо выраженной струйчатой и перекрестно-волокнутой ориентацией. Горизонты $V_{к\text{ бел}}$ каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почвы и богарного солонца имеют угловато- и округло-блоковую структуру, но в орошаемой почве она отличается меньшим размером агрегатов и большей пористостью. Карбонатные новообразования этих горизонтов практически не отличаются, разве что в солонце белоглазка имеет резкие границы (рис. 2д), а в каштановой остаточно-солонцеватой почве ее границы рыхлые, что является признаком разрушения. Кроме того, в солонце есть признаки суспензионного переноса тонких частиц. В гор. $V_{к\text{ бел}}$ каштановой остаточно-солонцеватой почвы белоглазка также имеет диффузные границы (рис. 2е), признаков партлювации не встречено. Горизонты BC у каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почвы и богарного солонца не отличаются.

ОБСУЖДЕНИЕ

Пахотные горизонты. Варьирование содержания гумуса в пахотных горизонтах изученных почв не слишком высокое: во всех почвах оно составляет 2–3% и только в богарном солонце – 1.56%. Это обусловлено тем, что в этой почве в пахотном горизонте велика доля материала солонцового горизонта (примерно 35% площади шлифа). При этом на микроуровне заметно, что в горизонте A_n

орошаемой лугово-каштановой почвы гумусовая окраска интенсивнее, чем в богарном аналоге, что связано с более низким здесь содержанием гумуса. В орошаемых каштановой и лугово-каштановой почвах структура имеет сильно выраженную тенденцию к плитчатости. Вероятно, это связано с сезонным промерзанием этих почв в более влажном по сравнению с богарными почвами состоянии за счет орошения. Структура нижней части пахотного горизонта каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почвы мелкокомковато-зернистая, что свидетельствует о благоприятных условиях биологического оструктурирования здесь при орошении. Также во всех богарных почвах обнаруживается значительная перемешанность пахотных горизонтов и большее количество слаборазложившихся растительных остатков, что было описано в агрогенных почвах солонцовых комплексов Прикаспийской низменности по сравнению с целинными аналогами ([Губин, 1988](#); [Лебедева \(Верба\), Сиземская, 2010](#)). Материал пахотных горизонтов изученных почв имеет высокую гетерогенность, особенно в богарном солонце, что вполне согласуется с результатами исследования Грачевой и др. ([1988](#)). Предполагаем, что при орошении происходит более интенсивная биогенная переработка органического вещества, что диагностируется по количеству биогенных инфиллингов (поровых заполнений) и сильно разложившихся растительных тканей. Кроме того, предполагаем, что в результате орошения происходит перекристаллизация первичных зерен кальцита, однако проявление этого процесса отмечено только в пахотном горизонте каштановой орошаемой почвы.

Подпахотные горизонты АВ лугово-каштановых почв отличаются между собой только структурой. В богарной почве она угловато-блоковая, в орошаемой – комковато-зернистая. Это можно объяснить более высокой активностью почвенных животных в горизонте АВ орошаемой лугово-каштановой почвы, что подтверждается более мелкими размерами сохранившихся фрагментов растительных остатков и обилием в порах инфиллингов из сильно разложившихся растительных остатков. Такие же отличия микроструктуры отмечены и при сравнении солонца богарного и орошаемой каштановой остаточно-солонцеватой почвы. Кроме того, в солонцовом горизонте диагностировано множество глинистых кутан

по порам и граням структурных отдельностей. Глинистое вещество этих кутан имеет различную степень двулучепреломления, что является признаком их разновозрастности, а их фрагментарность может указывать на то, что это реликтовый признак ([Демкин, Иванов, 1985](#)).

Согласно схеме Н.Б Хитрова ([2004](#)), солонцовый процесс на микроуровне выражен слабее в каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почве, поскольку глинистые кутаны в ней встречаются реже, чем в солонце богарном. Они тонкие, фрагментарные и выражены только в горизонте АВ_(сн). В солонце богарном, согласно той же схеме, солонцовый процесс отчетливо диагностируется по большому количеству глинистых кутан разной толщины. По гранулометрическим данным в гор. АВ_(сн) отмечено пониженное содержание физической глины, что может являться свидетельством элювиального процесса, происходящего за счет орошения. Вероятно, орошение вызывает обезжелезнение тонкодисперсного вещества, что проявляется в уменьшении его двулучепреломления.

Карбонатные горизонты. В исследуемых почвах существуют срединные карбонатные горизонты двух видов: В_к (с пропиткой тонкодисперсным кальцитом) и В_{к бел} (с выделением белоглазки). В отличие от горизонта В_к богарной почвы, в горизонте В_к орошаемой каштановой почвы отмечаются более глинистая плазма и единичные глинистые кутаны с высоким двулучепреломлением по порам. Это является свидетельством перемещения тонкодисперсных частиц из вышележащего более глинистого горизонта гравитационным потоком воды в результате орошения ([Герасимова и др., 1992](#); [Ковеня, 1972](#)). Относительно горизонтов В_{к бел} можно сказать следующее: 1) обнаруженные в орошаемой лугово-каштановой почве глинистые ооиды могут являться реликтом, свидетельством криогенных процессов в этой почве в прошлые геологические эпохи; 2) более широкие зоны выщелачивания тонкокристаллического кальцита вдоль пор предположительно можно связать с влиянием орошения на каштановые и лугово-каштановые почвы; 3) более высокая пористость и относительно большое количество биогенных агрегатов в горизонте В_{к бел} каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почвы по сравнению с богарным солонцом свидетельствуют о более глубоком проникновении почвенной

микрофауны, вероятно, за счет деградации плотного солонцового горизонта.

Переходные к породе горизонты различаются по структуре. В богарной лугово-каштановой почве микроструктура угловато-блоковая, а в орошаемой – губчатая, и в ней просматриваются мелко-зернистые и комковатые агрегаты. Это наблюдение позволяет предположить, что этот горизонт может быть реликтовым гумусово-аккумулятивным. Однако содержание гумуса для этого горизонта не определялось, поэтому необходимы дополнительные исследования для доказательства положения о реликтовости этого процесса. Горизонты ВС каштановой остаточно-солонцеватой орошаемой почвы и среднего богарного солонца существенных отличий не имеют.

Мелкие железисто-гумусовые микронодули (в среднем 50–90 мкм) (рис. 4в), в большом количестве обнаруженные во всех горизонтах всех изученных почв, как богарных, так и орошаемых, являются общим признаком квазиоглеения этих почв ([Полевой..., 2008](#); [Хитров и др., 2015](#)). Поскольку на макроуровне при полевом описании этих почв Н.Б. Хитровым ([1982](#)) эти признаки не отмечены, можно говорить только об очень слабой выраженности этого процесса.

Частая встречаемость кольцевой ориентации пылеватых зерен во всех горизонтах всех исследованных почв дает основания предполагать, что имеет место породная мерзлотная сортировка мелкозема ([Герасимова, 1992](#), [Рогов, 2009](#)). Это указывает на то, что все почвы данных каштаново-солонцовых комплексов в своем развитии испытывают одинаковые текстурные преобразования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общими микропризнаками для всех изученных почв каштаново-солонцовых комплексов Приставропольской наклонной равнины являются многочисленные углистые частицы, гумусово-железистые микронодули и кольцевая ориентация пылевато-мелкопесчаных силикатных частиц. Первые два микропризнака позволяют предполагать слабое проявление квазиоглевого процесса, интенсивность которого не различается в богарных и орошаемых почвах, и, вероятно, он унаследован от доагрогенного развития почв

данной территории. Кольцевая ориентация крупных фракций свидетельствует о криогенных текстурных перестройках лёссовидного тяжелого (среднего) суглинка. Высокая микроагрегированность и биогенная пористость горизонтов ВС сравниваемых почв позволяют предполагать былую гумусово-аккумулятивную природу этих горизонтов.

Влияние орошения наиболее сильно проявляется в различии микростроения пахотных горизонтов:

– плитчатой организации поверхностных слоев пахотных горизонтов;

– повышенном содержании тонкодисперсного бурого гумуса;

– повышенной активности почвенной микро- и мезофауны, что приводит к формированию хорошо агрегированной комковато-зернистой микроструктуры в нижних частях пахотного горизонта.

Ниже по профилям влияние орошения проявляется по-разному и в значительной степени зависит от исходного (доагрогенного) генезиса почв и глубины расположения диагностических горизонтов.

По итогам сравнительного анализа подпахотного гор. В_{сн} солонца и горизонта АВ_(сн) каштановой остаточно-солонцеватой почвы можно сказать, что при орошении произошло:

– уменьшение количества глинистых кутан – снижение интенсивности солонцового процесса;

– некоторое снижение общего содержания глинистых частиц (подтверждается данными гранулометрического анализа) – усиление процесса их элювирования;

– понижение двулучепреломления тонкодисперсного материала – появление процесса обезжелезнения глинистой плазмы;

– увеличение количества педотубул, биоагрегатов, копролитов, биоканалов – усиление биогенной переработки.

В подпахотных горизонтах лугово-каштановых почв под влиянием орошения выявлен тренд изменения структуры от угловато-блоковой до комковато-зернистой – усиление биогенности.

В карбонатных горизонтах за счет орошения появляются следующие новообразования:

– в самых верхних их частях отмечены глинистые кутаны по стенкам пор – результат элювиально-иллювиального

перераспределения ила и осаждения на карбонатном барьере за счет миграции из вышележащих горизонтов;

– в нижних частях выявлена значительная перекристаллизация карбонатных породных зерен, разрушение белоглазки и образование микритовых гипокутан в околопоровом пространстве внутривредной массы.

В горизонтах, переходных к породе, влияние орошения практически не сказывается, но отмечены микропризнаки, позволяющие предположить реликтовый гумусово-аккумулятивный процесс.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность Николаю Борисовичу Хитрову за помощь в подготовке настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Базыкина Г.С.* Изменение агрофизических свойств солончаковых солонцов северного Прикаспия при мелиорации // Вопросы гидрологии и генезиса почв. М.: Наука, 1978. С. 5–31.
2. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
3. *Варламов Е.Б., Лебедева М.П., Чурилин Н.А., Чурилина А.Е.* Особенности профильного распределения минералов во фракциях разной размерности в солонце корковом светлом сухостепной зоны юга России // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 93. С. 144–172. doi: 10.19047/0136-1694-2018-93-144-168
4. *Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А.* Микроморфология почв природных зон СССР. Пушкино, 1992. 216 с.
5. *Герасимова М.И., Лебедева И.И., Хитров Н.Б.* Индексация почвенных горизонтов: состояние вопроса, проблемы и предложения // Почвоведение. 2013. № 5. С. 627–638.
6. *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. 80–88.
7. *Губин С.В.* Диагностика ранних этапов изменения почв трехчленного комплекса Прикаспийской низменности при их освоении // Микроморфология антропогенно измененных почв. М.: Наука, 1988. С. 80–88.

8. *Демкин В.А., Иванов И.В.* Развитие почв Прикаспийской низменности в голоцене. Пушино, 1985. 164 с.
9. Засоленные почвы России / Отв. ред. Шишов Л.Л., Панкова Е.И. М.: ИКЦ “Академкнига”, 2006. 854 с.
10. *Зимовец Б.А.* Уточнение классификации засоленных почв России // Почвоведение. 1995. № 1. С. 84–91.
11. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 221 с.
12. *Ковеня С.В.* Исследование перемещения минеральных высокодисперсных частиц в дерново-подзолистой почве методом радиоактивных индикаторов: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1972. 14 с.
13. *Козловский Ф.И., Королюк Т.В., Копикова Л.П.* Значение структуры почвенного покрова при почвенно-мелиоративных исследованиях в сухостепной зоне // Картография почв и структура почвенного покрова. М.: Наука, 1980. С. 108–132.
14. *Лебедева М.П., Герасимова М.И.* Макро- и микроморфологические особенности генетических горизонтов почв солонцового комплекса Джаныбекского стационара // Почвоведение. 2009. № 3. С. 259–272.
15. *Лебедева М.П., Конюшкова М.В.* Временные изменения микропризнаков в целинных и мелиорированных солонцах Джаныбекского стационара // Почвоведение. 2011. № 7. С. 818–831.
16. *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. Вып. 83. С. 118–139. doi 10.19047/0136-1694-2016-83-118-139
17. *Лебедева (Верба) М.П., Сиземская М.Л.* Анализ микростроения мелиорированных солонцов Джаныбекского стационара для оценки их экологического состояния // Поволжский экологический журнал. 2010. № 2. С. 166–176.
18. *Любимова И.Н., Мотузов В.Я., Бондарев А.Г.* Современные тенденции изменения свойств целинных и постирригационных почв солонцовых комплексов приволжской гряды // Почвоведение. 2011. № 10. С. 1260–1269.
19. *Любимова И.Н., Хан В.В., Салтагарова И.А.* Диагностика солонцового процесса в целинных и агрогенно-измененных почвах разных регионов // Почвоведение. 2014. № 9. С. 1046–1055.
20. *Любимова И.Н., Салтагарова И.А., Хан В.В.* Степень выраженности солонцового процесса в целинных и агрогенноизмененных почвах солонцовых комплексов лесостепной и сухостепной зон // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2016. Вып. 84. С. 46–60. doi: 10.19047/0136-1694-2016-84-46-60

21. *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.
22. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
23. *Польский М.Н.* Агрофизические особенности солончаковых солонцов как объекта мелиорации // Тр. ин-та леса “Научные основы освоения полупустыни северо-западного Прикаспия” АН СССР. Т. XXXVIII. 1958. С. 58–73.
24. *Рогов В.В.* Основы криогенеза. Новосибирск: Гео, 2009. 203 с.
25. *Роде А.А., Ярилова Е.А., Рашиевская И.М.* О некоторых генетических особенностях темноцветных черноземовидных почв больших падин // Почвоведение. 1960. № 8. С. 1–13.
26. *Хитров Н.Б.* Выбор диагностических критериев существования и степени выраженности солонцового процесса в почвах // Почвоведение. 2004. № 1. С. 18–31.
27. *Хитров Н.Б.* Варьирование и пространственные закономерности изменения мощности почвенных горизонтов лугово-каштановых почв солонцового комплекса // Проблемы почвоведения. К 75-летию со дня рождения Л.Л. Шишова: науч. тр. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2006. С. 138–173.
28. *Хитров Н.Б.* Физико-химические свойства почв каштановых солонцовых комплексов и их использование для диагностики и мелиоративной оценки: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1982. 24 с.
29. *Хитров Н.Б., Власенко В.П., Рухович Д.И., Брызжев А.В., Калинина Н.В., Роговнева Л.В.* География вертисолей и вертикальных почв Кубано-Приазовской низменности // Почвоведение. 2015. № 7. С. 771–790.
30. *Хитров Н.Б., Новикова Н.М., Вышивкин А.А., Волкова Н.А.* Солонцовый комплекс на севере прикаспийской низменности: фито-, педоразнообразие, взаимосвязи между почвами, микрорельефом и растительными сообществами, трансформация в условиях изменения климата и выпаса // Экосистемы: экология и динамика. М.: Ин-т водных проблем Российской академии наук, 2018. С. 34–72.
31. *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.
32. *Чернов Т.И., Лебедева М.П., Тхакахова А.К., Кутюжная О.В.* Профильный анализ микробиомов сопряженных почв солонцового комплекса Прикаспийской низменности // Почвоведение. 2017. № 1. С. 71–76. doi 10.7868/S0032180X1701004X

33. *Чижикова Н.П., Хитров Н.Б.* Разнообразие глинистых минералов почв солонцовых комплексов юго-востока Западной Сибири // Почвоведение. 2016. № 12. С. 1506–1520. doi 10.7868/S0032180X16120054
34. *Чижикова Н.П., Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И.* Минералогия пептизированных илов почв солонцовых комплексов каменной степи // Почва-зеркало и память ландшафта. Мат-лы Всерос. науч. конф. международным участием, посвященной Международному году почв и 60-летию Кировского областного отделения Русского географического общества. Киров: Веси, 2015. С. 83–88.
35. *Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И.* Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
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.P., Konyushkova M.V., Khokhlov S.F.* Monitoring of micromorphological changes in a virgin solonetz under regional changes in hydrology and climate (Northern Caspian Lowland, Russia) // Spanish J. Soil Science. 2018. V. 8. № 2. P. 164–182. <https://doi.org/10.3232/SJSS.2018.V8.N2.03>
38. *Van Vliet-Lanoe B.* Frost action // Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths / Eds. Stoops G., Marcelino V., Mees F. Amsterdam: Elsevier, 2010. P. 81–108.

THE FEATURES OF SIMILARITY AND DIFFERENCE IN THE MICROSTRUCTURE OF BOGHARIC AND IRRIGATED SOILS OF KASTANOZEM-SOLONETZ COMPLEXES OF THE PRISTAVROPOLSKAYA SLOPING PLAIN

O. O. Plotnikova*, M. P. Lebedeva**

*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
Russia, 119017, Moscow, Pyzhevskii per., 7-2*

**e-mail: mrs.plotnikova@mail.ru*

***<https://orcid.org/0000-0001-8660-9922>*

Received 02.10.2018, Revised 11.10.2018, Accepted 15.11.2018

A comparative analysis of microspecificities of agrogenic soils of solonetzic complexes of inclined plain was conducted to create trends of elementary soil-forming processes under different types of anthropogenic changes (for plowing and irrigation). The task is solved with the help of Olympus BX51 polarization microscope equipped with Olympus DP26 digital camera and Stream Basic software, which

allows us to visualize the results of modern and/or relict process better. The investigation objects are the soils of kastanozem-solonetz complexes of the Stavropol inclined plains of the bogharic and irrigated area. Common microspecificities for all studied soils are numerous carbon particles, humus-ferruginous micronodules and ring-shaped orientation of fine-silt and fine-sandy silicate particles. The first two microspecificities allow us to propose there a weak manifestation of the quasi-gley process that probably was inherited from the pre-agrogenic development of the investigated soils. The ring-shaped orientation of large fractions speak about the cryogenic textural reconstructions of loess-like loam. The impact of irrigation is more clearly manifested in the microstructure of the arable horizons of irrigated soils: platy organization of surface layers; increased content of fine-dispersed brown humus; increased activity of soil micro- and mesobiota (well-aggregated lumpy-granular microstructure) in the lower parts of the arable horizon. In the subsoil horizon of the residual solonetsic kastanozem under irrigation, a decrease in the amount of clay coatings occurred, which was manifested as a decrease in the intensity of the solonetzic process. There also occurred some decrease in the total content of clayey particles, which was a consequence of the process of their eluviation acceleration. There was also observed the reduction of birefringent effect of finely dispersed material, which was a consequence of the process of clay plasma deferrization occurrence. There was also observed the increase in the number of pedotubules, bioaggregates, coprolites, biochannels, which were the consequence of the increased biogenic processing. In the subsoil of meadow-chestnut soils under the impact of irrigation, a change in the structure from angular-block to lumpy-grained is revealed. Which was a result of increasing biogenicity. New formations appear within the calcareous horizons due to irrigation. For example, in the upper parts, clayey coatings occurring along the pore walls are the result of eluvial-illuvial redistribution of silt due to migration from the upper horizons. In the lower parts, there is significant recrystallization of carbonate rock grains, destruction of the white soft spot and the formation of micritical hypocoatings in the near-pore space of the pedal mass.

Keywords: micromorphology of soils, soils of kastanozem-solonetz complexes, microstructure of bogharic kastanozems, microstructure of irrigated kastanozems

REFERENCES

1. Bazykina G.S. The change of agrophysical properties of solonchak solonetz of the Northern Caspian sea with land reclamation, *Voprosy gidrologii i genezisa pochv*, Moscow, Nauka Publ., 1978, pp. 5–31 (in Russian).
2. Chernov T.I., Lebedeva M.P., Tkhakakhova A.K., Kutovaya O.V. Profile analysis of microbiomes in soils of solonetz complex in the caspian lowland, *Eurasian Soil Science*, 2017, T. V. 50, No. 1, pp. 64–69. doi: 10.1134/S1064229317010045
3. Chizhikova N.P., Khitrov N.B. Diversity of Clay Minerals in Soils of Solonetzic Complexes in the Southeast of Western Siberia, *Eurasian Soil Science*, 2016, V. 49, No. 12, pp. 1419–1431. doi: 10.1134/S106422931612005X
4. Chizhikova N.P., Khitrov N.B., Cheverdin Ju.I. Mineralogy of peptized silts of the soils of the solonets complexes of the Kamennaya steppe, *Pochva-zerkalo i*

pamjat' landshafta, Proceedings of All-Russian conference devoted International year of soils and Sixtieth anniversary Kirovskogo oblastnogo otdelenija Russian geographical society, Kirov, 2015, pp. 83–88 (in Russian).

5. Demkin V.A., Ivanov I.V. *Development of the Caspian lowland soils in the Holocene*, Pushchino, 1985, 164 p. (in Russian).

6. Gerasimova M.I., Gubin S.V., Shoba S.A. *Micromorphology of soils in natural zones of the USSR*, Pushchino, Pushchinskogo nauchnogo tsentra RAN Publ., 1992, 216 p. (in Russian).

7. Gerasimova M.I., Lebedeva I.I., Khitrov N.B. Soil horizon designation: state of the art, problems, and proposals, *Eurasian Soil Science*, 2013, T. V. 46, No. 5, pp. 599–609. doi: 10.1134/S1064229313050037

8. Gracheva M.V., Tursina T.V., Korolyuk T.V. Microstructure of bogharic and irrigated soils of kastanozem-solonetz complexes of Stavropol territory, *Mikromorfologiya antropogenno izmenennykh pochv*, Moscow, Nauka Publ., 1988, pp. 106–114 (in Russian).

9. Gubin S.V. Diagnostics of the early stages of change in the three-member soil complexes of the Caspian lowland during their reclaiming, *Mikromorfologiya antropogenno izmenennykh pochv*, Moscow, Nauka Publ., 1988, pp. 80–88 (in Russian).

10. Khitrov N.B. *Physical and chemical properties of soils of kastanozem-solonetz complexes and their use for diagnosis and reclamative value*, candidate's thesis, Moscow, 1982, 321 p. (in Russian).

11. Khitrov N.B. Variations and spatial patterns of change in the thickness of the soil horizons of meadow kastanozems of the solonetz complex, *Problemy pochvovedeniya. K 75-letiju so dnja rozhdenija L. L. Shishova*: proceedings, Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute Publ., 2006, pp. 138–173 (in Russian).

12. Khitrov N.B. The choice of diagnostic criteria to judge the development of the solonetzic process in soils, *Eurasian Soil Science*, 2004, T. V. 37, No. 1, pp. 12–23.

13. Khitrov N.B., Novikova N.M., Vyshivkin A.A., Volkova N.A. Solonetz complex of the Northern Caspian lowland: phyto- and pedodiversity, relationships between soils, microrelief and plant communities, variation under climate changes and grazing impact, *Ecosystems: ecology and dynamics*, 2018, T. V. 2, No. 1, pp. 34–72 (in Russian).

14. Khitrov N.B., Ponizovskij A.A. *Guide to laboratory methods for studying the ion-salt composition of neutral and alkaline mineral soils*, Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute Publ., 1990, 236 p. (in Russian).

15. Khitrov N.B., Rukhovich D.I., Bryzhev A.V., Kalinina N.V., Rogovneva L.V., Vlasenko V.P. The geography of vertisols and vertic soils in the Kuban-azov lowland, *Eurasian Soil Science*, 2015, T. V. 48, No. 7, pp. 671–688. doi: 10.1134/S1064229313050037

16. *Soil classification and diagnostics of the USSR*, Moscow, Kolos Publ, 1977, 221 p. (in Russian).

17. Kovenja S.V. Investigation of the movement of highly dispersed mineral particles in sod-podzolic soil by the method of radioactive indicators: Extended abstract of candidate's thesis, Leningrad, 1972, 14 p. (in Russian).
18. Kozlovskii F.I., Korolyuk T.V., Kopikova L.P. The significance of the structure of soil cover in soil-reclamation studies in the dry steppe zone, *Kartografiya pochv i struktura pochvennogo pokrova*, Moscow, Nauka Publ., 1980, pp. 108–132 (in Russian).
19. 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, T. V. 42, No. 3, pp. 237–250. doi 0.1134/S1064229309030016
20. 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, T. V. 44, No. 7, pp. 753–765. doi: 10.1134/S1064229311070106
21. Lebedeva M.P., Konyushkova M.V., Khokhlov S.F. 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, V. 8, No. 2, pp. 164–182. doi: <https://doi.org/10.3232/SJSS.2018.V8.N2.03>
22. 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, V. 23, pp. 118–139.
23. Lebedeva (Verba) M.P., Sizemskaja 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 (in Russian).
24. Lyubimova I.N., Khan V.V., Salpagarova I.A. Diagnosis of solonetzic process in virgin and agrogenically transformed soils of different regions, *Eurasian Soil Science*, 2014, T. V. 47, No. 9, pp. 863–872. doi 10.1134/S1064229314070102
25. Lyubimova I.N., Motuzov V.Y., Bondarev A.G. Modern tendencies of changes in the properties of virgin and post-irrigational soils of solonetzic complexes on the Privolzhskaya ridge, *Eurasian Soil Science*, 2011, T. V. 44, No. 10, pp. 1152–1160.
39. Lyubimova I.N., Salpagarova I.A., Khan V.V. The degree of Intensity of Solonetzic Process Within the Virgin Soils and Soils with agrogenic transformation in Solonetzic complexes of froes-steppe and dry steppe zones, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016, T. V. 84, pp. 46–60. doi: 10.19047/0136-1694-2016-84-46-60 (in Russian)
26. Pankova E.I., Chernousenko G.I. Comparison of chestnut soils of central asia with their analogues in the other soil-geographical provinces of the arid steppe zone of the sub-boreal eurasian belt, *Arid ecosystems*, 2018, No. 2 (75), pp. 13–22.
27. *Field guide to soils of Russia*, Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute Publ., 2008, 150 p. (in Russian).

28. Pol'skij M.N. Agrophysical features of solonchak solonetztes as an object of land reclamation, *Nauchnye osnovy osvoenija polupustyni severo-zapadnogo Prikaspija*, Proceedings of the Institute Iesa, AN SSSR Publ., 1958, T. V. XXXVIII, pp. 58–73 (in Russian).
29. Rode A.A., Jarilova E.A., Rashevskaja I.M. Some genetic features of dark coloured soils of large depressions, *Soviet Soil Science*, 1960, No. 8, pp. 1–13.
30. Rogov V.V. *Fundamentals of cryogenesis (study guide)*, Novosibirsk, Academic Publishing House Geo Limited Publ., 2009, 203 p. (in Russian).
31. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. *Classification and diagnostics of russian soils*, Smolensk, Ojkumena Publ., 2004, 342 p. (in Russian).
32. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. *Methods for studying physical properties of soils*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 416 p. (in Russian).
33. Van Vliet-Lanoe B. Frost action, *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, Amsterdam, Elsevier Publ., 2010, pp. 81–108.
34. Varlamov E.B., Lebedeva M.P., Churilin N.A., Churilina A.E. Profile distribution of minerals in textural fractions of different dimensions in the solonets in dry steppe zone of Russia, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, V. 93, pp. 144–172. doi: 10.19047/0136-1694-2018-93-144-168
35. Yarilova E.A. Features of the micromorphology of the solonetztes in chernozem and kastanozem zones, *Micromorphological method in the study of soil genesis*, Moscow, Nauka Publ., 1966, pp. 58–75 (in Russian).
36. Pankova E.I.; Vorobyova L.A., Gadzhiyev I.M., Gorokhova I.N., Elizarova T.N., Korolyuk T.V., Lopatovskaya O.G., Novikova A.F., Reshetov G.G., Skripnikova M.I. et al. *Salt-affected soils of Russia*, Moscow, Akademkniga Publ., 2006, 854 p. (in Russian).
37. Zimovec B.A. Corrections in Saline Soils Classification in Russia, *Eurasian Soil Science*, 1995, No. 1, pp. 84–91 (in Russian).

Ссылки для цитирования

Плотникова О. О., Лебедева М. П. Черты сходства и различия микро-строения богарных и орошаемых почв каштановых, солонцовых комплексов Приставропольской наклонной равнины // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 94. С. 74-100. doi: 10.19047/0136-1694-2018-94-74-100

For citation:

Plotnikova O. O., Lebedeva M. P. The features of similarity and difference in the microstructure of bogharic and irrigated soils of kastanozem-solonetz complexes of the Pristavropolskaya sloping plain, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, V. 94, pp. 74-100. doi:10.19047/0136-1694-2018-94-74-100