

УДК 631.4

ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ В СОЛОНЦЕ ЕРГЕНЕЙ

© 2018 г. **Н. П. Чижикова**, **Н. Б. Хитров***,
Е. Б. Варламов, **Н. А. Чурилин**

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

**e-mail: khitrovnb@gmail.com*

Рассмотрен минералогический состав ила (<1 мкм), тонкой (1–5 мкм), средней (5–10 мкм) пыли и более крупных фракций (>10 мкм) солонца светлого мелкого солончакового сильнозасоленного сульфатно-хлоридного высококарбонатного гипсодержащего легкосуглинисто-легкоглинисто-тяжелосуглинистого на лёссовидных суглинках (Chromic Calcic Gypsic Endosalic Solonetz (Albic, Episiltic, Epiclayic, Endoloamic, Columnic, Cutanic, Differentic)) на наиболее высокой восточной части возвышенности Ергени приблизительно в 70 км севернее Элисты (Калмыкия). Исследованный профиль солонца сформирован на однородных эловых лёссовидных суглинистых отложениях. Элювиально-иллювиальное распределение ила по профилю солонца сопровождается изменением соотношения глинистых минералов в надсолонцовом и солонцовом горизонтах. В надсолонцовом элювиальном гор. SEL происходит: 1) разрушение смешанослойных образований слюда-сметитового типа с остаточным сохранением смешанослойных хлорит-вермикулитов в иле; 2) относительное накопление гидрослюд триоктаэдрического типа в иле; 3) вынос илистых (<1 мкм) частиц вниз по профилю. В солонцовом гор. BSN иллювиально накапливаются смешанослойные слюда-сметитовые образования с высоким содержанием смектитовых пакетов. Это накопление является относительным в составе ила и абсолютным в солонцовом горизонте по сравнению с почвообразующей породой. Коэффициент дифференциации по содержанию смешанослойных образований в составе ила меньше, а в составе почвы в целом больше, чем степень иллювиированности ила. Пылеватые фракции состоят из кварца, плагиоклазов, калиевых полевых шпатов, слюд с примесью хлорита и каолинита. Увеличение размера фракции сопровождается увеличением содержания кварца (с 20–27% в тонкой пыли до 50–58% во фракции >10 мкм), плагиоклазов (с 10–13 до 21–28%), калиевых полевых шпатов (с 9–13 до 15–20%) и уменьшением содержания слюд (с 30–40 до 4–9%). Распределение минералов во фракциях пыли по профилю солонца относительно равномерное.

Ключевые слова: смешанослойные образования, гидрослюды, слюды, кварц, плагиоклазы, илестая фракция, тонкая пыль, средняя пыль, дифференциация профиля солонца

DOI: 10.19047/0136-1694-2018-91-63-84

ВВЕДЕНИЕ

В России солонцы и солонцеватые почвы занимают 30.8 млн га. Встречаются в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах. Выделяются также изолированные солонцовые территории в Забайкалье, центральных районах Якутии и Минусинской котловине. Наибольшее количество солонцовых земель находится в Поволжье и Западной Сибири – 11.6 и 10.2 млн га соответственно. Солонцы не образуют сплошного покрова, а залегают пятнами разной площади и конфигурации среди зональных почв, образуя комплексы и сочетания с разным долевым участием. В некоторых регионах России (Дагестане, Калмыкии, востоке Ставропольского края и Ростовской области, Нижнем Поволжье, юге Западной Сибири) солонцовые почвы занимают значительную долю в почвенном покрове.

Имеется большое количество данных о генезисе, свойствах, функционировании почв солонцовых комплексов, изменению их при мелиоративных воздействиях (К.К. Гедройц, К.Д. Глинка, В.А. Ковда, А.Ф. Большаков, Е.Н. Иванова, И.Н. Антипов-Карагаев, Н.И. Базилевич, К.П. Пак, Э.А. Корблюм, Б.А. Зимовец, М.Б. Минкин, В.П. Калинин, В.И. Тюльпанов, Н.И. Годунова, Л.В. Березин, В.Н. Михайличенко, Н.П. Панов, И.Н. Любимова, I. Scabolch, W.P. Kelly, E. Bresler, V.L. McNeal, K.Darab, V. Murphy и др.).

Сведения о минералогическом составе и его распределении по почвенному профилю в почвах солонцовых комплексах сухостепной подзоны имеют и чисто качественный ([Володин, 1972](#); [Калмыков и др., 1972](#); [Девятых, 1980](#)) и полуколичественный характер ([Борзенко и др., 2003](#); [Воронин, 1962](#); [Воронин и др., 1972](#); [Гончарова, Панов, 1970](#); [Корнблум и др., 1972а, 1972б](#); [Дементьева, 1975](#); [Соколова и др., 1989](#); [Травникова, 1968](#); [Травникова, Мясников, 1973](#)).

Специального сопоставления минералогического состава почв солонцовых комплексов разных регионов не проводили.

Сравнение четырех профилей солонцов из разных районов Венгрии выполнено [Szoor et al. \(2008\)](#). Общие черты и различия минералогического состава почв солонцовых комплексов Приобского плато, Кулундинской и Барабинской низменностей установлены на основе систематизации материалов прежних исследований ([Чижикова, Хитров, 2016](#)).

В пределах сухостепной подзоны междуречья Маныча, Волги и Дона минералогический состав почв солонцовых комплексов, развитых на лёссовидных суглинках, исследован на 1-й террасе Маныча ([Корнблум и др., 1972а, 1972б](#)), в Зимовниковском и Ремонтненском районах Ростовской области на междуречье Сала и Маныча ([Калмыков и др., 1972](#)), в южной ([Татьянченко и др., 2013](#)) и северной частях возвышенности Ергени ([Алексеева и др., 2010](#)), в южной части Приволжской возвышенности в Городищенском ([Мотузов и др., 2016](#)) и Фроловском ([Воронин и др., 1972](#)) районах Волгоградской области. Имеются сведения о глинистых минералах солонцов и светло-каштановых почв, развитых на хвалынских суглинистых отложениях, в Сарпинской низменности ([Травникова, Мясников, 1973](#)) и Заволжье на Прикаспийской низменности ([Травникова, 1968](#); [Соколова и др., 1989](#); [Борзенко и др., 2003](#), [Алексеева и др., 2010](#)). Во всех работах отмечается элювиально-иллювиальное распределение ила в солонцах, обеднение надсолонцового горизонта и накопление в солонцовом горизонте набухающих минералов.

Цель – представить распределение минералогического состава разных гранулометрических фракций по профилю солонца мелкого солончакового на лёссовидных суглинках центральной наиболее высокой части возвышенности Ергени.

ОБЪЕКТЫ

Возвышенность Ергени является орографическим продолжением к югу Приволжской возвышенности от Волгограда до долины р. Маныч. Ее протяженность около 350 км, абсолютные высоты до 222 м над ур. м. Восточный склон в сторону Прикаспийской низменности крутой и расчленен многочисленными балками, западный склон, наоборот, очень пологий, постепенно переходящий в долину р. Дон. Балки широкие со сглаженными склонами. Четвертичные отложения представлены скифскими глинами и известняками в

основании и залегающими на них лёссовидными суглинками мощностью до 50–70 м.

На Ергенях грунтовые воды расположены глубоко, но лёссовидные суглинки большой мощности содержат легкорастворимые соли. Поэтому доля почв, содержащих соли в верхнем метре, составляет 50–75%. В почвенном покрове преобладают солонцовые комплексы со светло-каштановыми почвами (Eutric Cambisols (Protocalcic, Bathyprotosalic)). Доля солонцов (Protosalic or Salic Solonetz (Albic, Columnic, Cutanic, Differeintic)) обычно составляет 10–25%, местами до 25–50 и 50–75% от площади комплекса. Солонцы сильно засолены, начиная с 20 (мелкие) или 50 см (глубокие). В светло-каштановых почвах засоление появляется глубже 1 м (глубокосолончаковатые), реже с 50 см (солончаковатые). По составу солей солонцы относятся к хлоридным и хлоридно-сульфатным; светло-каштановые почвы – к сульфатным разновидностям ([Новикова, Конюшкова, 2011](#)).

Исследовали представительный профиль солонца светлого мелкого солончакового высококарбонатного гипсодержащего легкосуглинисто-легкоглинисто-тяжелосуглинистого на лёссовидных суглинках (Chromic Calcic Gypsic Endosalic Solonetz (Albic, Episiltic, Epiclayic, Endoloamic, Columnic, Cutanic, Differentic)). Разр. EP-01 заложен в августе 2015 г. в центральной наиболее высокой части возвышенности Ергени, покрытой мощным плащом эоловых лёссовидных суглинков, в 70 км севернее Элисты (Калмыкия) в 0.5 км к востоку от автотрассы Элиста–Волгоград, координаты: 46°33'43.4" N, 44°17'04.2" E, высота 170 м над ур. м. Участок не подвергался распашке, в настоящее время периодически используется под пастбище. Растительный покров пятнистый, фон представлен разреженными злаками (проективное покрытие 60–70%), среди которого разбросаны пятна полыни белой с редкими злаками (проективное покрытие 50–60%). Разр. EP-01 приурочен к пятну полыни, имеющему поперечники 7 и 14 м.

Приведем морфологическое описание почвенного профиля (индексация горизонтов по [Почвенному определителю почв России](#) (2008)):

Wz_z,e_l, 0–0.5 см, слабогумусированная непрочная дернина – светло-серый с сединой, сухой, пылеватый легкий суглинок, слоистый, переход резкий по обилию корней, граница ровная.

SEL, 0,5–7 см, солонцово-элювиальный (надсолонцовый) горизонт – белесый (10YR 6/3 сух., 10YR 4/3 влажн.), сухой, пылеватый легкий суглинок, пылит, пластинчато-листоватая непрочная структура, собранная в непрочные блоки шириной 8–10 см, толщина пластинок 1–2 мм, верхняя грань пластинок белесая (10YR 6/3 сух.), нижняя – буровато-белесая (10YR 5/3 сух.), пронизан корнями, не образующими дернины, не вскипает от HCl, на контакте с гор. BSN местами есть более светлые участки (10YR 6/2 сух.), переход резкий по структуре, плотности и гранулометрическому составу, граница слабо неровная.

BSN1, 7–11 см, верхняя часть солонцового горизонта – темно-бурый (кутаны на гранях 7.5YR 2.5/3 сух., внутри на срезе 7.5YR 4/2) с белесыми скелетанами на боковых гранях, свежий, легкая глина, плотный, столбчатая структура со слабым округлением верхней грани, покрытой пылеватой скелетаной, ширина отдельных столбиков 1–1.5 см, они собраны в блоки по 3–6 шт. с общим основанием шириной 4–6 см, высота около 4 см, внутри столбики с трудом разделяются на мелкоореховатые агрегаты, сплошь покрытые темными гумусово-глинистыми кутанами, мелкие корни, переход заметный по структуре, граница ровная.

BSN2, 11–15(16) см, средняя часть солонцового горизонта, представляющая собой основание блоков столбиков гор. BSN1 – цвет и гранулометрический состав как в гор. BSN1, свежий, структура призматическая высшего порядка, состоящая из мелкоореховатых и зернистых агрегатов, сплошь покрытых темно-бурыми глинистыми кутанами, по магистральным трещинам грани блоков покрыты тонкими белесыми скелетанами отмытых пылеватых частиц, мелкие корни, не вскипает от HCl, переход постепенный по осветлению окраски на срезе (за счет уменьшения доли кутан на срезе), граница слабо неровная.

BSN3, 15(16)–19(20) см, нижняя часть солонцового горизонта без карбонатов – красновато-бурый (7.5YR 4/3), светлее, чем BSN2, за счет меньшего количества глинистых кутан, остальные признаки такие же, переход резкий по вскипанию, граница слабо неровная.

BSN4ca, 19(20)–22 см, самая нижняя часть солонцового горизонта с карбонатами – бурый (7.5YR 4/4 на гранях, 7.5YR 6/4 на срезе), свежий, легкая глина, призматическая структура, собранная из ореховатых агрегатов с глинистыми кутанами, бурно вскипает от HCl, выделений карбонатов нет, переход заметный по цвету и появлению карбонатных выделений, граница ровная.

BCA1nc, 22–40 см, аккумулятивно-карбонатный горизонт – светло-бурый (фон 10YR 5/4) с обильными белесыми (10YR 8/2) пятнами карбонатов, свежий, плотный, тяжелый суглинок или легкая глина, глыбистый, структура ореховатая, глинистые кутаны встречаются крайне редко, бурное сплошное вскипание от HCl, карбонаты в виде

вытянутых в вертикальном направлении обширных пятен рыхлых скоплений с диффузным окружением, создают сплошную сеть, редкие мелкие корни, ходы муравьев и других насекомых, переход заметный по обилию карбонатных выделений, граница ровная.

BCA2nc, 40–50 см, аккумулятивно-карбонатный горизонт с меньшим (приблизительно в 4 раза) обилием карбонатов в виде диффузной белоглазки, переход заметный по появлению гипса, граница ровная.

BCAnc,cs, 50–120 см, аккумулятивно-карбонатный горизонт с гипсом – желтовато-бурый (10YR 5/5), свежий, пылеватый тяжелый суглинок, отличается от BCA2nc наличием сетки мучнистого и мелкокристаллического гипса с отдельными гипсанами на боковых гранях, переход постепенный по обилию выделений гипса и исчезновению белоглазки, граница ровная.

BCsa,cs, 120–155 см, переходный горизонт к почвообразующей породе с гипсом, карбонатами – желтовато-бурый (10YR 5/5), свежий, пылеватый тяжелый суглинок, структура непрочная призматическая, бурное сплошное вскипание от HCl при отсутствии выделений карбонатов, прожилки мелкокристаллического гипса, переход постепенный по обилию гипса, граница ровная.

Csa,cs, 155–195+ см, желто-бурый лёссовидный тяжелый суглинок с прожилками гипса.

Название почвы:

По [классификации почв СССР \(1977\)](#): солонец степной каштановый мелкий солончаковый сильнозасоленный сульфатно-хлоридный с гипсом глинистый на лёссовидных тяжелых суглинках.

По [классификации почв России \(2004, 2008\)](#): солонец светлый мелкий солончаковый сильнозасоленный сульфатно-хлоридный гипсодержащий высококарбонатный легкосуглинисто(7)-глинисто(40)-тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках.

По WRB-2015 ([IUSS Working Group WRB, 2015](#)): Chromic Calcic Gypsic Endosalic Solonetz (Albic, Episialtic, Epiclalyic, Endoloamic, Columnic, Cutanic, Differentic, Protocalcic).

МЕТОДЫ

Выделение гранулометрических фракций (<0.1, 1–5, 5–10 и >10 мкм) проведено по методике [Горбунова \(1971\)](#) путем последовательного исчерпывающего отмучивания. Минералогический состав исследовали рентгендифрактометрическим методом с помощью универсального рентгендифрактометра HZG-4a. Съёмка ориентированных препаратов, насыщенных магнием, выполнена в трех

состояниях образца: а) воздушно-сухом, б) сольватированном этиленгликолем в течение 2 суток и в) после прокаливания при 550°C в течение 2 ч. Соотношения основных минеральных фаз в илистой фракции рассчитаны по методу [Бискайя \(1964, 1965\)](#), в пылеватых фракциях – по методу [Кука и др. \(1975\)](#). Состав легкорастворимых солей получен в стандартной водной вытяжке 1 : 5 ([Аринюшкина, 1961](#)).

Для оценки дифференциации верхней части солонцового профиля между надсолонцовым (гор. SEL) и солонцовым (гор. BSN) горизонтами рассчитаны коэффициенты DD_i для гранулометрических фракций и содержания отдельных минералов, аналогичные степени иллювиированности N_i , предложенному А.В. Новиковой и П.Г. Коваливничем ([1969](#)). Общий вид расчета коэффициентов:

$$DD_i = (B - A)/(A+B)100,$$

где DD_i – коэффициент дифференциации по i -му показателю; A и B – содержание i -го компонента в надсолонцовом (гор. SEL) и солонцовом (гор. BSN) горизонтах соответственно; 100 – коэффициент перевода в проценты.

Положительные значения DD_i соответствуют более низкому содержанию i -го компонента в надсолонцовом по сравнению с солонцовым горизонтом, а отрицательные – наоборот, более высокому содержанию i -го компонента в надсолонцовом по сравнению с солонцовым горизонтом. Диапазон $-10\% < DD_i < 10\%$, обусловленный погрешностями измерений и расчетов, принимали как свидетельство отсутствия дифференциации по соответствующему показателю. При содержании компонента менее 2–3% в обоих горизонтах значения DD_i не использовали, поскольку погрешности измерения сопоставимы с возможной разницей значений показателей состава почвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемый мелкий солонец дифференцирован на три группы горизонтов с отличающимся гранулометрическим составом: (1) пылеватым легкосуглинистым в гор. SEL (0–7 см); (2) пылевато-иловатым легкоглинистым в гор. BSN и BCАnc (7–50 см); (3) иловато-пылеватым тяжелосуглинистым в гор. BCАnc,cs, BCca,cs, Cca,cs (глубже 50 см) (табл. 1).

Таблица 1. Гранулометрический состав фракций солонца (разр. ЕР-01)

Горизонт	Глубина, см	Содержание (%) фракций размером, мкм					
		потеря от HCl	<1	1–5	5–10	>10	<10
SEL	0,5–7	0	7.7	11.0	6.9	74.5	25.6
BSN1	7–11	0	24.1	22.5	7.6	45.7	54.2
BSN2	11–15	0	42.4	16.5	3.8	37.3	62.7
BSN3	15–19	0	28.9	18.6	5.6	46.9	53.1
BSN4ca	19–22	16.2	21.6	13.7	4.5	44.0	56.0
BCA1nc	22–40	26.9	17.8	7.3	3.0	44.9	55.0
BCAnc,cs	60–85	16.2	24.1	4.4	2.8	52.6	47.5
BCCa,cs	125–145	18.4	24.7	6.5	4.2	46.3	53.8
Cca,cs	175–185	13.8	20.7	3.8	2.5	59.2	40.8
	DD_i		61.0	27.2	–9.5	–26.5	

Показатель иллювируемости ила N_i равен 61%. Дифференциация верхней части профиля (0–20 см) по другим гранулометрическим фракциям в ходе почвообразования также заметна ($DD_{1-5 \text{ мкм}} = 27.2\%$, $DD_{>10 \text{ мкм}} = -26.5\%$), исключение составляет фракция средней пыли ($DD_{5-10 \text{ мкм}} = -9.5\%$). При этом содержание тонкой пыли (1–5 мкм) так же, как и ила, уменьшается в гор. SEL и накапливается в гор. BSN. Обратное распределение имеет фракция <10 мкм, ее относительное накопление происходит в элювиальном гор. SEL.

Солонец имеет традиционный солевой профиль. Засоление сильное хлоридно-сульфатное ($Cl/SO_{4\text{токс}} 0.9-0.98$) магниевонариевое с гипсом в средней и сульфатно-хлоридное ($Cl/SO_{4\text{токс}} 1.5-1.9$) магниевонариевое с гипсом в нижней частях профиля солонца (гор. BCAnc,cs, BCca,cs, Cca,cs; сумма токсичных солей 0.57–0.88%), хлоридное ($Cl/SO_{4\text{токс}} 2.7-5.1$) натриевое с участием соды слабое в гор. BSN и среднее в гор. BCAnc ($pH > 8.3$, общая щелочность 0.6–1.14 смоль(экв)/кг, $CO_3^{2-} - 0.03-0.1$ смоль(экв)/кг) и отсутствует в надсолонцовом гор. SEL (рис. 1, 2).

Первым солевым горизонтом является солонцовый гор. BSN1, начинающийся с глубины 7 см. Соли могут выщелачиваться атмосферными осадками из надсолонцового гор. SEL и частично солонцового гор. BSN. Явное доминирование хлоридов в солонцовом гор. BSN и верхней части аккумулятивно-карбонатного гор. BCAnc с максимумом отношения $Cl/SO_{4\text{токс}}$ на глубине около

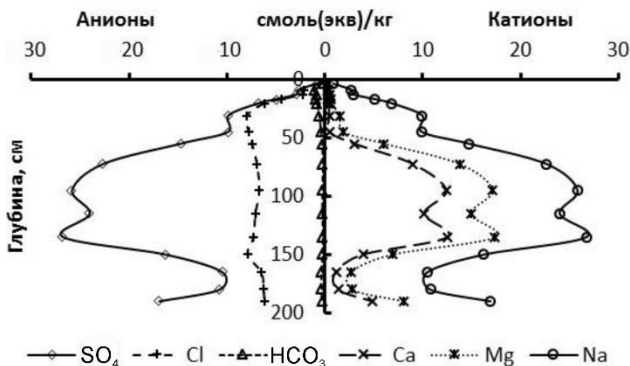


Рис. 1. Солевой профиль солонца (разр. EP-01).

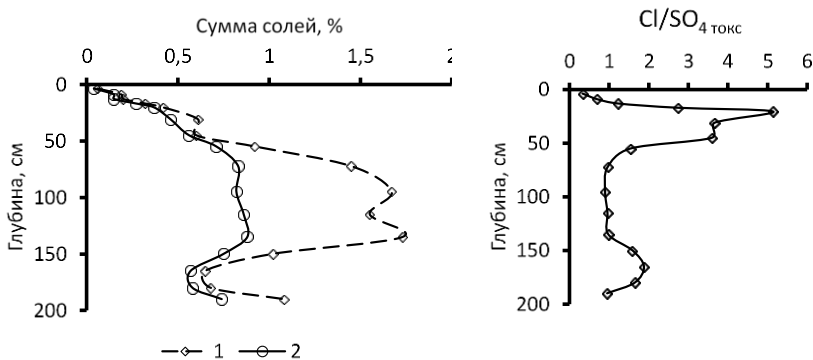


Рис. 2. Распределение (А) общей суммы солей (1), суммы токсичных солей (2) и (Б) отношения $Cl/SO_4_{\text{токс}}$ по профилю солонца (разр. EP-01).

20 см в окарбоначенной части солонцового гор. BSNca свидетельствует о тенденции подтягивания солей из нижней части профиля вверх. Максимум карбонатов, существенно превышающий 15% $CaCO_3$, приурочен к гор. BCAnс на глубине 22–40 см. Гипс встречается во всех горизонтах глубже 50 см с максимумом обилия выделений в гор. BCAnс,cs.

Минералогический состав фракции менее 1 мкм почвообразующих лёссовидных суглинков представлен ассоциацией глинистых и сопутствующих минералов. Основу фракции составляет смектитовая набухающая фаза (41–48%), представленная сложными смешанослойными слюда-смектитовыми образования с высо-

Таблица 2. Соотношение основных минеральных фаз фракции <1 мкм (разр. EP-01)

Горизонт	Глубина, см	Ил, %	$I_{1.0 \text{ нм}}/I_{0.5 \text{ нм}}$	Фракция <1 мкм				Почва в целом, %			
				СМ	ГС	Х	К	СМ	ГС	Х	К
SEL	0.5–7	7.7	3.6	28	61	5	6	2.1	4.7	0.4	0.5
BSN1	7–11	24.1	2.5	59	35	3	3	14.1	8.5	0.7	0.8
BSN2	11–15	42.4	2.5	57	36	4	4	24.3	15.1	1.5	1.5
BSN3	15–19	28.9	2.6	55	37	4	4	15.9	10.8	1.0	1.2
BSN4ca	19–22	21.6	2.9	47	45	4	5	10.1	9.6	0.8	1.0
BCA1nc	22–40	17.8	2.2	53	37	4	5	9.5	6.6	0.8	0.9
BCAnc,cs	60–85	24.1	2.3	45	45	5	6	10.7	10.7	1.1	1.5
BCca,cs	125–145	24.7	3.0	41	49	5	5	10.2	12.0	1.2	1.3
Сca,cs	175–185	20.7	2.4	48	43	5	4	9.9	8.9	1.0	0.9
	DD_i	61	–18	34.1	–25.8	–14.9	–23.7	79.2	42	46.7	41.2

Примечание. Ил – содержание фракции <1 мкм; $I_{1.0 \text{ нм}}/I_{0.5 \text{ нм}}$ – отношение интенсивностей рефлексов первого и второго порядка для гидрослюды; СМ – смешанослойные образования; ГС – гидрослюды; Х – хлорит; К – каолинит.

ким содержанием смектитовых пакетов (рис. 3, табл. 2). Рефлексы дифракционной картины от этого образования характеризуются высокой интенсивностью и симметричностью. При сольватации образцов этиленгликолем отмечается набухание минералов и сдвиг межплоскостного расстояния с 1.4 до 1.7 нм. Это образование присутствует во всем профиле. Помимо слюда-смектитов в составе ила присутствуют сильно гидратированные три- и диоктаэдрические гидрослюды (43–49%), совершенный каолинит (4–6%), диоктаэдрический магнезиально-железистый хлорит (5%). Солонцовый процесс привел к перераспределению минералов исходного лёссовидного суглинка в верхней части профиля 0–22 см.

В гор. SEL преобладают гидрослюды преимущественно триоктаэдрического типа ($I_{1.0 \text{ нм}}/I_{0.5 \text{ нм}} = 3.6$), содержание смешанослойных образований становится существенно более низким (28%), присутствуют каолинит и хлорит, наиболее высокое содержание высокодисперсного кварца по сравнению с остальной часть профи-

Гор. SEL, 0,5-7 см

Гор. BSN1, 7-11

Гор. BCAlnc,cs, 60-85 см

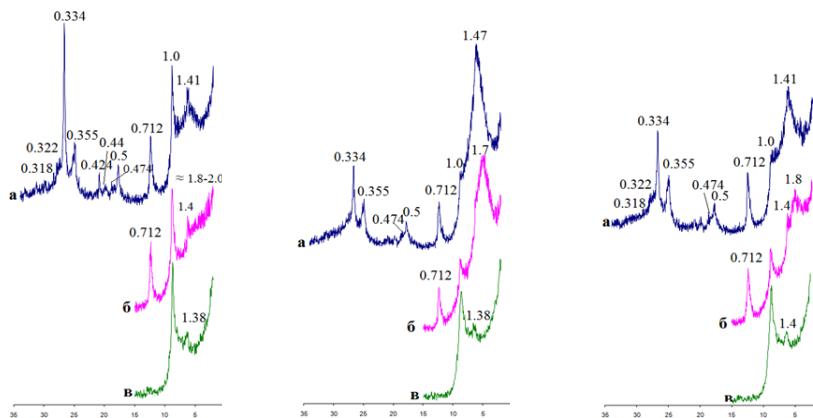


Рис. 3. Рентгендифрактограммы выборочных горизонтов солонца (разр. EP-01): а – воздушно-сухое состояние образца, б – после сольватации этиленгликолем, в – после прокаливания при 550°C в течение 2 ч, межплоскостные расстояния в нанометрах.

ля, небольшая примесь калиевых полевых шпатов и плагиоклазов. Смешанослойные образования представлены слюда-сметитами и хлорит-вермикулитами. Смешанослойное образование с высоким содержанием смектитовых пакетов в гор. SEL фактически разрушено.

В солонцовом гор. BSN резко увеличивается содержание набухающей фазы слюда-сметитов до 55–59%, относительно уменьшается до 35–37% содержание сильно гидратированных гидрослюд, и до 3–4% каолинита и хлорита. Судя по кристаллохимическим параметрам, минералы солонцового горизонта мало отличаются от таковых нижележащей толщи профиля (рис. 3).

Элювиально-иллювиальное распределение илистой фракции сопровождается заметным изменением содержания неупорядоченных сложных смешанослойных слюда-сметитовых образований и гидрослюд, как в составе ила, так и в почве в целом. В результате коэффициент дифференциации по содержанию смешанослойных образований в составе ила $DD_{см-ил}$ равен 34.1%, а в составе почвы в целом $DD_{см-почва}$ 79.2%. Первый из них меньше, а второй – больше, чем степень иллювируемости ила ($N_i = 61\%$). Это означает, что

обеднение гор. SEL смектитовыми образованиями происходит одновременно и за счет их разрушения (относительное уменьшение в составе ила и изменение типа образований), и за счет миграции в пептизированном состоянии вниз по профилю. Для гидрослюд аналогичные показатели имеют отрицательное значение в составе ила $DD_{гс-ил} = -25.8\%$ и положительное – в почве в целом $DD_{гс-почва} = 42\%$. По абсолютной величине оба коэффициента меньше N_i . Из этого следует, что гидрослюды перемещаются в составе пептизируемого ила, накапливаются вместе с ним в солонцовом горизонте в относительно меньшем количестве, чем смешанослойные образования, и относительно возрастает их доля в надсолонцовом в результате селективного выноса и частичного разрушения смешанослойных образований.

Фракция тонкой пыли состоит из кварца (20–27%), ди- (мусковит) и триоктаэдрических (биотит) слюд (30–42%), калиевых полевых шпатов (10–13%), плагиоклазов (9–14%), хлорита (4–7%) и каолинита (1–3%) (табл. 3). Содержание всех минералов в составе фракции можно считать относительно равномерным с заметной незакономерной вариабельностью по профилю. Коэффициенты дифференциации содержания минералов в составе фракции по абсолютной величине не превышают 6.5%. По этой причине содержание минералов тонкой пыли при расчете на почву в целом практически повторяет распределение самой гранулометрической фракции по профилю. Вместе с тем рентгендифрактометрический анализ фракции тонкой пыли свидетельствует о наличии смешанослойных образований в солонцовом горизонте. Учитывая, что при гранулометрическом фракционировании этого горизонта получено повышенное содержание частиц 1–5 мкм, можно предположить, что наблюдаемое завышение содержания фракции тонкой пыли обусловлено сохранением неразрушенных некоторых агрегатов глинистых частиц.

Фракция средней пыли (5–10 мкм) имеет такой же минералогический состав, как и тонкая пыль, отличаясь только количеством. Наблюдается более высокое содержание кварца (приблизительно на 10%), плагиоклазов, калиевых полевых шпатов и, наоборот, более низкое содержание слюд, хлорита и каолинита. Распределение всех минералов по профилю практически равномерное.

Таблица 3. Содержание минералов фракции 1–5 мкм солонца (разр. ЕР-01)

Горизонт	Глубина, см	ТП, %	$d_{0.01\mu m}$ $I_{0.5\mu m}$	Содержание минералов											
				Кв	Пл	КПШ	Сл	Х	К	Кв	Пл	КПШ	Сл	Х	К
				% от почвы в целом											
Фракция 1–5 мкм															
SEL	0.5–7	11.0	2.7	27	11	12	38	5	1	2.9	1.2	1.3	4.2	0.5	0.8
BSN1	7–11	22.5	2.6	20	10	13	37	7	3	4.6	2.3	2.8	8.3	1.6	2.9
BSN2	11–15	16.5	2.3	25	12	12	34	6	2	4.2	1.9	2.0	5.6	1.0	1.8
BSN3	15–19	18.6	2.7	26	13	14	30	7	2	4.7	2.5	2.5	5.6	1.3	2.0
BSN4ca	19–22	13.7	2.9	20	11	11	43	5	2	2.8	1.4	1.5	5.8	0.7	1.5
BCA1nc	22–40	7.3	3.0	22	10	11	37	7	1	1.6	0.7	0.8	2.7	0.5	1.0
BCAnc,cs	60–85	4.4	2.6	28	11	9	37	5	1	1.2	0.5	0.4	1.6	0.2	0.5
BCca,cs	125–145	6.5	3.0	22	12	10	42	4	1	1.4	0.8	0.6	2.7	0.3	0.7
Cca,cs	175–185	3.8	2.7	26	11	10	37	5	0	1.0	0.4	0.4	1.4	0.2	0.4
<i>DDi</i>		27.2	-3.8	-6.5	3.1	4	-6						21.5		
Фракция 5–10 мкм															
SEL	0.5–7	6.9	3.4	38	20	15	22	2	4	2.6	1.4	1.0	1.5	0.1	0.3
BSN1	7–11	7.6	2.3	29	16	15	28	5	8	2.2	1.2	1.1	2.1	0.4	0.6
BSN2	11–15	3.8	2.3	36	18	16	19	4	7	1.4	0.7	0.6	0.7	0.2	0.2
BSN3	15–19	5.6	2.4	35	17	14	22	5	7	2.0	1.0	0.8	1.2	0.3	0.4
BSN4ca	19–22	4.5	2.3	33	18	15	24	4	6	1.5	0.8	0.7	1.1	0.2	0.3
BCA1nc	22–40	3.0	2.4	33	14	12	27	5	10	1.0	0.4	0.4	0.8	0.1	0.3
BCAnc,cs	60–85	2.8	3.4	32	16	10	30	4	8	0.9	0.4	0.3	0.8	0.1	0.2
BCca,cs	125–145	4.2	3.4	30	15	10	33	3	8	1.2	0.6	0.4	1.4	0.1	0.4
Cca,cs	175–185	2.5	2.6	33	14	11	29	4	9	0.8	0.4	0.3	0.7	0.1	0.2
<i>DDi</i>		-9.5	-19.3	-6.6	-8.1	0	2.2								

Горизонт	Глубина, см	ТП, %	$I_{1.0\text{мкм}}$ $I_{0.5\text{мкм}}$	Содержание минералов											
				% от фракции						% от почвы в целом					
				Кв	Пл	КПШ	Сл	Х	К	Кв	Пл	КПШ	Сл	Х	К
Фракция >10 мкм				58	22	14	5	tr	42.9	16.5	10.6	3.5	0.2		
SEL	0.5-7	74.5	7.2	55	25	16	2	2	25.0	11.2	7.4	1.0	0.9		
BSN1	7-11	45.7	0.4	55	23	17	4	tr	20.4	8.4	6.3	1.3	0.1		
BSN2	11-15	37.3	2.6	56	21	15	6	1	26.4	10.0	6.9	2.6	0.3		
BSN3	15-19	46.9	2.3	53	22	17	4	2	23.5	9.6	7.5	1.8	0.7		
BSN4ca	19-22	44.0	1.0	53	23	16	5	1	23.7	10.2	7.3	2.2	0.5		
BCA1nc	22-40	44.9	2.2	46	28	20	4	1	24.4	14.8	10.3	2.2	0.5		
BCAnc,cs	60-85	52.6	1.4	50	21	17	9	1	23.2	9.9	7.7	4.1	0.4		
BCca,cs	125-145	46.3	3.5	52	24	15	7	1	30.8	14.0	8.6	4.1	0.4		
Cca,cs	175-185	59.2	2.5	-2.4	2.2	6.7			-28.4	-25	-21.1	-37.3			
DDi		-26.5	-60												

Примечание. ТП – фракция тонкой пыли (1-5 мкм); Кв – кварц; Пл – плагиоклазы; КПШ – калиевые полевые шпаты; Сл – слюды; Х – хлорит; К – каолинит.

Минералогический состав фракции >10 мкм представлен кварцем (46–58%), плагиоклазами (21–28%), калиевыми полевыми шпатами (14–20%), слюдами (2–9%) и незначительной примесью хлорита (менее 2%). Распределение всех минералов в составе фракции по профилю практически равномерное. Коэффициенты дифференциации по абсолютной величине не превышают 6.7%. В результате, относительное накопление фракции > 10 мкм в надсолонцовом гор. SEL предопределило аналогичное накопление в нем кварца, калиевых полевых шпатов, плагиоклазов и слюд. При этом значения коэффициентов дифференциации имеют отрицательные значения со сравнительно узким диапазоном изменения (–21...–37%) для самой фракции и содержания отдельных минералов.

Возможность сопоставления полученных данных по солонцу центральной наиболее возвышенной части возвышенности Ергени с литературными данными по почвам региона ограничена использованием устаревшей диагностики минералов ([Воронин и др., 1972](#)), или отсутствием рентгендифрактограмм и расчетов содержания минералов ([Калмыков и др., 1972](#)), или другими способами расчета содержания глинистых минералов ([Корнблом и др., 1972а, 1972б](#); [Травникова, Мясников, 1973](#); [Соколова и др., 1989](#); [Борзенко и др., 2003](#)), или несовпадением верхней границы выделяемой гранулометрической фракции (<2 мкм), предполагающим захват части тонкопылеватых частиц, в составе которых заметную роль играют кварц и полевые шпаты ([Алексеева и др., 2010](#); [Татьянченко и др., 2013](#)). Данные по минералогическому составу пылеватых фракций, полученные методом шлихового анализа с диагностикой под поляризационным микроскопом с использованием иммерсионных жидкостей, имеются только для почв южной части Приволжской возвышенности ([Воронин и др., 1972](#)). При этих ограничениях можно отметить следующее. Состав глинистых минералов в исследованном профиле солонца сопоставим с литературными данными ([Калмыков и др., 1972](#); [Корнблом и др., 1972а, 1972б](#); [Травникова, Мясников, 1973](#); [Соколова и др., 1989](#); [Борзенко и др., 2003](#); [Алексеева и др., 2010](#); [Татьянченко и др., 2013](#)). Элювиально-иллювиальная дифференциация солонцов центральной (разр. ЕР-01) и северной ([Алексеева и др., 2010](#)) части Ергеней имеет сходные черты, заключающиеся, во-первых, в разрушении смектитовой фазы в элювиальном горизонте, во-вторых, в иллювиальном накоплении

смектитовой фазы в составе ила и при расчете на почву в целом в солонцовом горизонте, в-третьих, в иллювиальном накоплении гидрослюд в солонцовом горизонте при расчете на почву в целом. При этом повышенное содержание кварца во фракции <2 мкм, отмечаемое [Алексеевой и др. \(2010\)](#), обусловлено, прежде всего, облигатным наличием этого минерала в составе частиц 1–2 мкм.

ВЫВОДЫ

1. Исследованный профиль солонца мелкого солончакового на возвышенности Ергени сформирован на сравнительно однородных эоловых лёссовидных суглинистых отложениях. Минералогический состав фракции <1 мкм представлен смешанослойными слюда-смектитовыми образованиями, ди- и триоктаэдрическими гидрослюдами (по 40–50% каждого), каолинитом и хлоритом (до 10% в сумме). Более крупные фракции состоят из кварца, плагиоклазов, калиевых полевых шпатов, слюд с примесью хлорита и каолинита. Увеличение размера фракции сопровождается увеличением содержания кварца (с 20–27% в тонкой пыли до 50–58% во фракции >10 мкм), плагиоклазов (с 10–13 до 21–28%), калиевых полевых шпатов (с 9–13 до 15–20%) и уменьшением содержания слюд (с 30–40 до 4–9%).

2. Элювиально-иллювиальное распределение ила по профилю солонца сопровождается изменением соотношения глинистых минералов в надсолонцовом и солонцовом горизонтах.

3. В надсолонцовом элювиальном гор. SEL происходит (1) разрушение смешанослойных образований слюда-смектитового типа с остаточным сохранением смешанослойных хлорит-вермикулитов в иле; (2) относительное накопление гидрослюд триоктаэдрического типа в иле; (3) вынос илистых (<1 мкм) частиц вниз по профилю. В солонцовом гор. BSN иллювиально накапливаются смешанослойные слюда-смектитовые образования с высоким содержанием смектитовых пакетов. Это накопление является и относительным в составе ила, и абсолютным в солонцовом горизонте по сравнению с почвообразующей породой.

Благодарность. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 15-04-08528.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеева Т.В., Алексеев А.О., Демкин В.Д., Алексеева В.А., Соколова З., Хайнс М., Калинин П.И.* [Физико-химические и минералогические признаки солонцового процесса в почвах нижнего Поволжья в позднем голоцене](#) // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1171–1189.
2. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1961. 491 с.
3. *Борзенко С.Г., Дронова Т.Я., Колесников А.В., Соколова Т.А., Толпешта И.И., Сиземская М.Л.* [Химико-минералогическая характеристика солончакового солонца и лугово-каштановой почвы](#) // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 2003. № 3. С. 3–8.
4. *Володин В.М.* Состав и свойства малонатриевых солонцов каштановой зоны Северного Казахстана // Мелиорация солонцов. М.: Наука, 1972. Ч. 1. С. 106–120.
5. *Воронин А.Д.* Химический и минералогический состав фракций механических элементов комплекса почв светло-каштановой подзоны // Доклады Высшей Школы. Биол. науки. 1962. № 1.
6. *Воронин А.Д., Манучаров А.С., Максимова Н.А.* Минералогический и химический состав фракций механических элементов почв темно-каштановой подзоны // Почвоведение. 1972. № 8. С. 112–123.
7. *Гочарова Н.А., Панов Н.П.* Минералогический состав малонатриевых солонцов Волгоградской области // Известия ТСХА. 1970. Вып. 4. С. 101–110.
8. *Горбунов Н.И.* Методика подготовки почв к минералогическим анализам // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. М.: Наука, 1971. С. 5–15.
9. *Девярых В.А.* Состав илстой фракции каштановых солонцов Волгоградской области // Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв / Тез. докл. Всесоюзного научно-технического совещания. Целиноград, 1980. С. 187–188.
10. *Дементьева Т.Г.* Химико-минералогические особенности почв солонцового комплекса пустынно-степного Заволжья // Почвоведение. 1975. № 4. С. 98–112.
11. *Калмыков А.Г., Минкин М.Б., Небдаило В.Д., Буравчук Н.И.* Минералогический состав высокодисперсной части почв каштаново-солонцовых комплексов юго-востока Ростовской области // Мелиорация солонцов. М.: Наука, 1972. Ч. 1. С. 121–126.
12. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
13. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.

14. Корнблюм Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирина А.Т. Изменение глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоди и солонца // Почвоведение. 1972а. № 1. С. 67–85.
15. Корнблюм Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирина А.Т. Некоторые особенности процессов передвижения глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоди и солонца // Почвоведение. 1972б. № 5. С. 107–120.
16. Мотузов В.Я., Чижикова Н.П., Любимова И.Н. Кристаллохимическая фаза в пептизированной части илистого вещества целинного солонца Приволжской возвышенности // Материалы докл. VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева “Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны”. М.–Белгород. 2016, Ч. 2. С. 460.
17. Новикова А.В., Коваливнич П.Г. О корреляционной зависимости между степенью солонцеватости и степенью иллювирированности в солонцовых почвах Крымского Присивашья // Мелиорация солонцов. Матер. Всесоюзн. научно-технич. совещания по проблеме мелиорации, 1967. Ч. 1. М., 1969. С. 216–227.
18. Новикова А.В., Коваливнич П.Г. Диагностика солонцовых почв по характеру глинистой дифференциации // Почвоведение. 2011. № 8. С. 915–922.
19. Новикова А.Ф., Конюшкова М.В. [Засоленные почвы восточной части Ергеней](#) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2011. Вып. 67. С. 80–94.
20. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
21. Соколова Т.А., Тесленко Л.Н., Романенков В.А. Гранулометрический состав и состав глинистых минералов в целинных и мелиорированных солончаковых солонцах Северного Прикаспия // Биол. науки. 1989. № 12. С. 87–92.
22. Татьяначенко Т.В., Алексеева Т.В., Калинин П.И. Минералогический и химический составы разновозрастных подкуранных палеопочв южных Ергеней и их палеоклиматическая интерпретация // Почвоведение. 2013. № 4. С. 379–392.
23. Травникова Л.С. Минералогический состав фракции <math><1 \mu</math> некоторых солонцов черноземной и каштановой зон // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1968. Вып. 2. С. 52–60.
24. Травникова Л.С., Мясников В.В. [Особенности профиля глинистого материала почв солонцового комплекса лимана Б. Царын, Сарпинской низменности](#) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1973. Вып. 6. С. 100–109.
25. Чижикова Н.П., Хитров Н.Б. Разнообразие глинистых минералов почв солонцовых комплексов юго-востока Западной Сибири // Почвоведение. 2016. № 12. С. 1506–1520.

26. *Biscaye P.E.* Distinction between kaolinite and chlorite in recent sediments by X-ray diffraction // *Am. Mineralogist*. 1964. V. 49. № 9/10. P. 1281–1289.
27. *Biscaye P.E.* Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Oceans // *Geol. Soc. Am. Bulletin*. 1965. V. 76. № 7. P. 803–832.
28. *Cook H.E., Johnson P.D., Matti J.C., Zemmels I.* Methods of sample preparation and X-ray diffraction data analysis, X-ray Mineralogy Laboratory, Deep Sea Drilling Project, University of California, Riverside: Washington, 1975. P. 999–1007.
29. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
30. *Szőör G., Balázs É., Novák T., Kovács-Pálffy P., Kónya P.* Mineralogical composition of genetic horizons of crusty meadow solonetz soil profile from Püspökladány based on X-ray diffraction and thermal analysis // *Acta GGM DEBRECINA Geology, Geomorphology, Physical Geography Series*, 2008. V. 3. P. 9–14.

THE PROFILE DISTRIBUTION OF MINERALS WITHIN THE SOLONETZ IN YERGENI

**N. P. Chizhikova, N. B. Khitrov,
E. B. Varlamov, N. A. Churilin**

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

The mineralogical composition of clay (<1 μm), fine (1–5 μm), medium (5–10 μm) silt and coarser fractions (>10 μm) of light fine solonchakous solonetz strongly salinized by sulphate-chloride highly calcareous with gypsum content light clay-light clay loamy-heavy clay loamy on the loess like clay loams (Chromic Calcic Gypsic Endosalic Solonetz (Albic, Episiltic, Epiclayic, Endoloamic, Columnic, Cutanic, Differentic)) located on the highest eastern part of Yergeni upland at about 70 km in the north from Elista (Kalmykia). The investigated profile is formed on the homogenous aeolian clay loam deposits. The elluvial and illuvial distribution of clay in the solonetz profile is accompanied by the changes in the ballance of clayey minerals in the above solonetzic and solonetzic horizon. The following processes occur within the SEL above solonetzic elluvial horizon: (1) the destruction of the mixed layer formations of mica-smectitic type with the residual preservation of mixed-layer chlorite-vermiculites in clay; (2) the relative accumulation of trioctahedral micas within the clay; (3) the outflow of the clayey (<1 μm) particles down the profile. Within the solonetzic BSN horizon the mixed layer mica-smectitic formations are

formed with the high content of smectitic packages. Such an accumulation is a relative within the clay composition, and it is absolute within the solonetzic horizon, comparing to the soil forming rock. The differentiation coefficient according to the mixed-layer formings is lower within the clay composition, however, it is higher within the composition of the soil in general, comparing to the clay illuviation degree. The silty fractions consist of quartz, plagioclases, potassium feldspars, and micas with the mixture of chlorite and caolinite. The increase of fraction's amount is accompanied by the increase of the quartz content (from 20–27% in the fine silt fraction to 50–58% within the fraction of >10 µm), plagioclases (from 10–13% to 21–28%), potassium feldspars (from 9–13% to 15–20%), and the decrease of micas content (from 30–40% to 4–9%). The minerals distribution within the silt fraction along the solonetz profile is relatively homogenous.

Keywords: mixed-layer formations, hydromicas, micas, quartz, plagioclases, clayey fraction, fine silt, medium silt, solonetz profile differentiation

REFERENCES

1. Alekseeva T.V., Alekseev A.O., Demkin V.A., Alekseeva V.A., Sokolowska Z., Hajnos M., Kalinin P. I. Physicochemical and Mineralogical Diagnostic Features of Solonetzic Process in Soils of the Lower Volga Region in the Late Holocene, *Eurasian Soil Science*, 2010. V. 43 (10), pp. 1083-1101. doi: 10.1134/S1064229310100029
2. Arinushkina E.V. *Manual on chemical analysis of soils*, Moscow, Publishing house of Moscow University, 1961. 491 p. (In Russian)
3. Borzenko S.G., Dronova T.Ya., Kolesnikov A.V., Sokolova T.A., Tolpeshta I.I., Sizemskaya M.L. Chemical and mineralogical characteristics of solonchakous solonetz and meadow-chestnut soil, *Moscow University Soil Science Bulletin*, 2003, No. 3, pp. 3–8.
4. Volodin V.M. Composition and properties of lownatric solonetz at chestnut-soil zone of Northern Kazakhtan, *Melioration of solonetz*. Moscow. Nauka Publ., 1972, Part 1, pp. 106-120. (In Russian)
5. Voronin A.D. Chemical and mineralogical composition of mechanical element fractions of soil complex of light-chestnut-soil subzone, *Doklady Vysshey Shkoly. Biologicheskie nauki*, 1962, No. 1. (In Russian)
6. Voronin A.D., Manucharov A.S., Maksimova N.A. Mineralogical and chemical composition of mechanical element fractions of soils of dark-chestnut-soil subzone, *Pochvovedenie*, 1972, No. 8, pp. 112-123. (In Russian)
7. Goncharova N.A., Panov N.P. Mineralogical composition of lownatric solonetz at Volgograd region, *Izvestiya TSHA*, 1970, V. 4, pp. 101-110. (In Russian)

8. Gorbunov N.I. Method of soil preparing for mineralogical analysis, *Methods of mineralogical and micromorphological study of soils*. Moscow. Nauka Publ, 1971, pp. 5-15. (In Russian)
9. Devyatykh V.A. Composition of clay fraction from chestnut solonetz at Volgograd region, *Theoretical bases and experience of ameliorative treatment and chemical amelioration of solonetzic soils / Tezisy докладov Vsesoyuznogo nauchno-tehnicheskogo soveshaniya*. Tselinograd, 1980, pp. 187-188. (In Russian)
10. Dement'eva T.G. Chemical-mineralogical peculiarities of solonetz soil complex at desert-steppe Zavolzhie, *Pochvovedenie*, 1975, No. 4, pp. 98-112. (In Russian)
11. Kalmykov A.G., Minkin M.B., Nedbaylo V.D., Buravchuk N.I. Mineralogical composition of thin-dispersed part of chestnut solonetz soil complex from South-East of Rostov region, *Melioration of solonetz*. Moscow, Nauka Publ., 1972, Part 1, pp. 121-126. (In Russian)
12. *Classification and diagnostics of soils of Russia*, Smolensk, Oykumena Publ., 2004, 342 p. (In Russian)
13. *Classification and diagnostics of soils of the USSR*, Moscow, Kolos, 1977, 224 p. (In Russian)
14. Kornbluym E.A., Dement'eva T.G., Zyrin N.G., Birina A.T. Clay minerals changing during formation of southern and vertic chernozems, liman solod and solonetz, *Pochvovedenie*, 1972a, No. 1, pp. 67-85. (In Russian)
15. Kornbluym E.A., Dement'eva T.G., Zyrin N.G., Birina A.T. Some peculiarities of moving processes of clay minerals during formation of southern and vertic chernozems, liman solod and solonetz, *Pochvovedenie*, 1972b, No. 5, pp. 107-120. (In Russian)
16. Motuzov V.Ya., Chizhikova N.P., Luybimova I.N. Crystallo-chemical phase of peptized part of clay substances of virgin solonetz at Volga Upland, *Materialy dokladov VII s'ezda Obshestva pochvedov im. V.V. Dokuchaeva "Pochvovedenie – prodovol'stennoy i ekologicheskoy bezopasnosty strany"*. Part 2. Moscow-Belgorod, 2016, pp. 460. (In Russian)
17. Novikova A.V., Kovalivnich P.G. About correlation between solonetz degree and illuviation degree in solonetzic soils at Crimean Pre-Sivash, *Melioration of solonetz. Proceedings of All-Union scientific-technical conference of amelioration problems*, 1967, Part 1, Moscow, 1969, pp. 216-227. (In Russian)
18. Novikova A.V., Kovalivnich P.G. Diagnostics of Solonetztes according to the Clay Profile Differentiation, *Eurasian Soil Science*, 2011, No. 8, pp. 841-847. doi: 10.1134/S1064229311080102
19. Novikova A.F., Konyushkova M.V. Salt-affected soils at the eastern part of Ergeni Upland, *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2011, V. 67, pp. 80-94.
20. Field guide for identification of soils of Russia. Moscow, 2008, 182 p.

21. Sokolova T.A., Teslenko L.N., Romanenkov V.A. Granulometric composition and clay minerals composition of virgin and ameliorative solonchakous solonetz at the Northern Pre-Caspian Lowland, *Biologicheskije nauki*, 1989, No. 12, pp. 87-92. (In Russian)
22. Tatyanchenko T.V., Alekseeva T.V., Kalinin P.I. Mineralogical and Chemical Compositions of the Paleosols of Different Ages Buried under Kurgans in the Southern Ergeni Region and Their Paleoclimatic Interpretation, *Eurasian Soil Science*. 2013, No. 4, pp. 341-354. doi: 10.1134/S1064229313040145
23. Travnikova L.S. Mineralogical composition of <1 μ fraction of some solonetz from chernozemic and chernstnut-soil zones, *Dokuchaev Soil Bulletin*. 1968, V. 2, pp. 52-60. (In Russian)
24. Travnikova L.S., Myasnikov V.V. Peculiarities of clay material profile of solonetzic soil complex at liman B. Tsaryn, Sarpa Lowland, *Dokuchaev Soil Bulletin*. 1973, V. 6, pp. 100-109. (In Russian)
25. Chizhikova N.P., Khitrov N.B. Diversity of clay minerals in soils of solonetzic complexes in the southeast of Western Syberia, *Eurasian Soil Science*. 2016, V. 49, No. 12, pp. 1419-1431. doi: 10.1134/S106422931612005X
26. Biscaye P.E. Distinction between kaolinite and chlorite in recent sediments by X-ray diffraction, *Am. Mineralogist*, 1964, V. 49, No. 9/10, pp. 1281-1289.
27. Biscaye P.E. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Oceans, *Geol. Soc. Am. Bulletin*, 1965. V. 76, No.7, pp. 803-832.
28. Cook H.E., Johnson P.D., Matti J.C., Zemmels I. *Methods of sample preparation and X-ray diffraction data analysis*, X-ray Mineralogy Laboratory, Deep Sea Drilling Project, University of California, Riverside: Washington, 1975, pp. 999-1007.
29. IUSS Working Group WRB. 2015. *World Reference Base for Soil Resources 2014*, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
30. Szöör G., Balázs É., Novák T., Kovács-Pálffy P., Kónya P. Mineralogical composition of genetic horizons of crusty meadow solonetz soil profile from Püspökladány based on X-ray diffraction and thermal analysis, *Acta GGM DEBRECINA Geology, Geomorphology, Physical Geography Series*, 2008. V. 3, pp. 9-14.

Ссылки для цитирования

Чижикова Н.П., Хитров Н.Б., Варламов Е.Б., Чурилин Н.А. Профильное распределение минералов в солонце Ергеней // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 91. С. 63-84. doi: 10.19047/0136-1694-2018-91-63-84
Chizhikova N.P., Khitrov N. B., Varlamov Ye.B., Churilin N.A. The profile distribution of minerals within the solonetz in Yergeni, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, Vol. 91, pp. 63-84. doi: 10.19047/0136-1694-2018-91-63-84