

УДК 631.4

## **ЭВОЛЮЦИЯ ГЛИНИСТОГО МАТЕРИАЛА ГУМУСОВОГО ГОРИЗОНТА ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВ ЗЕМЛЕВАНИЕМ\***

**© 2011 г. Н. П. Чижикова<sup>1</sup>, Н. Б. Хитров<sup>1</sup>,  
Ю. И. Чевердин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии,  
119017, Москва, Пыжевский пер., 7

[khitrov@agro.geonet.ru](mailto:khitrov@agro.geonet.ru)

<sup>2</sup> ГНУ Воронежский НИИСХ им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии

Под действием солонцового процесса (обменный натрий 5–15% и удельная электропроводность вытяжки из водонасыщенной пасты  $EC_{se} < 2$  дСм/м) хорошоагрегированный материал черноземов, использованный для мелиорации землеванием почв гидроморфных черноземных солонцовых комплексов, начинает переходить в пептизированное состояние и эволюционно преобразуется в текстурно-дифференцированный профиль солонцеватой почвы.

Часть ранее агрегированного ила переходит в воднопептизированное состояние и начинает передвигаться из слоя 0–4 см вниз по профилю. Воднопептизированный ил состоит из сильноразупорядоченных сложных смешанослойных слюда-сметитовых образований с высоким содержанием сметитовых пакетов, гидрослюд, каолинита, хлорита, а также высокодисперсного кварца. Отличительной особенностью поверхностных горизонтов почв солонцового комплекса является повышенное содержание высокодисперсного кварца микронной размерности. В агрегированных илах состав минеральных компонентов остается таким же, но увеличивается доля гидрослюд, а смешанослойные слюда-сметиты имеют более совершенную структуру за счет меньшей разупорядоченности структуры в кристаллитах. Доля тонкодисперсного кварца во фракции агрегированного ила меньше, чем фракции воднопептизированного ила, и более схожа с таковой лёссовидных суглинков, являющихся почвообразующей породой.

---

\*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 06-04-08323, 08-04-01195.

*Ключевые слова:* землевание солонцов, солонцовый процесс, пептизация ила, агрегированность ила, неупорядоченные смешанослойные слюда-сметитовые образования, текстурная дифференциация почвенного профиля.

## ВВЕДЕНИЕ

В XX веке широко практиковалась мелиорация почв солонцовых комплексов путем внесения химических мелиорантов и насыпки на поверхность плодородного слоя незасоленной почвы для ведения на них сельского хозяйства. Функционирование мелиорированных почв в течение нескольких десятилетий способствовало развитию нового этапа их эволюции, знание закономерностей развития которого необходимо для прогнозирования и последующего предупреждения возможных негативных последствий и совершенствования приемов регулирования состояния этих почв. Перспективным направлением исследования эволюционных изменений почв является анализ минералогического состава тонкодисперсных фракций почв и влияние солей на агрегирование или пептизацию ила.

Задачей исследований является анализ изменений состояния тонкодисперсных компонентов исходных почв гидроморфных солонцовых комплексов и насыпанного на них материала в течение 50-летнего периода развития в постмелиоративных и постагрогенных условиях.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Полевые опыты по мелиорации почв гидроморфных солонцовых комплексов путем их землевания материалом гумусового горизонта черноземов были заложены в 1953 г. в Каменной Степи на участке в верховье балки Нужной (51°01'11–15" с.ш., 40°40'47–54" в.д.) (Воронежская обл., Россия) (Антипов-Каратаев и др., 1960).

До мелиорации почвы экспериментального участка были представлены черноземом обыкновенным, черноземом карбонатным (зоогенно перерытым) и черноземом солонцеватым на повышенных элементах рельефа. В ложине черноземы сменялись ком-

плексом содово-сульфатных солонцов, солонцов-солончаков и в разной степени солонцеватых и солончаковатых луговых почв (Антипов-Каратаев и др., 1960). В днище лощины уровень грунтовых вод находился на глубине 80–180 см. По составу солей воды являлись сульфатно-гидрокарбонатными магниевонариевыми с общей минерализацией 1.4–1.6 г/л. Мелиорация почв включала закладку закрытой дрены вдоль тальвега лощины, частичное подъем и выравнивание поверхности за счет насыпки материала гумусового горизонта чернозема с соседнего участка, внесение гипса, навоза и удобрений в разных соотношениях, посев многолетних трав для создания сенокоса.

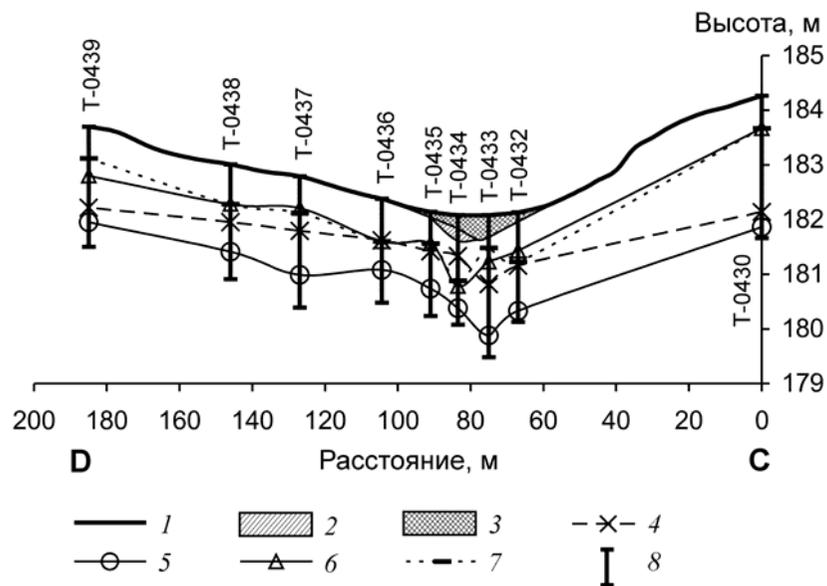
Через полвека после начала опыта в начале 2000-х годов были проведены повторные исследования состояния мелиорированных почв, находящихся под сенокосом в постагрогенных условиях (рис. 1). Они включали детальное почвенное картографирование, площадную съемку рельефа, подробное морфологическое описание почв и отбор образцов для выполнения анализов химических и физических свойств почв.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим результаты эволюционного изменения свойств черноземной массы, насыпанной на почвы солонцового комплекса. В ряде разрезов возле проложенной закрытой дрены благодаря наличию маркирующей прослойки желто-бурого материала нижних горизонтов, профиль легко разделить на погребенную и насыпанную части. В остальных случаях насыпанный материал отделяли от погребенной части на основе совокупности морфологических признаков (сложение, структура, новообразования).

В большинстве почвенных разрезов и прикопок поверхностный горизонт (дернина) имеет слоистое строение. В нем отмечается белесая присыпка из отмытых пылеватых частиц. Мощность слоя, в котором ее можно обнаружить, варьирует от 3 до 7 см, чаще всего не превышая 4 см.

Бывшая масса гумусового горизонта чернозема, состоявшая из комковато-зернистых и угловатых агрегатов, в настоящее время летом расчленена вертикальными трещинами до глубины 40–60 см на призмовидные блоки-глыбы шириной от 10 до 15–20 см.



**Рис. 1.** Схема расположения почвенных разрезов на опытном участке по катене DC, пересекающей лощину в поперечном направлении. Обозначения: 1 – дневная поверхность, 2 – насыпанный материал нижних горизонтов, 3 – насыпанный слой гумусового горизонта чернозема (при землевании), 4 – установившийся уровень грунтовых вод (25 августа 2008 г.), 5 – глубина вскрытия водоносного горизонта при бурении скважины, 6 – нижняя граница гумусированных горизонтов, 7 – глубина сплошного вскипания от HCl, 8 – положение почвенного разреза, углубленного скважиной. *Почвы и растительность:* T-0430 – агрочернозем сегрегационный квазиглееватый глубоколосончаковатый, пашня, стерня озимой пшеницы; T-0432 – чернозем глинисто-иллювиальный квазиглеевый солонцеватый гумусово-стратифицированный постагрогенный, пырей; T-0433 и T-0434 – гумусово-квазиглеевая солонцеватая гумусово-стратифицированная постагрогенная почва, пырей и осока; T-0435 – чернозем солонцеватый квазиглееватый гумусово-стратифицированный постагрогенный, пырей; T-0436 и T-0438 – гумусово-квазиглеевая солонцеватая постагрогенная почва, пырей; T-0437 – чернозем глинисто-иллювиальный квазиглеевый солонцеватый постагрогенный, пырей; T-0439 – чернозем сегрегационный зоотурбированный квазиглееватый постагрогенный, пырей и злаковое разнотравье.

Вертикальное сечение трещин имеет вид веретена. С поверхности трещины закрыты, поскольку поверхностный горизонт представляет собой дернину, густо переплетенную корнями злаков и корневищами пырея. Трещины открываются на глубине 3–6 см, расширяются до 6–10 мм на глубине 15–30 см, сужаясь в более глубоких слоях за счет увеличения влажности.

Блоки-глыбы очень прочные. Верхняя часть блоков дополнительно рассечена тонкими вертикальными трещинами на призмы шириной от 6 до 10–15 см и высотой до 15–25 см. Следовательно, в течение 50 лет сформировался прообраз будущей столбчатой структуры в виде призмovidных отдельностей с четко выраженной вертикальной осью. Однако пока такие отдельности имеют ровную верхнюю грань, которая еще не претерпела активного воздействия элювиальных процессов.

На боковых гранях призмovidных отдельностей наблюдаются черные гумусово-глинистые кутаны. Их обилие изменяется в зависимости от глубины. Первые фрагментарные кутаны появляются на глубине от 6 до 10 см, т.е. на расстоянии 3–6 см от верхней грани призмы. Внутри призм на этой глубине их обнаружить не удалось. Все сколы и разломы вскрывали сильноспрессованные зернистые и угловатые агрегаты с матовыми гранями. На глубине 10–20 см кутаны покрывают 50–70% площади боковых граней вертикальных призм и по некоторым трещинкам проникают внутрь блока. Глубже количество кутан возрастает уже внутри блоков.

В течение 50 лет произошло изменение состава обменных катионов и почвенного раствора за счет подъема и залегания грунтовых вод на глубине 0.3–1.0 м с его колебаниями от 0–0.5 м весной до 0.5–1.6 м осенью. Часть обменного кальция замещена магнием и натрием грунтовых вод и осаждена в виде мелких конкреций карбоната кальция. В результате в бывшем материале гумусового горизонта чернозема содержание обменного натрия составляет от 5 до 15%. Вытяжки из насыщенных водой паст имеют удельную электропроводность 1–2 дСм/м. Из этого следует, что в исследуемых почвах возникли физико-химические условия развития солонцового процесса (сочетание содержание обменного натрия >5% от ЕКО и удельная электропроводность вытяжки из насы-

щенной водой пасты  $E_{Cse} < 2$  дСм/м) (Чевердин и др., 2009; Хитров, Чевердин, 2009).

Таким образом, возникновение физико-химических условий развития солонцового процесса в гумусированном материале бывшего чернозема, насыпанного на поверхность почв солонцового комплекса для его мелиорации, сопровождается развитием морфологических признаков, характерных для солонцеватых почв.

Установлено, что через 50 лет в насыпанном материале гумусового горизонта чернозема началась слабая вертикальная дифференциация илистой фракции. В поверхностном слое 0–4 см содержание ила (<1 мм) уменьшилось от 40–45 до 34–35%. Остальная часть насыпанного слоя сохранила исходный гранулометрический состав (табл. 1). Бывшие поверхностные горизонты солонцеватых почв, расположенные непосредственно под насыпанным материалом, отличаются также относительно небольшим содержанием ила (32–35%). Это является следствием элювиально-иллювиального распределения ила исходных солонцеватых почв. Одинаковый уровень содержания ила и диапазон его изменения в элювиированных горизонтах насыпанного материала и погребенной исходной почвы позволяет сделать заключение об однотипности протекавших процессов передвижения ила по профилю почвы.

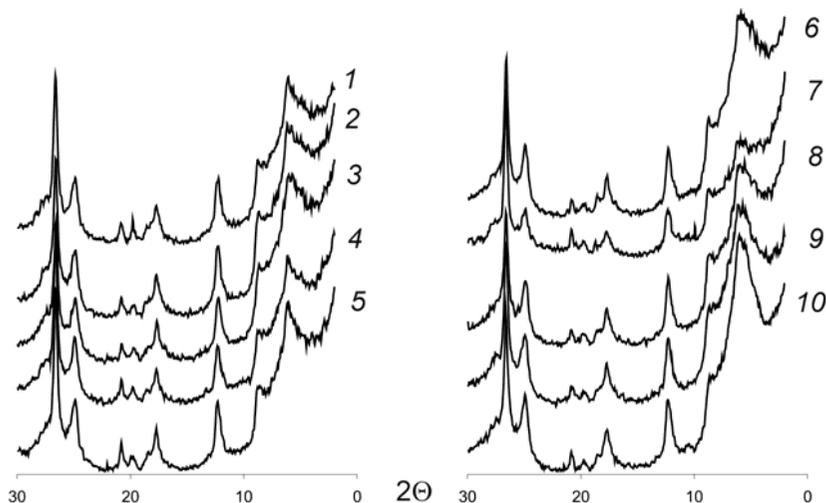
В агрегированных фракциях ила (АИ1, АИ2) состав минеральных компонентов остается таким же, но увеличивается доля гидрослюд, и смешанослойные слюда-сметиты имеют более совершенную структуру за счет меньшей разупорядоченности структуры в кристаллитах. Доля тонкодисперсного кварца во фракциях АИ1 и АИ2 меньше, чем во фракции ВПИ, и более схожа с таковой лёссовидных глин, являющихся почвообразующей породой.

За счет солонцового процесса часть ранее агрегированного ила переходит в воднопептизированное состояние и начинает передвигаться из слоя 0–4 см вниз по профилю. Воднопептизированный ил состоит из сильноразупорядоченных сложных смешанослойных слюда-сметитовых образований с высоким содержанием сметитовых пакетов, гидрослюд, каолинита, хлорита, а также высокодисперсного кварца (рис. 2).

**Таблица 1.** Содержание гранулометрических фракций и соотношение разных фракций ила по прочности связей между частицами (ВПИ – воднопептизированный ил, АИ1 – агрегированный ил категории 1, АИ2 – агрегированный ил категории 2) в почвах мелиорированного солонцового комплекса

Горизонт*	Глубина, см	Содержание (%) гранулометрических фракций, мм				Доля фракций ила по прочности связей между частицами, % от ила		
		1–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	ВПИ	АИ1	АИ2
Т-0430 – агрочернозем сегрегационный квазиглееватый глубокосолончаковатый								
PU1	0–11	25.9	21.2	14.1	38.9	3.3	65.0	31.4
PU2	11–22	28.7	21.9	10.9	38.5	3.1	55.3	41.6
PU3	22–30	26.9	16.7	15.2	41.2	3.2	66.3	30.6
AUb	30–50	29.8	11.7	14.3	44.1	8.6	59.2	32.4
BCAnc,i,q	80–100	33.7	8.8	14.7	42.8	Не опр.		
BCAnc,i,q	120–140	28.7	11.4	12.2	47.7	»		
Cca,nc,q	200–220	34.9	8.8	10.8	45.5	»		
Т-0432 – чернозем глинисто-иллювиальный квазиглеевый солонцеватый гумусово-стратифицированный постагрогенный								
au,el,rh	0–4	36.8	10.2	18.2	34.7	8.1	75.2	17.0
AUsn,pa,rh	4–10	35.6	6.8	15.2	42.4	14.9	66.0	19.1
AUsn,pa,rh	10–17	29.9	12.9	11.8	45.4	13.9	65.4	20.7
AUsn,pa	17–30	34.3	11.0	22.3	32.4	10.5	61.7	27.8
AUsn,pa	30–45	39.1	13.1	13.5	34.3	12.0	81.6	6.4
Т-0434 – гумусово-квазиглеевая солонцеватая гумусово-стратифицированная постагрогенная почва								
au,el,rh	0–2	43.6	9.3	12.0	35.1	19.7	58.1	22.2
AUsn,pa,rh	2–10	31.0	9.9	13.9	45.2	17.5	64.6	17.9
AUsn,pa,rh	10–20	31.5	11.4	13.7	43.4	19.1	64.5	16.4
AUpa,sn	50–60	37.7	9.4	18.1	34.8	25.0	52.6	22.4
AUb,sn	60–70	35.4	9.7	10.0	45.0	23.8	68.2	7.8
AUb,sn(ca),q	100–110	30.4	11.7	13.6	44.3	Не опр.		
Qca	130–140	48.7	2.3	24.1	24.9	»		
BCq,nc	160–170	43.3	5.6	21.3	29.8	»		
Cg,ca,nc	190–200	41.0	4.2	21.2	33.6	»		
Т-0437 – чернозем глинисто-иллювиальный квазиглеевый солонцеватый постагрогенный								
au,el	0–3	41.2	13.7	12.9	32.3	8.4	80.2	11.1
AUsn,pa	3–7	38.3	7.3	17.8	36.6	42.9	41.5	15.6
AUsn,pa	7–20	40.1	9.7	15.6	34.5	46.1	49.9	4.3

\* Индекс “rh” обозначает насыпанный гумусированный материал.



**Рис. 2.** Рентген-диффрактограммы фракций воднопептизированного ила ( $<1\mu$ ) в воздушно-сухом состоянии: разр. Т-0432: 1 – ау,ел,рн 0–4 см; 2 – АUsn,па,рн 4–10 см; 3 – АUsn,па,рн 10–17 см; 4 – АUsn,па 17–30 см; 5 – АUsn,па 30–45 см; разр. Т-0434: ау,ел,рн 6 – 0–2 см; 7 – АUsn,па,рн 2–10 см; 8 – АUsn,па,рн 10–20 см; 9 – АUsn,па 50–60 см; 10 – АUb,sn 60–70 см.

Отличительной особенностью поверхностных горизонтов почв солонцового комплекса является повышенное содержание высокодисперсного кварца микронной размерности за счет разрушения минералов.

Фракция 1–5 мкм представлена кварцем (преобладает), гидрослюдами-слюдами, хлоритом, каолинитом. Наибольшее количество кварца отмечается в верхних горизонтах (в дернине) всех исследованных профилей почв.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследовано постмелиоративное развитие гидроморфного черноземного солонцового комплекса почв, мелиорированного в 1950-х годах путем землевания материалом гумусового горизонта расположенных рядом черноземов с различными вариантами вне-

сения гипса, навоза и удобрений на фоне закрытой фашинной дрены, заложенной по тальвегу лощины.

Под действием солонцового процесса хорошоагрегированный материал черноземов, насыпанный на солонцовый комплекс, начинает переходить в пептизированное состояние и перемещаться вниз по профилю. На начальной стадии в пептизированное состояние переходят тонкодисперсные зерна кварца, слюды и частицы сильноразупорядоченных смешанослойных слюда-сметитовых образований. При усилении процесса пептизированный материал обогащается сметитовой фазой. В результате в поверхностном слое происходит относительное накопление компонентов с жесткой структурой и уменьшение содержания ила за счет частичного выноса илистых частиц с повышенным содержанием сметитовой фазы в нижележащие горизонты с образованием гумусово-глинистых натечных кутан. В совокупности отмеченные процессы приводят к формированию текстурно-дифференцированного профиля, характерного для солонцеватых почв.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипов-Каратаев И.Н., Юрин И.А., Кадер Г.М., Фролкина Л.А. Сравнительные испытания новых комплексных агролесомелиоративных и агротехнических методов освоения содовосульфатных солонцов Центральной Черноземной полосы (ЦЧП) // Мелиорация солонцов в черноземной зоне европейской части СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 5–219.
2. Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И. Морфологические признаки проявления процессов постагрогенного и постмелиоративного развития почв черноземных солонцовых комплексов Каменной Степи // Разнообразие почв Каменной степи: Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 2009. С. 278–300.
3. Чевердин Ю.И., Поротиков И.Ф., Иванов В.А. Многолетняя динамика грунтовых вод и обменного натрия в мелиорированных почвах солонцового стационара № 2 // Разнообразие почв Каменной Степи, 2009. С. 267–277.

## **EVOLUTION OF CLAY MATERIAL FROM THE HUMUS HORIZON OF CHERNOZEM IN THE COURSE OF SOLONETZ AMELIORATION**

**N. P. Chizhikova, N. B. Khitrov, Yu. I. Cheverdin**

The objective of research is to study changes in fine dispersed components of soils of hydromorphic solonetz complexes and in the material spread on them as taken from the humus horizon of chernozems for 50 years of their development under post-meliorative and post-agrogenic conditions.

Due to solonetz process (ESP 5-15% и  $EC_{se} < 2dS/m$ ) the well aggregated material of chernozems starts transforming into the peptized state being changed into the texture-differentiated profile of solonetzic soil.

The water-peptized clay contains irregular interstratified mica-smectite formations with a higher amount of smectite packets, hydromica, kaolinite, chlorite and fine-dispersed quartz. The peculiar feature for upper horizons of solonetz complexes is the increased content of fine dispersed quartz. The same composition of mineral components remains in aggregated clays but the share of hydromicas becomes higher, the interstratified mica-smectites assume more regular structure thanks to its slightly expressed disarrangement in crystallites. The share of fine-dispersed quartz in the fraction ( $< 1\mu m$ ) of aggregated clay is lower as compared to fraction of water-peptized clay being similar to that in the parent material represented by loess-like loam.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project no. 08-04-01195.

*Key words:* solonetz amelioration, solonetz process, clay peptization, clay aggregation, irregular interstratified mica-smectite formations, texture-differentiation of soil profile.