

УДК 631.445.53:549:631.6

## ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ И ИХ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФИЛЯ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

Н. П. ПАНОВ, И. Г. ЦЮРУПА

(Кафедра почвоведения ТСХА и Почвенный институт имени  
В. В. Докучаева)

Работами многих советских и зарубежных исследователей показана зависимость физических, химических, физико-химических свойств почв почвообразующих пород от состава их компонентов и особенно от состава глинистых минералов. Установлена большая роль этих минералов в связывании гумусовых веществ [16, 19 и др.], что важно для почвенного плодородия. Поэтому исследование минералогического состава тонкодисперсной части различных горизонтов почвенного профиля необходимо не только для выяснения ряда генетических вопросов, но и для понимания агрономических особенностей почвы и обоснования приемов повышения ее плодородия [2, 3, 8, 18, 19, 24].

Минералогический состав тонкодисперсной части почв обычно изучают на примере почвенного ила в целом, без его разделения на более дробные фракции. Значительно реже в литературе встречаются такого рода сведения для предколлоидной и коллоидной частей почвы. Эти данные представляют особую ценность, так как состав отдельных подфракций илистого материала может существенно различаться [11, 25 и др.].

Изучение состава тонких фракций почв солонцовых комплексов является одним из наиболее перспективных путей познания сущности солонцового процесса и причин формирования малонатриевых или так называемых «магнезиальных» солонцов. К настоящему времени получены обширные материалы по минералогическому составу тонкодисперсной части солонцовых почв различных регионов СССР. Первые работы в этом направлении были проведены И. Н. Антиповым-Каратаевым и И. Д. Седлецким [1]. Авторы пришли к выводу, что для всех солонцов характерна ассоциация минералов монтмориллонитовой группы с гидрослюдами и слюдами, причем содержание указанных компонентов закономерно меняется по профилю (с увеличением количества магний-содержащих образований в его средней части). Эта концепция, основанная на первых, еще методических несовершенных рентгенографических исследованиях тонких почвенных фракций, в целом подтвердилась дальнейшими работами. Вместе с тем в последние 10—15 лет были получены материалы, свидетельствующие о более сложной природе глинистого материала почв солонцовых комплексов, а также о существенном значении литологических особенностей почвообразующих пород для формирования почвенного ила [4, 8, 17, 20 и др.]. Характеристика свойств описываемых почв приведена в ранее опубликованных работах [3, 5, 7—10, 12, 13, 15, 20].

Комплексное изучение илистой фракции почв юго-восточной части Воронежской области [9] показало, что чернозем обыкновенный слабо-солонцеватый и солонец степной средний, образовавшиеся на третичной карбонатной глине, характеризуются однотипным илстым материалом (табл. 1). Их разбухающая фаза представлена неупорядоченными слюда-монтмориллонитовыми образованиями с переменным соотношением пакетов и минералов монтмориллонитовой группы; слюда-гидро-слюдистая фаза представляет собой смесь ди- и триоктаэдрических или высокожелезистых слюдоподобных минералов. Во всех генетических горизонтах присутствуют примерно одинаковые количества минералов каолинитовой группы (несовершенного типа) и небольшое количество хлорита.

В профиле солонца наблюдается: 1) обеднение горизонта А илистой фракцией и ее накопление в горизонте В; 2) обеднение илистой фракции горизонта А слюда-монтмориллонитовыми образованиями и относительное накопление в ней минералов со стабильной структурой (гидро-слюды, слюды, каолинит, кварц, полевые шпаты); 3) снижение гидрофильности илистого материала горизонта А, что связано с выносом из него лабильных почвенных компонентов. Для илистой части почв рассматриваемого солонцового комплекса, по мнению авторов, характерно присутствие в ней смектитовой фазы (смесь монтмориллонита и бейделлита).

Тонкодисперсная фракция многонатриевого солонца, развитого на лессовидном суглинке, преимущественно состоит из неупорядоченных смешанослойных слюда-смектитовых образований с преобладанием (>50 %) смектитовых пакетов и слюда-гидро-слюдистой фазы. Во всех генетических горизонтах этого солонца присутствуют заметные количества несовершенного каолинита, небольшое количество хлорита, а в горизонтах А и В — кварца и полевых шпатов. В малонатриевом солонце на валунном суглинке преобладает сектитовая фаза. Влияние почвообразовательного процесса на состав илистой части этих двух солонцов отразилось на всех явлениях, наблюдаемых у описанного выше солонца того же региона.

Изучение илистой и коллоидной фракций почв солонцового комплекса Тамбовской низменности, развитых на лессовидных породах [20], показало, что в черноземно-луговой почве глинистый материал и все его компоненты довольно равномерно распределяются по профилю. В луговых солонцах наблюдаются четкое элювиально-иллювиальное распределение этого материала по профилю (максимум в гор. В<sub>1</sub>), резкое обеднение верхних горизонтов смешанослойными и другими гидрофильными образованиями, относительное накопление в них минералов с жесткой структурой. Начиная с горизонта В<sub>1</sub> для солонцов характерно не только повышенное содержание смешанослойных образований, но и их «супердисперсное» состояние. Луговые солоды рассматриваемого региона отличаются резко элювиальным распределением ила по профилю (содержание его минимально в гор. А<sub>2</sub>), увеличением количества смешанослойных образований вниз по профилю и относительным накоплением в верхней его части глинистых минералов со стабильной структурой, кварца и полевых шпатов, что сопровождается снижением гидрофильности глинистого материала.

В илистой фракции почв Ростовской области [7] преобладают гидрослюды, монтмориллонит и каолинит; в небольших количествах присутствуют смешанослойные слюда-монтмориллонитовые образования, вермикулит и хлорит (табл. 1).

При изучении минералогического состава илистой, предколлоидной и коллоидной фракций разных целинных почв черноземно-солонцового

Минералогический состав тонкодисперсной части почв (илистая фракция)  
солонцовых комплексов различных районов Черноземной зоны

Почва	Компоненты глинистого материала		Распределение компонентов по профилю
	доминирующие	сопутствующие	

## Воронежская область [9]

Чернозем обыкновенный слабосолонцеватый на третичной глине	Разбухающая слюда-монтмориллонитовая фаза с преобладанием монтмориллонита; слюды, гидрослюды	Каолинит, хлорит	Книзу количество монтмориллонита значительно увеличивается
Солонец степной средний на той же породе	То же	То же	То же
Солонец степной средний многонариевый на лессовидном суглинке	Смешанослойная слюда-монтмориллонитовая (смектитовая) фаза с преобладанием монтмориллонита; слюды, гидрослюды	Каолинит, хлорит, кварц, полевые шпаты	Книзу количество смешанослойных образований значительно возрастает, других компонентов снижается, кварц и полевые шпаты исчезают
Солонец степной средний малонариевый на валунном суглинке	Смешанослойная слюда-монтмориллонитовая (смектитовая) фаза	То же	То же

## Ростовская область [7]

Чернозем южный на желто-буром лессовидном суглинке	Гидрослюды, монтмориллонит, каолинит	Смешанослойные слюда-монтмориллонитовые образования, вермикулит (в средней части профиля), хлорит (в нижних горизонтах)	Книзу количество гидрослюд значительно снижается, монтмориллонита возрастает, каолинита практически не меняется
Солодь лиманная на той же породе	То же	То же	То же
Солонец средний на той же породе	»	»	»

## Павлодарское Прииртышье [15]

Чернозем южный маломощный на желто-бурых карбонатных суглинках	Гидрослюды, смешанослойная слюда-монтмориллонитовая фаза и с гор. В монтмориллонит	Каолинит, хлорит	Книзу количество монтмориллонита значительно возрастает, гидрослюд снижается
Солонец лугово-степной на той же породе	Гидрослюды, каолинит (в гор. А), смешанослойная фаза (в гор. В)	Кварц и (в гор. В) хлорит	То же
Солодь дерновая на той же породе	Гидрослюды, смешанослойная фаза (в гор. А), монтмориллонит (в гор. В)	Каолинит, кварц и (в гор. В) хлорит	»

Минералогический состав тонкодисперсной части почв солонцовых комплексов различных районов каштановой зоны

Почва	Компоненты глинистого материала		Распределение компонентов по профилю
	доминирующие	сопутствующие	
Приволжская возвышенность [3, 14], илистая и коллоидная фракции			
Каштановая слабосолонцеватая на лесовидном суглинке	Гидрослюды	Монтмориллонит, окислы железа и алюминия, кварц, слюды	Книзу количество монтмориллонита уменьшается, окислов железа и алюминия возрастает
Каштановая сильносолонцеватая на той же породе	То же	То же	То же
Солонец степной средней на той же породе	»	То же и (в нижних горизонтах) каолинит	Книзу количество монтмориллонита значительно увеличивается, окислов Fe и Al снижается
Север-западный Прикаспий [5], илистая фракция			
Темноцветная западинная на желтобурых карбонатных суглинках	Гидрослюды	Каолинит, смешанослойные образования с высоким содержанием монтмориллонита, кварц, хлорит	Книзу профиля заметно уменьшается количество гидрослюд и увеличивается смешанослойных образований и хлорита, кварц исчезает
Светло-каштановая солонцеватая на той же породе	То же	То же	То же
Солонец степной средней солончаковый на той же породе	»	»	»

комплекса Павлодарского Прииртышья [12, 15] выявлены заметные различия глинистого материала этих почв (табл. 1). Во всех почвах вниз по профилю обычно снижается количество гидрослюд и увеличивается количество монтмориллонита, но общее содержание последнего минерала четко возрастает в следующей последовательности: солодь→солонец→→чернозем. Больше всего хлорита содержится в солонце, причем между распределением в почвенном профиле этого минерала и поглощенного магния имеется прямая корреляция.

По данным ИК-спектрофотометрического исследования, в тонкодисперсной части всех почв присутствует кварц, меньше всего его в черноземе (3—5%), больше всего в солонце (10—12% в гор. А и 4—5% в гор. В<sub>1</sub>). Во всех почвах в разных количествах содержатся аморфные соединения гидроокиси железа и алюминия.

Аналогичные закономерности распределения глинистых минералов в почвах солонцовых комплексов характерны для многих районов Черноземной зоны [17 и др.].

О минералогическом составе тонкодисперсной части почв солонцовых комплексов различных районов каштановой зоны можно судить по данным табл. 2.

В илистой фракции почв солонцового комплекса Приволжской возвышенности [3, 14] доминируют гидрослюды; с ними ассоциируют минералы монтмориллонитовой группы, соединения железа и алюминия, слюды и в солонце — каолинит (табл. 2). С увеличением степени солонцеватости почвы заметно возрастает относительное содержание монтморил-

лонита и минералов полуторных окислов. В коллоидной фракции этих почв также преобладают гидрослюды, но кварца и слюд не обнаружено. В каштановых солонцеватых почвах вниз по профилю количество монтмориллонита несколько уменьшается, соединений железа и алюминия — увеличивается, а в солонце степном среднем — наоборот.

В илистой части всех горизонтов почв трехчленного солонцового комплекса северо-западного Прикаспия [5] также преимущественно распространены гидрослюды; с ними ассоциируют небольшие количества каолинита, смешанослойных образований с преобладанием монтмориллонитовых пакетов, кварца и хлорита (табл. 2). В нижних горизонтах, как обычно, уменьшается количество слюд, но увеличивается содержание смешанослойных образований и тонкодисперсный кварц не обнаруживается. Наибольшие различия в минералогическом составе ила наблюдаются в профиле солонца, они меньше в профиле светло-каштановой почвы и еще меньше в темноцветной западной почве.

При изучении свойств много- и малонатриевых солонцов первой террасы р. Калаус, развитых на соленосных среднесарматских глинах и суглинках в темно-каштановой подзоне Ставропольского края [10], не выявлено различий глинистого материала этих почв. Во всех солонцах обнаружены гидрослюды и минералы монтмориллонитовой группы, причем содержание последних значительно увеличивается вниз по профилю. В почвенном или нижних горизонтах (начиная с гор. В<sub>1</sub>) обнаружен хлорит. Общими признаками всех солонцов рассматриваемого региона являются четкое перераспределение окислов железа и алюминия по профилю и повышенная дисперсность почвенной массы, что позволяет предполагать единый путь образования много- и малонатриевых солонцов.

ИК-спектроскопические и термографические исследования показали, что для илистой части малонатриевых солонцов и солонцеватых почв легкого механического состава каштановой зоны Павлодарского Прииртышья [13] характерны доминирование гидрослюд, слюд и очень незначительное содержание минералов монтмориллонитовой группы. В илистой фракции иллювиальных горизонтов и породы, отличающихся более тяжелым механическим составом, возрастает количество монтмориллонита; во всех фракциях (особенно из верхних горизонтов профиля) обнаружен кварц. Высокая гидрофильность исследованных почв, содержащих небольшое количество поглощенного натрия и магния (соответственно 10—15 и 20—25 % от суммы поглощенных катионов), по-видимому, обусловлена присутствием в этих почвах гидрофильных гелей кремнекислоты и вторичных силикатов.

Приведенные материалы и другие литературные данные указывают на большое разнообразие количеств и соотношений глинистых минералов в почвах солонцового комплекса и по горизонтам профиля. В настоящее время имеется два взгляда на этот вопрос. Одни исследователи [7, 8, 9, 21 и др.] подчеркивают однотипность качественного состава тонких фракций во всех почвах солонцового комплекса, но вместе с тем считают, что солонцы отличаются от соответствующих несолонцеватых почв накоплением в средних и нижних почвенных горизонтах сильнодиспергированных минералов монтмориллонитового типа (обусловленным механическим переносом тонкой взвеси в лежащие ниже горизонты) и относительным обогащением верхнего слоя гидрослюдами и первичными минералами — слюдами, кварцем, полевыми шпатами. Другие исследователи указывают на существенные различия не только в профильном распределении глинистого материала или его компонентов, но и в составе тонкой части несолонцеватых почв и соответствующих солонцов. Так, И. Н. Антипов-Каратаев и И. Д. Седлецкий [1, 2] считают, что солонцеобразование даже на самых начальных стадиях вызывает дифференциацию химических элементов и особенно коллоидных веществ по горизонтам почвы, причем влияние этого процесса наблюдается не только в пре-

делах почвенного профиля, но и при сопоставлении почв разной степени солонцеватости. Наиболее богаты коллоидами (а следовательно, глинистыми минералами и аморфными продуктами) иллювиальные горизонты солонцов; накопление в них вымываемого сверху гидрофильного материала (в частности, гидратированных соединений кремния, алюминия и вторичных алюмосиликатов), способствует возникновению отрицательных водно-физических свойств почвы.

Специфические особенности иллювиального горизонта солонцов объясняются [6] накоплением в нем коллоидного материала с повышенным содержанием лиофильных гелей  $\text{SiO}_2$ , гуматов натрия и других элементов, гидроокисей трехвалентных катионов и минералов монтмориллонитового типа.

Установлено [21] присутствие в содовом солонце Тамбовской низменности компонента, представляющего собой совокупность частиц с разным непрерывно меняющимся числом монтмориллонитовых пакетов и разной степенью совершенства структуры. Найденный компонент сингенетичен, по мнению автора, солонцовому типу почвообразования и способствует развитию специфических особенностей солонцового горизонта.

В целом данные последних лет [3, 12, 14, 21] указывают на специфичность минералогического состава солонцов по сравнению с соответствующими зональными почвами. Применение комплексного метода исследования [21] позволило выделить компонент, присутствующий только в солонце.

Аналогичные данные по составу тонкодисперсной части солонцов и соответствующих зональных почв получены зарубежными учеными. Так, Клэдж [27] установил, что содержание глинистого материала и монтмориллонита в исследованных им осолоделых солонцах выше, чем в каштановой почве того же региона; повышенное количество монтмориллонита обуславливает плохие физические свойства солонцов. Харрис [26] считает, что солонцы формируются в результате передвижения вниз глинистого материала, вызывающего закупорку пор и повышение плотности почвенной массы в определенной части профиля.

На основании проведенных наблюдений многие исследователи [3, 9, 15, 17 и др.] пришли к выводу, что резкое изменение количества ила и соотношения глинистых минералов в различных горизонтах солонцов является характерным признаком солонцового процесса.

По мнению М. Аршада и С. Павлюка [22], снижение количества монтмориллонита в верхних горизонтах профиля солонцов и некоторых других почв вызывается выветриванием глинистых минералов и выносом продуктов их распада в лежащие ниже слои, диспергированием и перемещением монтмориллонитовых минералов в почвенной толще, трансформацией минералов с разбухающей решеткой (монтмориллонит) в жесткие трехслойные (гидрослюды) в результате фиксации иона калия.

Возможность превращения монтмориллонита в иллит была установлена Бюрером и соавторами [23] при обработке монтмориллонитовой глины раствором  $\text{KCl}$ ; иллитизация способствовала разрыхлению глинистой массы, улучшению ее оструктуренности и физических свойств. Стабильные почвенные агрегаты создавались только при определенном оптимальном количестве монтмориллонита, при его превышении значения структурных показателей глинистого материала снижались. Экспериментально доказано [28], что агрегаты монтмориллонита более подвержены «раскисанию», чем агрегаты ненабухающих глинистых минералов.

Разносторонние исследования почв пустынно-степных районов Заволжья Ростовской области [7, 8] показали, что вынос из почвенных минералов кремния и магния приводит к образованию не только иллита, но и аллофанойдов. По мнению авторов, выделяющийся магний способствует образованию магнезиальных солонцов, а накопление аллофанойдов в почве обуславливает изменение сорбционных свойств.

Повышенное содержание кварца и полевых шпатов в глинистом материале верхних горизонтов почвы считается остаточным явлением, объясненным перераспределением тонкодисперсных веществ в почвенном профиле [3, 7, 9, 17 и др.], а присутствие каолинита, хлорита, цеолитов и некоторых других минералов в илистой части почв солонцовых комплексов объясняют их унаследованием от почвообразующей породы [3, 14, 15, 17].

Рассмотренные выше и другие литературные материалы свидетельствуют о несомненном участии набухающих глинистых минералов и ряда тонкодисперсных вторичных веществ в формировании иллювиального горизонта солонцов. Совокупность полученных данных позволяет достаточно уверенно судить о природе этого горизонта. Особенности его состава (например, присутствие легкорастворимых почвенных компонентов, обуславливающих возможность активной мобилизации элементов, характер этих элементов, их подвижность, способность к комплексообразованию и др.) необходимо учитывать при прогнозировании изменения свойств солонцовых почв под влиянием мелиоративных приемов (особенно внесения агрессивных кислот) или смещения окислительно-восстановительных условий среды в ходе мелиоративного процесса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов-Каратаев И. Н., Седлецкий И. Д. Физико-химические процессы солонцеобразования. — Почвоведение, 1937, № 6, с. 883—907. — 2. Антипов-Каратаев И. Н. Физико-химические исследования в связи с мелиорацией солонцов. — Изв. АН СССР, сер. биол., 1960, № 3, с. 364—479. — 3. Гончарова Н. А., Панов Н. П. Минералогический состав малонатриевых солонцов Волгоградской области. — Изв. ТСХА, 1970, вып. 4, с. 101—110. — 4. Градусов Б. П., Девяткин Е. В., Черняховский А. Г. Изменения минеральной части почв при длительном воздействии сухостепного почвообразования. — В сб.: Кора выветривания. Вып. 14, М.: Наука, 1974, с. 208—217. — 5. Девятых В. А. Генетические особенности почв солонцового комплекса северо-западного Прикаспия (на примере Джаныбекского стационара АН СССР). — Автореф. канд. дис. М., 1970. — 6. Ковда В. А. К вопросу о движении и накоплении кремнезема в засоленных почвах. — Тр. Почв. ин-та АН СССР, т. 22, вып. 1, с. 3—30. — 7. Корнблум Э. А., Деметьева Т. Г., Зырин Н. Г., Бирина А. Г. Изменения глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоды и солонца. — Почвоведение, 1972, № 1, с. 67—85. — 8. Корнблум Э. А., Деметьева Т. Г., Дронова Т. П. Аллофаноиды и судьба магнийсодержащих минералов в почвах солонцового комплекса и солодах пустынно-степного Заволжья. — Почвоведение, 1977, № 6, с. 106—120. — 9. Морякова Л. А., Травникова Л. С. Особенности минералогического состава почв некоторых солонцовых комплексов ЦЧО. — В сб.: Разработка способов мелиорации солонцов и солонцеватых почв в условиях орошения и на богаре. М., 1969, с. 104—111. — 10. Неретин Г. И. Солонцы террасы реки Калас и некоторые вопросы их освоения. — Автореф. канд. дис., М., 1970. — 11. Пак К. П., Цюрупа И. Г. Особенности минерального состава коллоидной и предколлоидной фракции солонцеватых почв Нижнего Поволжья. — Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. Вып. VI, 1973, с. 92—99. — 12. Панов Н. П., Болдырев А. И., Кокурина Э. И. Минералогический состав почв черноземно-солонцового комплекса Павлодарского Прииртышья. — Изв. ТСХА, 1966, вып. 1, с. 60—69. — 13. Панов Н. П., Шардаков А. Н. Генетические особенности почв солонцовых комплексов легкого механического состава Западно-Сибирской низменности. — Изв. ТСХА, вып. 1, 1968, с. 105—121. — 14. Панов Н. П., Болдырев А. И., Гончарова Н. А. Минералогический состав солонцов и солонцеватых почв степной зоны. — Докл. ТСХА, 1968, вып. 144, с. 115—120. — 15. Панов Н. П., Гончарова Н. А., Градусов Б. П. Минералогический состав почв черноземно-солонцовых комплексов Западной Сибири. — Изв. ТСХА, 1968, вып. 2, с. 107—116. — 16. Панов Н. П., Квачи П. К. Качественный состав гумуса малонатриевых солонцов степной зоны. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 6, с. 95—105. — 17. Половицкий И. Я. Солонцы Северного Казахстана и пути их использования. — Автореф. канд. дис. Омск, 1969. — 18. Седлецкий И. Д. Сельскохозяйственное значение минералогического изучения почв. — Природа, 1943, № 1, с. 45—48. — 19. Титова Н. А. Природа гумуса и характер его связи с минеральной частью в почвах сухостепного ряда. — Автореф. канд. дис. М., 1970. — 20. Травникова Л. С., Самойлова Е. М. Минералогический состав луговых почв Тамбовской области. — В сб.: Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: МГУ, 1974, с. 204—227. — 21. Травникова Л. С. О строении и структуре основного компонента глинистого материала со-

- ДОВЫХ СОЛОНЦОВ. — Докл. АН СССР, 1976, т. 226, № 6, с. 1425—1428. — 22. Arshad M. A., Pawluk S. — J. Phys. Coll. Chem., 1948, vol. 52, p. 1004—1013. — 23. Buehrer T. F., Robinson D. O., Deming J. M. — Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1949, vol. 13, p. 157—165. — 24. Ferrière Franc de. — Bull. techn. inform. ingr. Serv. agric., 1963, N 176, p. 1154—1159. — 25. Jonas E. C., Brown T. E. — Clays a. clay minerals (10th Nation. Confer.), 1961, p. 61—68. — 26. Harris S. A. — J. Soil Sci., 1958, vol. 9, p. 169—185. — 27. Klages M. G. — Soil Sci., 1966, vol. 102, N 1, p. 46—52. — 28. Robinson D. O., Page J. M. — Soil Sci. Amer. Proc., 1951, vol. 15, p. 25—29.

*Статья поступила 28 ноября 1979 г.*

#### SUMMARY

It is established after investigations, conducted on a fine-dispersed portion of solonetz soil complexes intended to determine the nature of low-sodium solonetz, as well as after the analysis of numerous published data that in the formation of illuvial solonetz horizons an important role belongs to swelling clay minerals and fine-dispersed secondary compounds. Peculiarities of mineralogic composition of solonetz of different regions of the country are found which are to be taken into consideration in forecasting the changes in the properties of these soils under the effect of reclamation practices.