

МИНЕРАЛОГИЯ

И. Д. СЕДЛЕЦКИЙ

**ГЕНЕЗИС МОНТМОРИЛЛОНИТА И КАОЛИНИТА И УСЛОВИЯ ИХ
СОВМЕСТНОГО НАХОЖДЕНИЯ В КОЛЛОИДАХ ПОЧВ И ГЛИН**

(Представлено академиком В. И. Вернадским 24 I 1939)

1. Обширные рентгенографические и термические исследования коллоидов почв и глин СССР, проведенные за последние 4 года Почвенным институтом Академии Наук СССР, показали, что коллоиды почв во всех случаях сложены кристаллическими глинистыми минералами. Наиболее часто встречающимися компонентами являются:

- а) минералы группы каолина (каолинит, накрит и диакрит),
- б) монтмориллонит и байделит.

Значительно реже встречаются минералы группы нонтронитов и галлоизит. Все минералы, обнаруженные в коллоидах почв, содержат «каолиновое ядро» и относятся к оксиалюмокислотам. Таким образом подтверждается научное предвидение акад. В. И. Вернадского о том, что в коре выветривания господствующими соединениями являются алюмокислоты и оксиалюмокислоты, в основе строения которых лежит «каолиновое ядро» (1).

2. Детальное изучение минералогического состава коллоидов почв показало, что состав минералов коллоидов не является постоянным во всех случаях, но резко меняется по типам почв и их генетическим горизонтам.

В коллоидах почв щелочного ряда, т. е. в солонцах и в солонцеватых почвах, всегда обнаруживаются лишь следующие минералы: монтмориллонит, байделит, серицит, тогда как в коллоидах почв кислого ряда, т. е. в подзолах и подзолистых почвах, преобладающими минералами являются минералы группы каолина. В 1936 г. нами было высказано — в качестве рабочей гипотезы — положение о том, что такие минералы, как монтмориллонит, байделит и серицит и др., образуются лишь в почвах щелочного ряда, тогда как в кислых почвах (в подзолах и подзолистых) возникают минералы группы каолина (2). В почвах с нейтральной средой, т. е. в почвах, занимающих промежуточное положение между щелочными (солонцы) и кислыми (подзолистые), должны возникать или смешанные или специфические минералы *.

Все эти минералы возникают таким образом в почвах, и поэтому они являются почвенными образованиями, минералами почв (педолиты).

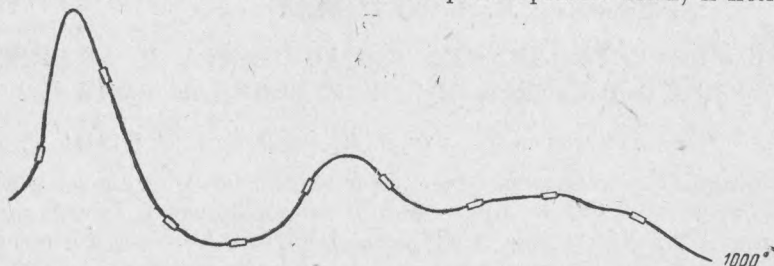
3. За два последних года проведены большие работы по уточнению гипотезы о зависимости состава педолитов от типа почвообразования

* Наша гипотеза находилась в полном согласии с опытами Нолля (3).

и о генезисе монтмориллонита и каолинита. Были подвергнуты исследованию солонцы: Заволжья, Каспийской низменности, Средней Азии, Черниговской обл. и др.; подзолистые почвы Калининской, Московской областей, Камчатки и др.

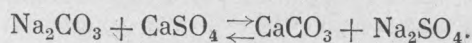
4. В солонцах во всех случаях коллоиды содержали монтмориллонит или байделит. При этом было замечено, что в содовом солонце монтмориллонит господствовал в коллоидах по всему профилю (от 0 до 200 см и ниже), тогда как в сульфатно-хлоридном солонце лишь в верхних двух горизонтах (от 0 до 25 см) коллоиды содержали байделит*. Объяснение этому находим в генезисе почв. Сульфатно-хлоридный солонец (№ 17) по классификации В. Ковды⁽⁵⁾ является начальной стадией, тогда как содовый солонец (№ 26)—более поздней.

В силу понижения грунтовых вод происходит рассоление солончаков. Из верхних горизонтов выносятся легкорастворимые соли, и появляется



Фиг. 1.—Кривая нагревания коллоидной фракции ($< 0.2 \mu$) сульфатно-хлоридного солонца № 17, глубина 25—30 см.

солонцовый горизонт. Сульфатно-хлоридный солонец представляет начальную стадию образования солонца. Очень характерным является вскипание в солонцовом горизонте с 10—15 см и нахождение гипса с 20—25 см. Форма выделения карбонатов в виде червеобразных прожилков, расположенных над горизонтом выделения гипса такой же формы, заставляет предполагать, что выделение карбонатов в солонцовом горизонте является псевдоморфозом по ранее находившемуся здесь гипсу. Процесс рассоления и осолонцевания сопровождается образованием соды, приводит к реакции новообразования и накопления карбонатов кальция на месте бывших гипсовых горизонтов**.



Почти полное отсутствие соды в водных вытяжках объясняется тем, что ее образование затруднено присутствием в этих солонцах почти с поверхности солей натрия, не позволяющих поглощенному натрию отдиссоциироваться, и тем обстоятельством, что каждая новая порция соды идет на образование CaCO_3 из гипса. Отсюда совершенно ясно следует, что слабощелочная реакция в сульфатно-хлоридном солонце будет лишь в верхних горизонтах выше горизонта гипса, где временами образуется сода. Именно в этих горизонтах найден байделит (фиг. 1); ниже

* Монтмориллонит трудно отличим рентгенографически от байделита. Ясное различие между байделитом и монтмориллонитом замечается на кривых нагревания по дифференциальному методу Le Chatelier. Согласно указаниям Orsel⁽⁴⁾ байделит и монтмориллонит имеют общую эндотермическую остановку при 120—150°, но различные вторые остановки. Байделит вторую эндотермическую остановку дает при 550°, тогда как монтмориллонит при 700—800°. В отличие от каолинита байделит не имеет экзотермической остановки при 950°.

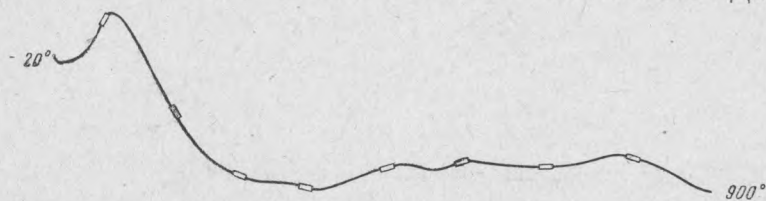
Байделит дает рентгенограмму в нашем случае, ясно отличную от таковой каолинита.

** По схеме В. А. Ковды⁽⁵⁾.

гипсового горизонта, который преграждает доступ сверху соды, господствует слабокислая среда и отсутствуют байделит и монтмориллонит. С дальнейшим понижением уровня грунтовых вод и развитием процесса осолонцевания происходит более интенсивное образование соды в верхних горизонтах и постепенное исчезновение гипсового горизонта. В содовом солонце мы уже не имеем гипса до глубины 200 см, и сода свободно проникает сверху вниз на большую глубину, создавая по всему почвенному профилю сильнощелочную реакцию. Водная вытяжка и грунтовые воды имеют $pH > 9.5$. Здесь таким образом создаются благоприятные условия для образования монтмориллонита. И действительно, на всю глубину профиля до 200 см коллоиды содового солонца содержат монтмориллонит (фиг. 2). Таким образом мы видим на этих примерах, что образование монтмориллонита* и байделита действительно происходит в щелочных условиях солонцов. Солонцовый процесс продуцирует монтмориллонит и байделит.

5. Некоторые исследованные подзолистые почвы показали присутствие в коллоидах минералов группы каолинита и монтмориллонита (преобладали минералы группы каолина).

Это как бы нарушало нашу гипотезу. Но тут было обращено внимание на то, что в самых нижних горизонтах каолинит исчезает. Дальнейшее



Фиг. 2.—Кривая нагревания коллоидов содового солонца № 26.

изучение более глубоких слоев подзолистых и красноземных почв показало отсутствие минералов группы каолина. Во всех случаях исследованные нами почвы сформировались на глинах, которые уже содержали монтмориллонит**. Таким образом монтмориллонит является минералом материнских пород (в данном случае глин), на которых образовались почвы.

Кислый по своему существу подзолообразовательный процесс привел к частичному разрушению монтмориллонита коллоидов глин (глины эти могли образоваться в щелочных условиях). Одновременно с разрушением монтмориллонита под влиянием кислого подзолообразовательного процесса шло и образование новых минералов, минералов группы каолина.

Таким образом монтмориллонит является минералом материнской почвообразующей породы***, тогда как каолинит обязан своим появлением почвообразовательному процессу. Подзолистый процесс продуцирует каолинит и кварц. Подтверждение этому мы получили также при исследовании отдельных слоев выветривания шаровой отдельности из Цихис-дзири. В красноземной коре выветривания встречаются на разной глубине шаровые отдельности. В результате выветривания масса шаровой отдельности распадается на ряд слоев, из которых наиболее выветренным

* W. Noll считает, что монтмориллонит образуется в гидротермальных условиях.

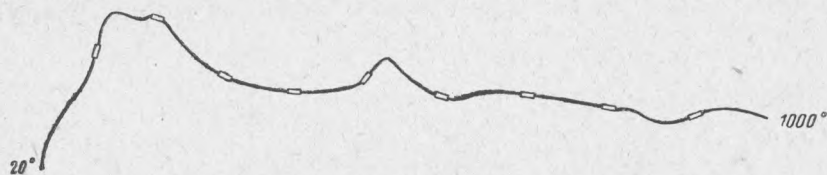
** Мы к сожалению не имеем в своем распоряжении подзолистой почвы, сформированной на изверженных породах.

*** Следует поэтому различать в коллоидах почв минералы почвенные, которые образовались в почвах (педолиты), и минералы материнских пород, перешедшие в почву и не успевшие разрушиться (детриты или петролиты).

является самый внешний из них. К центру идут менее выветренные слои, и в самом центре находится неизменная порода (порфирит). Изученная нами шаровая отдельность имела 18 слоев. Приводим рН для ряда слоев:

рН=	6.22;	6.34;	6.81;	6.34;	7.00;	6.65;	6.53;	6.17;	7.86;	8.42
№ слоев	1	2	3	5	7	9	11	13	16	18

В первых стадиях выветривания имеет место щелочная среда, тогда как на более поздних она сменяется слабокислой и кислой. Изменение реакции связано, понятно, с выносом оснований. Проведенные нами исследования 18-го слоя со щелочной реакцией и 5-го слоя с кислой реакцией показали, что коллоиды 18-го слоя представлены монтмориллонитом, тогда как кривая нагревания коллоидов 5-го слоя показывает присутствие наряду с монтмориллонитом небольших количеств каолинита (фиг. 3). О присутствии каолинита свидетельствует наличие эндотермической остановки при 550° и экзотермической остановки при 880°. Таким образом



Фиг. 3.—Кривые нагревания коллоидов шаровой отдельности. Слой 5.

монтмориллонит образуется на первых стадиях выветривания и в щелочных условиях. При наступлении кислых условий образуется каолинит.

Следовательно монтмориллонит и каолинит не образуются в одних физико-химических условиях, как это полагают Orsel и Cailler (6). Совместное нахождение монтмориллонита и каолинита свидетельствует о наступлении кислых условий. Не исключена однако возможность и обратного хода процесса, т. е. смены кислых условий на щелочные в результате засоления каолиновых глин.

6. Из наших исследований, приведенных выше, вытекает, что монтмориллонит образуется в щелочных условиях, тогда как каолинит—в кислой среде. Длительное господство щелочных или кислых условий должно привести к образованию монтмориллонитовых или каолиновых глин. Действительно, каолиновые глины приурочены к таким областям, где господствовали кислые условия. Уже давно замечено, что глины, подстилающие угольные пласты, являются каолиновыми глинами [Harrassowitz (7)]. Špalek (8) указывает, что каолин Моравии образовался в миоцене под воздействием органических кислот из торфяных болот. Такая связь каолиновых глин с торфами и углями станет ясной, если принять во внимание, что при образовании торфов и углей возникают гумусовые кислоты, которые, проникая в глубь подстилающих углей и торфы пород, сильно изменяют их. Это изменение направлено на образование устойчивых, в кислых условиях, каолиновых минералов.

Мы изучили совместно с С. Юсуповой (1938) несколько глин из Узбекистана, залегающих под пластами угля (Юрский возраст). Коллоиды этих глин содержали каолинит и кварц. Присутствие кварца рядом с каолинитом говорит о возможном разрушении монтмориллонита с образованием каолинита и кварца, как результате выноса полуторных окислов в кислой среде (главным образом алюминия).

Монтмориллонитовые глины в противоположность каолиновым приурочены к областям аккумуляции растворимых солей. Сыртовые глины, занимающие всю Каспийскую низменность, имеют монтмориллонитовый состав коллоидов⁽⁹⁾. Крымские глины килл⁽¹⁰⁾ и американские бентониты тоже связаны с областями распространения солонцов. Уже Ross и Shannon⁽¹¹⁾ указывали, что бентониты образовались в щелочной среде озер (вероятнее всего в результате солонцового процесса после исчезновения озер). Таким образом монтмориллонитовые глины приурочены к современным или древним аккумулятивным солонцовым областям, тогда как каолиновые глины связаны с элювиальными областями. В пределах одной области монтмориллонит и каолинит могли образоваться в результате длительного существования: в первом случае—щелочных условий и кислой среды—во втором случае.

Изучение минералогического состава коллоидных фракций фациальных отложений разных геологических периодов поможет восстановить историю развития отдельных областей. Исследование состава минералов почвенных коллоидов помогает решать многие вопросы генезиса и развития современных и древних почв.

Почвенный институт.
Академия Наук СССР.
Москва.

Поступило
25 I 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Акад. В. И. Вернадский и Курбатов, Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги (1937). ² И. Д. Седлецкий, Природа, № 1 (1937). ³ W. Noll, N. Jahrbuch. f. Mineralog., 70, 65 (1935). ⁴ J. Orsel, Congrès Intern. des Mines, I, 359 (1935). ⁵ В. А. Ковда, Солончаки и солонцы (1937). ⁶ J. Orsel et Caillet, C. R., 197, 774 (1933). ⁷ H. Harrassowitz, Laterit (1926). ⁸ Špalek, Věda přírodní, 17, 202 (1936). ⁹ И. Антипов-Каратаев и Седлецкий, Почвоведение, № 6 (1937). ¹⁰ Д. С. Белянкин и Иванов, ДАН, XVIII, № 3—4 (1937). ¹¹ K. Ross a. Shannon, Journ. Amer. Ceram. Society, 9, 77 (1926).