

И. Д. СЕДЛЕЦКИЙ

ПОЧВЕННЫЕ ОБМЕННЫЕ КАТИОНЫ И ИХ ГЕОХИМИЯ

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом 27 VIII 1939)

1. Всесторонние и подробные химические и коллоидно-химические исследования почв земного шара, проведенные до последнего времени, показали, что в числе главных обменных катионов в почвенном поглощающем комплексе встречаются только следующие пять элементов: Ca, Mg, H, Na и K (в порядке частоты их нахождения в почвах). Все же остальные элементы—металлы менделеевской таблицы, как например Li, Rb, Cs, Zn, Cu, Al, Fe и многие другие, или вовсе не встречаются в обменном состоянии в почвенном поглощающем комплексе, или же встречаются как обменные катионы, но в ничтожных количествах (1). Даже такой элемент как калий встречается в почвах в обменном состоянии лишь в весьма небольших количествах.

2. Такое специфическое положение Ca, Mg, H, Na и K среди остальных элементов на земной поверхности до настоящего времени не получило своего удовлетворительного объяснения. Можно было бы думать, что кальция, магния, водорода и натрия в почвах содержится в большем количестве, чем, например, калия. Между тем весовой кларк калия в 10 раз больше магния (10^{-1}) и равен кларку натрия (10^0). Кларк кальция в почвах составляет около 10^0 (2), тогда как водорода (10^1), а между тем обменный кальций наиболее часто встречается в почвах, чаще чем даже магний, водород, натрий и др. (Ферсман, 1934).

Причиной неисследованности этого явления явилась недостаточная изученность почвенного поглощающего комплекса составляющих коллоиды почв и глинистых соединений.

3. Изучение минералогического состава коллоидов почв и глин за последнее время показало наличие в них главным образом следующих коллоидных минералов (табл. 1) (2, 3).

Из табл. 1 видно, что все минералы почвенных коллоидов разделяются в основном на три группы: в первую группу входят магнезиальные и кальциевые алюмосиликаты (монтмориллонит и байделит), во вторую группу кислые водородные минералы (каолинит, дикиит, накрит, галлоизит и т. д.) и, наконец, третью группу составляют натриевые и калиевые минералы (гедройцит и мусковит—серицит). Отсюда следует, что коллоидные минералы в почвах встречаются именно такие, которые содержат в своем составе следующие металлы: Ca, Mg, H, Na, и K. А эти катионы и являются, как мы видели выше, главными обменными катионами почв. Таким образом, фиксируем здесь наличие тесной связи между составом коллоидных минералов почв и почвенными обменными катионами. Что это не случай-

Таблица 1

Главнейшие почвенные и глинистые минералы

Группы минералов	Название минералов	Химическая их формула
Кальциевые и магниевые минералы	Монтмориллонит	$(Ca, Mg)O \cdot Al_2O_3 \cdot 4-5 SiO_2 \cdot nH_2O$
	Байделит	$(MgO) \cdot Al_2O_3 \cdot 3 SiO_2 \cdot nH_2O$
Кислые водородные минералы	Каолинит	$(H) \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$
	Накрит	$(H) \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 4 H_2O$
	Диксит	$(Na_2O) \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$
Натриевые и калиевые минералы	Галлоизит	$(K_2O) \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$
	Гедройцит	
	Мусковит (серицит)	

ное совпадение, указывает также связь, существующая между составом минералов глин и их обменными катионами.

Бентонировые глины, имеющие монтмориллонитовый состав, всегда имеют обменные катионы—кальций и магний, в то время, как каолиновые глины содержат в качестве обменных катионов преимущественно водород.

Вообще парагенезис элементов коллоидов почв зависит от парагенезиса педолитов.

4. Изменение эруптивных пород почвообразовательными процессами идет в направлении образования таких вторичных минералов, которые содержат преимущественно Ca, Mg, H, Na и K. Выветривание эруптивов совершается, понятно, при участии биогенных факторов. В результате выветривания самых разнообразных горных пород на дневной поверхности земли возникают почвы и различные рыхлые геологические образования (лессы, глины и др.). Главнейшими минералогическими компонентами этих поверхностных образований являются кальциевые, магниевые, водородные, натриевые и калиевые алюмосиликатные вторичные минералы (2, 3).

Кальций, магний, водород, натрий и калий эруптивных пород при почвообразовании закрепляются в решетках вновь образующихся глинистых минералов. Все другие катионы эруптивов, поскольку они не участвуют в формировании новообразующихся вторичных минералов, удаляются из почв. Таким образом, характер миграции элементов в почвах зависит от геохимических условий, которые приводят к образованию глинистых минералов определенного состава. Составом коллоидных минералов в почвах объясняется преобладание в почвах обменных катионов Ca, Mg, H, Na и K.

Этот вывод целиком подтверждает указания А. Ферсмана о роли законов энергии решеток в почвоведении и о необходимости изучения парагенезиса элементов на основе парагенезиса минералов (4).

5. Обменные катионы распределяются по типам почв неравномерно. В черноземах обменные катионы состоят главным образом из Ca и Mg; в подзолистых почвах 80—96% от емкости обмена составляет водород и лишь 20—4% приходится на долю Ca и Mg. В солончаках решающую роль играет обменный Na, составляющий 50—70% от емкости обмена (30% относится за счет Ca и Mg). Если обменные катионы действительно связаны с минералогическим составом почвенного поглощающего комплекса, то тогда должны мы иметь в разных типах почв и разный состав педолитов. Такая зависимость действительно наблюдается (табл. 2).

Таблица 2

Связь состава обменных катионов с минералогическим составом коллоидов почв

Тип почвы	Обменные основания почвы	Состав минералов коллоидов	Обменные основания минералов
Чернозем мощный	{ Ca, Mg Na Ca Mg H Ca Mg	Монтмориллонит	Ca и Mg
Солонец содовый		Гедройцит	Na и K
		Монтмориллонит	Ca и Mg
Подзол		Каолинит	H
		Монтмориллонит	Ca и Mg

В почвенном поглощающем комплексе солонцов мы никогда не встречаем каолиновых минералов, что находится в полном согласии с составом обменных катионов, среди которых отсутствует водород^(2,3). В подзолистых почвах, богатых каолиновыми минералами, обменный водород доминирует среди обменных катионов.

Наличие в подзолистых почвах и солонцах обменных Ca и Mg объясняется присутствием в почвенном поглощающем комплексе монтмориллонита и байделита, которые присутствуют в подзолистых почвах как детритовые минералы. И, наконец, в черноземе коллоиды состоят из монтмориллонита и среди обменных оснований свыше 90% составляют Ca и Mg. Этим подтверждается существование зависимости состава обменных катионов почв от минералогического характера почвенного поглощающего комплекса.

6. Тесная связь обменных катионов с минералогическим составом коллоидов почв указывает на особый характер строения почвенных минералов. Первичные минералы эруптивных пород, например анортотлаз ($\text{NaK/AlSi}_3\text{O}_8$), хотя и содержат K, Na, Ca, Mg и другие металлы, однако благодаря компактной структуре этих минералов их катионы не обладают способностью обмениваться. Почвенные глинистые вторичные минералы обладают рыхлой, часто весьма подвижной эластичной структурой типа монтмориллонита, способствующей высокой емкости обмена. Наличие в коллоидных минералах почв обменных катионов подчеркивает специфичность этих минералов и особое устройство их кристаллических решеток, допускающих значительный обмен катионов. Монтмориллонит, например, обменивает 100% валового кальция и 32% магния; гедройцит обменивает 50% валового натрия.

В связи с этим интересно отметить, что количество обменного калия в почвах является очень низким по сравнению с остальными четырьмя обменными катионами Ca, Mg, H и Na. Объясняется это тем, что калий входит главным образом в состав мусковита—серицита, который обменивает лишь 3—5% своего валового калия.

Почвенный институт
Академия Наук СССР
Москва

Поступило
27 VIII 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ К. Гедройц, Хим., соц. земледелия, № 9—10 (1932). ² И. Седлецкий, ДАН, XXIII, № 6 (1939). ³ И. Седлецкий, Почвенная рентгенография (1939). ⁴ А. Ферсман, Геохимия, т. III (1937). ⁵ А. Ферсман, Геохимия, т. I (1934).