

УДК 631.413:631.415.2

ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КИСЛЫХ ПОЧВ

А. И. КУРБАТОВ, В. В. ОКОРКОВ, С. Н. АЛЕШИН

(Кафедра физической и коллоидной химии)

Агрегированность почв в значительной мере определяется величиной заряда поверхности ППК, которая зависит от электрокинетического потенциала. Значения последнего колеблются от 20 до 60 мВ [4], что связано с природой почвенных частиц, обменных катионов, составом и концентрацией солей в почвенном растворе. Установлены [6, 7] и более широкие колебания дзета-потенциалов почв — от 5 (черноземы) до 110 мВ (солонцы).

Почвы или отдельные минералы, входящие в их состав, могут быть перезаряжены под воздействием различных реагентов. Имеются сведения о возможности перезарядки талька раствором $FeCl_3$ [10], а также перезарядки почвенных коллоидов, имеющих высокое содержание полуторных окислов, путем понижения рН равновесных растворов соляной, серной и фосфорной кислотами [8], непосредственной перезарядки почв кислотами [2]. Вероятно, возможен положительный заряд поверхности ППК кислых почв, таких как сильноподзолистые и красноземные. Если данное предположение верно, то этим можно было бы объяснить адсорбцию анионов такими почвами.

Среди красноземов субтропиков СССР значительное место занимают почвы, относящиеся к оподзоленным красноземам (субтропический подзол), но они весьма мало изучены. И. П. Герасимов называет их «псевдоподзолами», указывая таким образом на кажущуюся аналогию процессов почвообразования этих почв с подзолистым процессом.

Нами изучались электрокинетические свойства следующих кислых почв: 1) краснозем, совхоз Салибаури Аджарская АССР (Батуми); 2) краснозем, филиал ВНИИЧиСК ГССР (Зугдиди); 3) субтропический подзол, филиал ВНИИЧиСК ГССР (Зугдиди); 4) сильноподзолистая, Краснополянский район Московской области (Белый Раст), взятая для сравнения со свойствами субтропического подзола.

Физико-химическая характеристика исследуемых почв приведена в таблице.

Из данных таблицы видно, что солевая вытяжка почв сильноокислая и незначительно изменяется по профилю, водная вытяжка средне- и слабокислая и довольно резко отличается от солевой, особенно у сильноподзолистой почвы. Для всех исследуемых почв характерна большая обменная кислотность, причем у красноземов она выше, чем у субтропического подзола и сильноподзолистой почвы. Обменная кислотность почв во многом зависит от содержания алюминия, что позволяет, учитывая результаты работы, представленные в [1], сделать вывод о лабильности кристаллической решетки минералов в анализируемых почвах. У красноземов и субтропического подзола кислотность вниз

Физико-химическая характеристика красноземов и подзолистых почв

Глубина, см	Углерод по Тюрину, %	pH _{вод}	pH _{сол}	Обменная кислотность, моль · 10 ³ /кг	
				H ⁺	Al ³⁺
Краснозем (Батуми)					
0—30	5,01	4,83	3,95	0,07	2,03
40—50	1,91	5,03	4,03	0,07	1,53
100—110	0,37	4,80	3,85	0,07	2,28
Краснозем (Зугдиди)					
0—14	1,64	5,50	3,70	0,07	2,64
16—27	0,77	4,95	3,65	0,07	5,73
50—60	0,32	5,20	3,65	0,07	3,98
83—93	0,20	5,25	3,60	0,03	5,99
Субтропический подзол					
2—18	2,28	5,35	4,05	0,07	0,55
19—29	0,91	5,23	4,08	0,07	0,65
35—45	0,51	5,30	3,95	0,07	0,82
62—72	0,35	5,20	3,80	0,07	1,44
100—108	0,20	5,53	3,70	0,07	1,48
Сильподзолистая почва					
6—12	1,89	4,10	3,33	0,14	2,15
12—26	0,26	4,60	3,95	0,07	0,94
26—41	0,20	4,95	3,65	0,07	1,51
41—69	0,20	5,33	3,70	0,03	0,80
69—91	0,19	5,95	3,95	0,07	0,34

по профилю увеличивается, отсюда следует, что процессы выветривания первичных и вторичных минералов глубоко затронули материнскую породу. В сильноподзолистой почве эти процессы выражены в меньшей степени и кислотность вниз по профилю постепенно уменьшается.

Изучаемые почвы отличаются невысоким содержанием гумуса, особенно мало его в красноземе (Зугдиди), что определяет эту почву как смывную.

Электрокинетический потенциал измеряли методом потенциала протекания и вычисляли по уравнению

$$\zeta = \frac{4\pi\eta\kappa_v}{D} \cdot \frac{E}{P} \cdot \alpha,$$

где η и D — соответственно коэффициент вязкости и диэлектрическая постоянная воды; E — потенциал протекания; P — давление дисперсионной среды на почвенную диафрагму; α — поправка на значение поверхностей проводимости (коэффициент эффективности диафрагмы). Подробное описание методики измерения потенциала протекания и приготовления почвенных диафрагм приведено в работе [9]. Полученные результаты представлены в виде графиков (рис. 1 и 2).

Установлено, что верхние горизонты (0—15 см) всех исследуемых почв имеют отрицательный заряд.

У изучаемых почв вниз по профилю отрицательное значение дзета-потенциала уменьшается, причем у красноземов оно проходит через нуль и приобретает положительный знак. В подзоле и субтропическом подзоле отрицательное значение дзета-потенциала сначала уменьшается с глубиной, затем несколько возрастает.

Изменение значения и знака дзета-потенциала по профилю обусловлено рядом причин: уменьшением содержания почвенного гумуса, изменением реакции среды, обогащением иллювиальных горизонтов полуторными окислами.

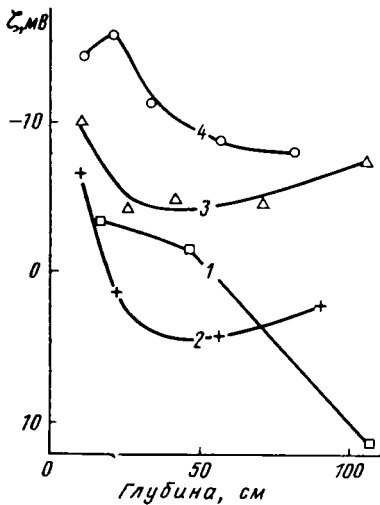


Рис. 1. Изменение электрокинетического потенциала по профилю почв:

1 и 2 — краснозем из Батуми и Зугдиди; 3 — субтропический подзол; 4 — сильноподзолистая почва.

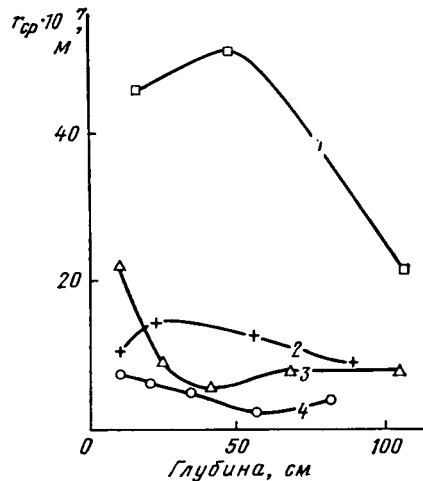


Рис. 2. Изменение среднего радиуса пор почвенных диафрагм по профилю почв.

Обозначение те же, что на рис. 1.

Диссоциация карбоксильных групп органического вещества почвы определяет отрицательный знак термодинамического потенциала и дзета-потенциала почв, особенно в верхних горизонтах. Содержание гумуса вниз по профилю уменьшается, что приводит к ослаблению действия этого фактора в нижних горизонтах. В то же время усиливается действие другого фактора — гидроокисей полуторных окислов. Последние при образовании в естественных условиях (гидролиз минералов) имеют положительный заряд. Адсорбируясь на поверхности ППК, гидроокиси заряжают ее положительно, причем в красноземах, содержащих до 25 % валовых R_2O_3 , они могут играть решающую роль в определении знака и величины заряда. В литературе отмечается [12], что при смешивании отрицательно заряженного золя кварца с положительно заряженным золем гидроокиси железа положительное значение дзета-потенциала наблюдалось при 10—25%-ном содержании Fe_2O_3 в смеси.

У краснозема (Зугдиди) положительное значение дзета-потенциала максимально на глубине около 50 см, у краснозема (Батуми) — на глубине 100—170 см, что свидетельствует о наибольшем содержании в этих горизонтах слабоокристаллизованных гидроокисей полуторных окислов. Благодаря положительному заряду поверхности ППК красноземов становится возможным физико-химическое поглощение нитратных форм азотных удобрений. Однако величина заряда в красноземах и субтропическом подзоле невелика, что характеризует их как почвы с малой емкостью поглощения, из которых сравнительно, легко могут удаляться как катионы, так и анионы. Это необходимо учитывать при определении дозы и сроков внесения удобрений.

Большое количество аморфных полуторных окислов в составе красноземов обуславливает не только изменение знака заряда, но и связывание ими фосфорных удобрений. Поэтому, прежде чем вносить фосфаты, целесообразно применять органические удобрения, которые, взаимодействуя с полуторными окислами по типу взаимной коагуляции, связывают их, увеличивают отрицательный заряд ППК и уменьшают фиксацию фосфатов [1].

Сильноподзолистая почва, хотя и отличается от других кислых почв характером изменения дзета-потенциала по профилю, имеет сход-

ство с субтропическим подзолом: во всех горизонтах его значения отрицательные. Красноземы же с глубины 20—50 см заряжены положительно.

При уменьшении дзета-потенциала усиливается агрегирование почвенных частиц, что должно сказаться на фильтрационных свойствах почв.

У исследуемых почв коэффициенты фильтрации и средний радиус пор различны. Характер изменения коэффициентов фильтрации по профилю у краснозема Батуми и краснозема Зугдиди одинаковый, а фильтрационная способность у первого значительно выше, что связано с большей продолжительностью процессов выветривания и почвообразования. Средний радиус пор красноземов максимален при дзета-потенциале, близком нулевому. Наибольшие значения среднего радиуса пор, по-видимому, обусловлены тем, что нейтральные агрегаты коллоидов почв образуют рыхлые коагуляционные структуры органо-минерального характера, которые вследствие отсутствия заряда мало меняются с течением времени. Гумус играет важную роль в образовании крупных агрегатов и создании большого среднего радиуса пор. Так, его содержание в красноземе Батуми составляло 8,64 %, в то время как в зугдидском красноземе — лишь 2,83 %, соответственно и радиусы пор были равны $46,4 \cdot 10^{-7}$ и $10,5 \cdot 10^{-7}$ м.

В субтропическом подзоле и сильноподзолистой почве средний радиус пор меньше, чем в красноземах. Характер изменения среднего радиуса пор по профилю у этих почв сходен. В отличие от красноземов средний радиус пор максимален в верхнем горизонте, в иллювиальном горизонте он уменьшается, что отражает процесс лессиважа высокодисперсных продуктов разрушения.

Наличие ряда общих свойств у субтропического подзола и сильноподзолистой почвы, отличающих их от красноземов, свидетельствует о гомологичности указанных почв. Это связано с тем, что сильноподзолистая почва и субтропический подзол развивались при промывном режиме на осадочных породах, в которых преобладали кислые силикаты: первая почва на покровном суглинке, вторая — на речных наносах. Реки, протекающие по Рионской плите, которая сложена преимущественно из морских осадков известняково-мергелистого состава [1, 11], разрушают и переотлагают данные породы. На этих осадочных породах и развивались субтропические подзолы.

Красноземы развивались на изверженных основных породах. Порода, на которых формировался краснозем в районе Батуми, возникли в третичный период в результате вулканической деятельности. В это время происходило накопление крупных толщ изверженных пород: андезитовых лав, туфогенов и туфобрекчий. Вследствие горообразовательной деятельности в юго-западной Грузии (Аджарская АССР) создались горные системы, в основном сохранившиеся до наших дней [11]. Краснозем в районе Зугдиди развился на более основных породах, образовавшихся в четвертичный период во время подъема горных цепей Кавказа [11].

В то же время в силу аналогичных условий почвообразования красноземов и субтропических подзолов у этих почв имеются не только различия, но и ряд общих свойств: характер изменения дзета-потенциала и кислотности по профилю, высокое содержание аморфных окислов.

Заключение

Красноземы имеют положительный дзета-потенциал, что объясняет значительную адсорбцию анионов этими почвами. Значения их дзета-потенциалов колеблются от $-2,0$ (Батуми) и $-6,0$ мВ (Зугдиди) в верхних горизонтах до соответственно 11,3 и 4,0 мВ в нижних. Сред-

ние радиусы пор и коэффициенты фильтрации наибольшие в горизонтах, в которых дзета-потенциал близок или равен нулю.

Дзета-потенциал субтропического подзола и сильноподзолистой почвы таежной зоны по всему профилю имеет отрицательные значения: в верхних горизонтах —10...—15, в нижних —8 мВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин С. Н. Роль водородного иона в процессе выветривания и почвообразования. — Автореф. докт. дис. М., 1951. — 2. Антипов-Каратаев И. Н., Вишняков А. П., Сочеванов В. Г. К изучению природы поглощающего комплекса. Связывание анионов и Са почвами и их компонентами при различных значениях рН среды. — Тр. Ленингр. отд., вып. 23 (ВАСХНИЛ и ВНИИУА им. К. К. Гедройца), 1933. — 3. Герасимов И. П. Что такое субтропические подзолы Абхазии? — Почвоведение, 1966, № 11, с. 48—53. — 4. Горбунов Н. И. Минералогия и коллоидная химия почв. М.: Наука, 1974. — 5. Григоров О. Н., Маркович А. В. Электрокинетические свойства капиллярных систем. М.—Л.: АН СССР, 1956. — 6. Гурьева Н. А., Курбатов А. И. Электрокинетические свойства солонцов и солонцеватых почв Северного Казахстана. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 6, с. 119—122. — 7. Курбатов А. И. Определение электрокинетического потенциала почв. — Изв. ТСХА, 1970, вып. 5, с. 225—228. — 8. Маттсон С. Почвенные коллоиды. М.: Сельхозгиз, 1938. — 9. Окорков В. В., Курбатов А. И. Методика определения электрокинетического потенциала почв методом потенциала протекания. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 3, с. 121—127. — 10. Рабинерсон А. И. Проблемы коллоидной химии. Л.: ОНТИ, 1937. — 11. Страхов Н. М. Историческая геология. М.: Гос. уч.-пед. изд-во Наркомпроса РСФСР, 1938. — 12. Чернобережский Ю. М., Кулешина Л. Н. Исследование связи между дзета-потенциалом, суспензионным эффектом и изменением чисел переноса ионов в бинарных смешанных системах, состоящих из частиц различной химической природы. — В сб.: Электроповерхностные явления в дисперсных системах. М.: Наука, 1972, с. 29—33.

Статья поступила 27 мая 1980 г.

SUMMARY

Red soils differ in their electrokinetic characteristics from podzolized red soils (subtropical podzols) and podzolic soils. In the upper horizons of red soils the values of ζ -potential are negative, deeper than 20—50 cm they are positive, and in subtropical podzol and in the modal podzol of taiga the values are negative along the entire profile.

Variations of ζ -potential and acidity in red soils and podzolized red soils have some common features, though red soils were formed on igneous basic rocks, while podzolized red soils—on sedimentary rocks. Soil formation on sedimentary rocks in subtropics resulted in some features of podzolic type of soil formation, though the characters of the red soil type are more typical for the soils formed.