

Н. НИКОЛОВ

СОРБЦИЯ ФОСФАТОВ В СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ БОЛГАРИИ И РОЛЬ ПОДВИЖНОГО Fe и Al, ОБМЕННЫХ ОСНОВАНИЙ И МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА В ЕЕ ОБУСЛОВЛИВАНИИ

Познание процесса фосфатной сорбции является важным звеном в изучении фосфатного режима почв. Современные представления о характере и механизмах сорбционного процесса отличаются большим разнообразием [1, 8, 11, 17—23].

Способность почв поглощать фосфаты не является случайной, а обусловлена их свойствами и находится в определенной зависимости от генетических процессов почвообразования.

Опытами на модельных веществах экспериментально доказана способность ряда возможных компонентов почвы поглощать фосфаты. Поэтому фосфатную сорбцию можно рассматривать как суммарный процесс, состоящий из ряда процессов, протекающих одновременно, но с различной скоростью, и влияющих друг на друга [2, 4—7, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 19].

Цель настоящей работы заключается в установлении фосфатной поглощательной способности некоторых серых лесных почв в зависимости от концентрации фосфатного раствора и в выявлении определенной зависимости между свойствами и генетическими особенностями почв и способностью последних поглощать фосфаты.

Решение поставленной задачи основывается на положении, что не следует искать зависимость между общей фосфатной сорбцией и свойствами почвы, а общую фосфатную сорбцию нужно расчленить на составляющие ее компоненты, которые можно коррелировать с некоторыми свойствами почвы, так как между ними существует непосредственная связь.

Согласно поставленной цели, составлена и методика этой работы, базирующаяся на методе Чанга и Джексона [15].

Отдельные навески по 2,5 г почвы заливали 10 мл раствора фосфата калия определенной концентрации и рН 6. Образцы выдерживали 20 суток при $25 \pm 1^\circ\text{C}$ и ежедневно взбалтывали в течение 1 часа. После этого суспензию фильтровали и в фильтрате определяли равновесную концентрацию P_2O_5 . Почву на фильтре несколько раз промывали этиловым спиртом, высушивали и анализировали на содержание «слабосвязанного фосфора» и фосфора, связанного с Al, Fe и Ca. Приводим схематически ход анализа и обозначения, которые для краткости использовали в этой работе.

St—общая сорбция, определенная по разности между исходной концентрацией C_0 и равновесной концентрацией $\text{C}_\text{с}$ фосфатного раствора.

Scс—фосфор, сорбированный сорбционной группой слабосвязанного фосфора. Из-

влекается 5-кратной обработкой 1н NH_4Cl и определяется по уравнению $S_{\text{св}} = S_T - (S_{\text{Al}} + S_{\text{Fe}} + S_{\text{Ca}})$.

S_{Al} — фосфор, сорбированный сорбционной группой Al. Извлекается 0,5н NH_4Fe .

S_{Fe} — фосфор, сорбированный сорбционной группой Fe. Извлекается 0,1н NaOH (частично редукцией дитионитом натрия в присутствии цитрата натрия).

S_{Ca} — фосфор, сорбированный сорбционной группой щелочно-земельных металлов, главным образом Ca. Извлекается 0,5н H_2SO_4 .

Справедливость равенства $S_T = S_{\text{св}} + S_{\text{Al}} + S_{\text{Fe}} + S_{\text{Ca}}$ была экспериментально проверена.

Из табл. 1 видно, что в почвах наблюдаются значительные различия по механическому составу как в поверхностных горизонтах отдельных почв, так и в дифференциации между А и В горизонтами.

Различия в механическом составе А и В горизонтов, как и разница в дифференциации между ними, в отдельных почвах является результатом различных условий и процессов разрушения первичных алюмосиликатов и образования вторичных минералов, а также и переноса материалов из горизонтов А в горизонты В. Разница в протекании этих процессов обуславливает различия в содержании и в качественном составе наиболее тонкой и наиболее активной в поверхности — сорбционных явлениях части почвы.

Как видно из приведенных данных (рис. 1 и 2), эти различия в содержании и в качественном составе мелкодисперсной фракции почв на-

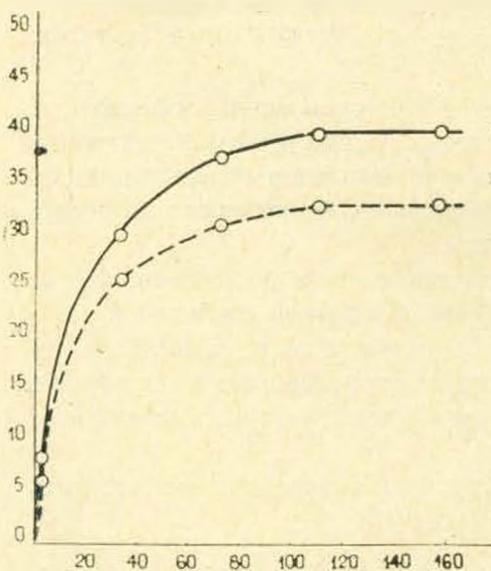


Рис. 1. Изотермы сорбции фосфатных анионов горизонтами A_1 и B_1 серой лесной почвы из с. Николаево Плевенского округа. На оси абсцисс — концентрация (мг $\text{P}_2\text{O}_5/\text{мл}$); на оси ординат — сорбция P_2O_5 (мг/1 г почвы).

— — — — горизонт A_1 0—24 см,
 ————— горизонт B_1 40—72 см.

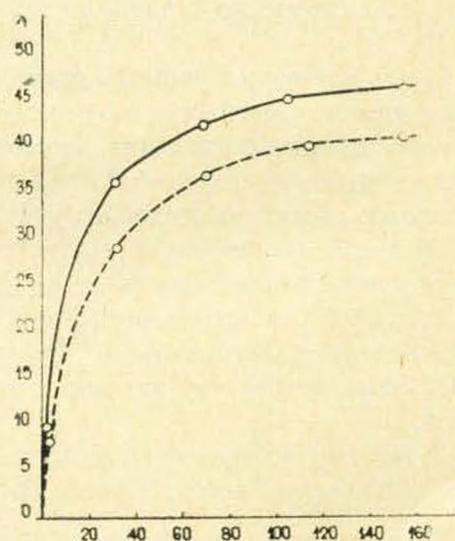


Рис. 2. Изотермы сорбции фосфатных анионов горизонтами A_1 и B_1 темносерой лесной почвы из с. Стубел Михайловградского округа. На оси абсцисс — концентрация (мг $\text{P}_2\text{O}_5/\text{мл}$); на оси ординат — сорбция P_2O_5 (мг/1 г почвы).

— — — — горизонт A_1 0—30
 ————— горизонт B_1 0—30 см.

Таблица 1

Некоторые основные показатели исследованных почв

Название почвы и пункта	Горизонт и глубина, см	рН		Емкость поглощения катионов	Кислотность (обмен+гидролит.)	Обменный Al^{+++}	Обменные основания	Fe_2O_3 по Тамму	Al_2O_3 по Тамму	Гумус	Физическая глина < 0,01, мм	Ил < 0,001, мм
		H_2O	KCl									
Светло-серая лесная почва, с. Главци Михайловградского округа	A ₁ 0—10	5,75	4,75	14,6	5,0	2,2	9,6	1100	475	1,44	44,7	21,7
	B ₁ 45—55	5,1	3,45	36,0	13,7	10,4	22,3	540	566,2	0,65	75,0	62,8
Серая лесная почва с. Николаево Плевенского округа	A ₁ 0—24	5,85	4,4	20,7	4,8	0,5	15,9	1390	391,2	2,41	43,7	21,8
	B ₁ 50—60	5,45	3,8	31,0	5,7	1,9	25,3	950	543,7	1,06	61,6	45,6
Темно-серая лесная почва с. Стубел Михайловградского округа	A ₁ 0—20	6,35	4,85	28,7	3,9	0,2	24,8	1635	490	2,06	58,5	33,8
	B ₁ 45—55	5,65	3,95	42,1	5,7	1,4	36,4	867,5	638,8	1,16	74,7	60,4
Светло-серая лесная почва на песках с. Приселци Варненского округа	A ₁ 0—8	6,9	6,4	12,7	1,3	нет	11,4	72,5	177,5	2,24	14,6	3,3
	B ₁ 60—70	5,2	3,8	17,1	3,5	1,3	13,6	125,0	312,5	0,35	28,0	21,3

ходят отражение определенным образом и в способности отдельных почв и горизонтов поглощать фосфаты. Изотермы общей сорбции в горизонтах В по сравнению с А горизонтом во всех случаях свидетельствуют о большей сорбции.

Все исследованные нами серые лесные почвы в значительной степени подверглись процессу выщелачивания. В результате этого в различном количестве и на различную глубину вымыты подвижные соединения Са, такие как CaCO_3 , освободившийся Са при выветривании Са-содержащих силикатов и др.

В результате окисления, которое возрастает от темно-серой к светло-серой лесной почве, выщелачивание подвижных соединений Са еще больше усиливается и затрагивает обменный Са в почвенном катионно-поглощающем комплексе. Таким образом, количество подвижного Са в этих почвах находится в тесной связи со специфическими генетическими процессами и в основном представлено в виде обменного катиона.

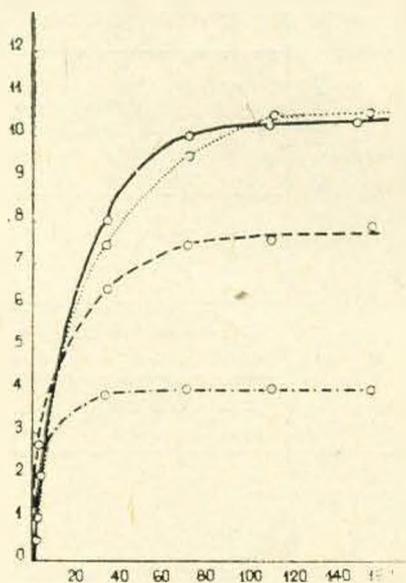


Рис. 3. Изотермы сорбции фосфатных анионов сорбционными группами Al, Fe, Ca и «слабосвязанного фосфора» в горизонте A_1 серой лесной почвы из с. Николаево Плевенского округа. На оси абсцисс—концентрация (мг $\text{P}_2\text{O}_5/\text{мл}$); на оси ординат—сорбция P_2O_5 (мг/100 г почвы).

— — — сорбционная группа Al, сорбционная группа Fe,
 - · - · - сорбционная группа Ca, — сорбционная группа «слабосвязанного фосфора».

Как видно из рис. 3, 4, 5, 6, изотермы сорбционной группы Ca отражают именно эти различия. В более сильноокисленных и в легких, с меньшей емкостью поглощения горизонтах наблюдаются менее развитые сорбционные группы Ca.

Вся совокупность этих процессов определяет количество и качество

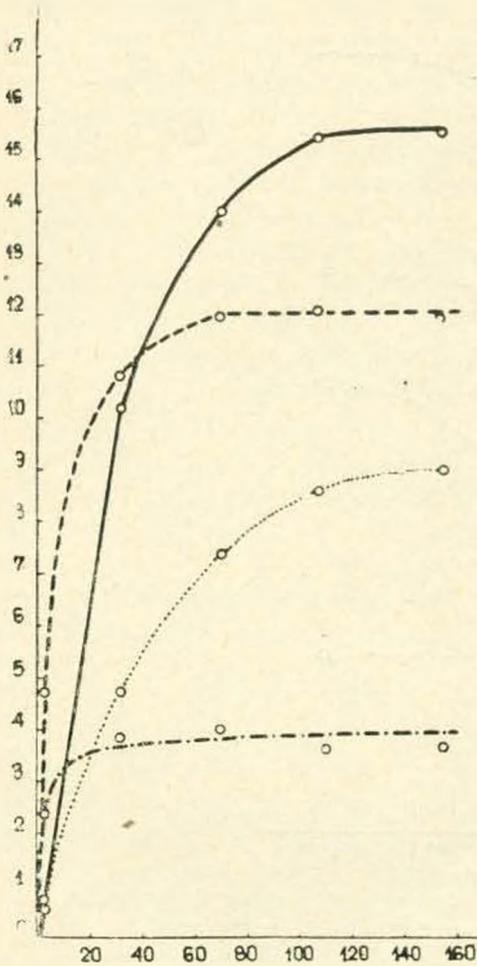


Рис. 4. Изотермы сорбции фосфатных анионов сорбционными группами Al, Fe, Ca и «слабосвязанного фосфора» в горизонте B_1 серой лесной почвы из с. Никодаево Плевенского округа. На оси абсцисс—концентрация (мг P_2O_5 /мл); на оси ординат—сорбция P_2O_5 (мг/л г почвы).

— — — сорбционная группа Al, ····· сорбционная группа Fe,
 - · - · - сорбционная группа Ca, — сорбционная группа «слабосвязанного фосфора».

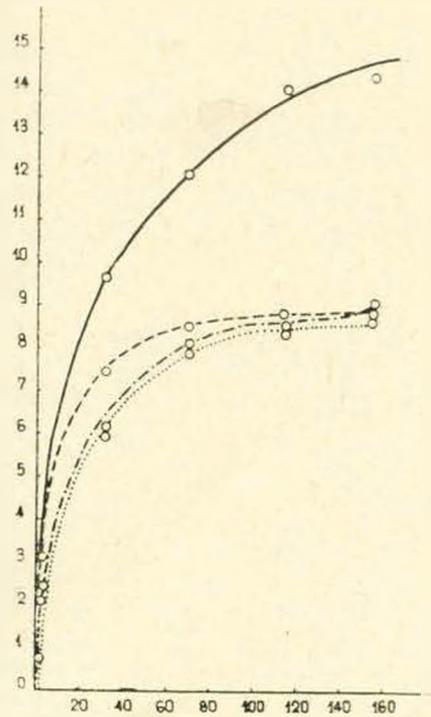


Рис. 5. Изотермы сорбции фосфатных анионов сорбционными группами и «слабосвязанного фосфора» в горизонте A_1 темно-серой лесной почвы из с. Стубел Михайловградского округа. На оси абсцисс—концентрация (мг P_2O_5 /мл); на оси ординат—сорбция P_2O_5 (мг/л г почвы).

соединений Fe [12]. Характерно, что в горизонтах A в результате процессов лабилизации и деструкции, особенно в сильноокислых почвах и при отсутствии процесса интенсивного глинообразования, наблюдается максимум подвижного Fe. В горизонтах B, где протекает интенсивное глинообразование, Fe конзуммируется для синтеза глины и здесь наблюдается значительно меньше подвижного Fe (табл. 1). Из данных, приведенных на рис. 3, 4, 5, 6, видно, что изотермы сорбционной группы Fe для отдельных почв и горизонтов выражают эту характерную особенность.

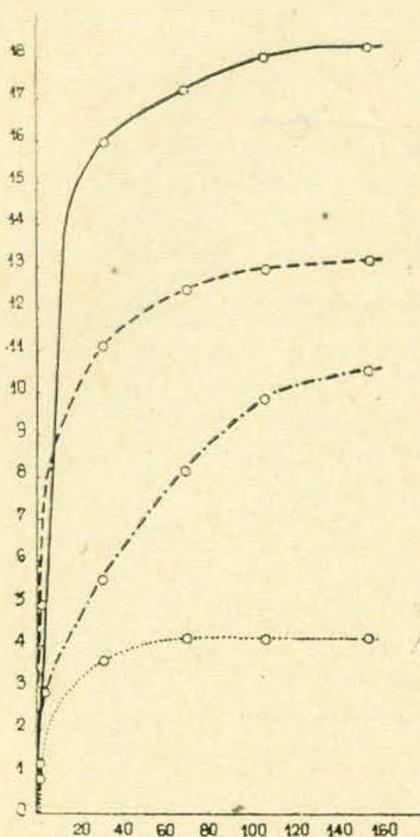


Рис. 6. Изотермы сорбции фосфатных аннионов сорбционными группами Al, Fe, Ca и «слабосвязанного фосфора» в горизонте В₁ темно-серой лесной почвы из с. Стубел Михайловградского округа. На оси абсцисс—концентрация (мг P₂O₅/мл); на оси ординат—сорбция P₂O₅ (мг/1 г почвы).

В отношении подвижного Al исследованные почвы также отличаются (табл. 1). Большие количества подвижного Al (по Тамму) наблюдаются в более тяжелых по механическому составу почвах и горизонтах, что является результатом разрушения хорошо выкристаллизованных первичных алюмосиликатов и образованием вторичных минералов, как гидроокиси Al, и глинистых минералов со значительным количеством подвижного Al.

Таким образом, в противоположность Fe количество подвижного Al больше в В горизонтах и меньше в А горизонтах. Эта же закономерность подтверждается и изотермами сорбционной группы Al для различных почв. В более тяжелых В горизонтах сорбционная группа Al развита сильнее, а в более легких А горизонтах она слабее (рис. 3, 4, 5, 6).

Следовательно, сорбционные группы Al, Fe и Ca находятся в непосредственной связи со свойствами почв, которые, со своей стороны, являются следствием конкретных почвообразовательных процессов. В этом

смысле можно утверждать, что отдельные сорбционные группы генетически обусловлены. Установленные в данном случае соотношения отдельных сорбционных групп довольно ясно отражают характерные отличия в весьма близких в генетическом отношении почвах. Еще рельефнее соотношения между развитием отдельных сорбционных групп должны наблюдаться в генетически отдаленных почвенных типах.

В связи с изложенным возникает вопрос о реальном смысле каждой сорбционной группы и критерии, на основании которых можно оценить величину каждой из них в данной почве, или — при другом подходе, — располагая некоторыми данными химических, физических и минералогических свойств почвы, предвидеть в определенных условиях размер сорбции в отдельных сорбционных группах, а отсюда и суммарную сорбцию.

Наши данные показывают, что возможно более строго определить сорбционные группы и связать их с некоторыми показателями почвы, благодаря чему понятие о сорбционных группах приобретает определенный реальный смысл.

На рис. 7, 8, 9, 11, 12 представлены количества P_2O_5 , сорбированные отдельными сорбционными группами в функции от некоторых показателей 8 исследованных образцов, представляющих A_1 и B_1 горизонты четырех серых лесных почв. На рис. 7 показана зависимость между максимальным количеством P_2O_5 , сорбированным S_{cc} (при $C_0 = 165,5$ мг P_2O_5 (мл) и содержанием физической глины (частицы $< 0,01$ мм). Очевидно, что та часть фосфатной сорбции, которую называем «слабосвязанным фосфором» (S_{cc}), возрастает линейно с возрастанием физической глины. Интересно при этом, что количество ила (частицы $< 0,001$ мм) можно объяснить только частично сорбцией «слабосвязанного фосфора», а полностью величина S_{cc} объясняется содержанием физической глины. Это и понятно, если иметь в виду, что при увеличении дисперсности частиц граница $0,01$ мм является и границей, с которой сильно нарастает суммарная поверхность и свободная энергия частиц, а отсюда и их способность обуславливать поверхностно-сорбционные явления. Отсюда следует, что в исследованных бескарбонатных почвах количество физической глины представляет смысл сорбционной группы «слабосвязанного фосфора». На рис. 8 показано, что количество P_2O_5 , сорбированное сорбционной группой Al (S_{Al}), зависит линейно от количества оксидно-растворимого Al (по Тамму) в почвах. Логично предположить, что оксидно-растворимый Al (по Тамму) состоит главным образом из обменного Al на базальных поверхностях глинистых минералов, гидроокиси Al и Al на боковых поверхностях глинистых минералов.

Из табл. 2 видно, что максимальное количество P_2O_5 , которое могло быть связано обменным Al (при протекании реакции по уравнению $Al^{3+} + H_2PO_4^- = AlPO_4 + 2H^+$ составляет незначительную часть общего количества P_2O_5 , сорбированного сорбционной группой Al . Отсюда следует, что преобладающая часть S_{Al} обуславливается гидроокисью Al и Al на боковых поверхностях глинистых минералов. Из последних двух механизмов, по-нашему мнению, преобладает связывание фосфат-

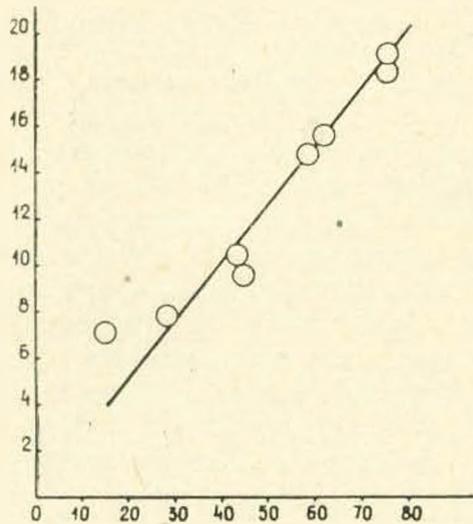


Рис. 7. Зависимость между сорбцией фосфатных анионов сорбционной группой «слабосвязанного фосфора» и содержанием физической глины в горизонтах A_1 и B_1 серых лесных почв. На оси абсцисс—содержание физической глины, %; на оси ординат—сорбция P_2O_5 , (мг/1 г почвы) сорбционной группой «слабосвязанного фосфора» при $C_0=165,5$ мг P_2O_5 /мл.

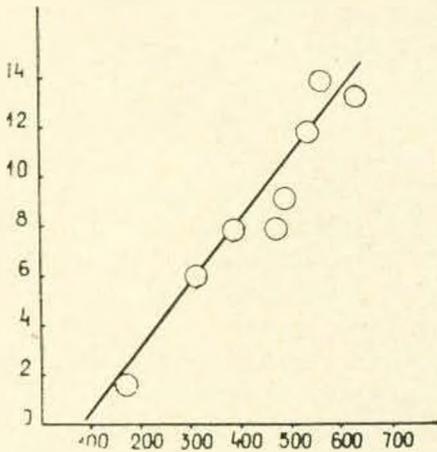


Рис. 8. Зависимость между сорбцией фосфатных анионов сорбционной группой Al и содержанием подвижного Al (по Тамму) в горизонтах A_1 и B_1 серых лесных почв. На оси абсцисс—мг $Al_2O_3/100$ г почвы; на оси ординат—сорбция P_2O_5 , мг/1 г почвы сорбционной группой Al при $C_0=165,5$ мг P_2O_5 /мл.

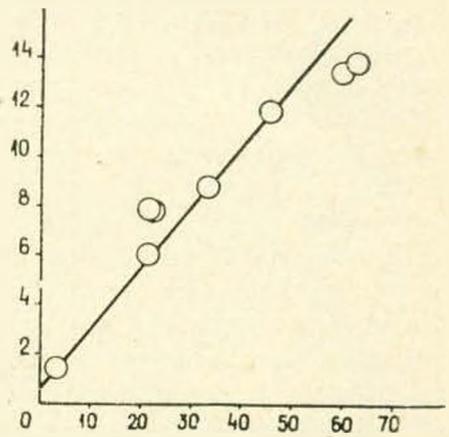


Рис. 9. Зависимость между сорбцией фосфатных анионов сорбционной группой Al и содержанием ила в горизонтах A_1 и B_1 серых лесных почв. На оси абсцисс—содержание ила в процентах; на оси ординат—сорбция P_2O_5 , мг/1 г почвы сорбционной группой Al при $C_0=165,5$ мг P_2O_5 /мл.

Таблица 2

Сорбция P_2O_5 сорбционной группой Al и обменным Al^{+++}

Название почвы и пункта	Горизонт и глубина, см	P_2O_5 , связанная обменным Al (при $C_0=165,5$ мг P_2O_5 , мл) в мг экв./100 г почвы	P_2O_5 , связанная сорбционной группой Al (при $C_0=165,5$ мг P_2O_5 , мл)	
			в мг экв./100 г почвы	в мг P_2O_5 /100 г почвы
Светло-серая лесная почва с. Главаци Михайловградского округа	A ₁ 0—10	2,2	33,5	793
	B ₁ 45—55	10,4	58,4	1381
Серая лесная почва с. Николаево Плевенского округа	A ₁ 0—24	0,5	33,5	793
	B ₁ 50—60	1,9	49,9	1182
Темно-серая лесная почва с. Стубел Михайловградского округа	A ₁ 0—20	0,2	37,2	880
	B ₁ 45—55	1,4	55,5	1313
Светло-серая лесная почва с. Приседци Варненского округа	A ₁ 0—8	0,0	5,7	135
	B ₁ 60—70	1,3	25,6	605

ных анионов с Al на боковых поверхностях глинистых минералов, причем фосфатные анионы в зависимости от концентрации могут конкурировать с органическими молекулами в отношении сорбционных мест и даже десорбировать их. Эта точка зрения подтверждается данными рис. 9, где показана зависимость между количеством P_2O_5 , сорбированным S_{Al} и содержанием пла в образцах. Следовательно, количество глинистых минералов вместе с гидроокисью Al представляет сущность сорбционной группы Al. Этот вывод подтверждается и данными рис. 10, где показано, что в каолините преобладающая часть фосфора связана с Al.

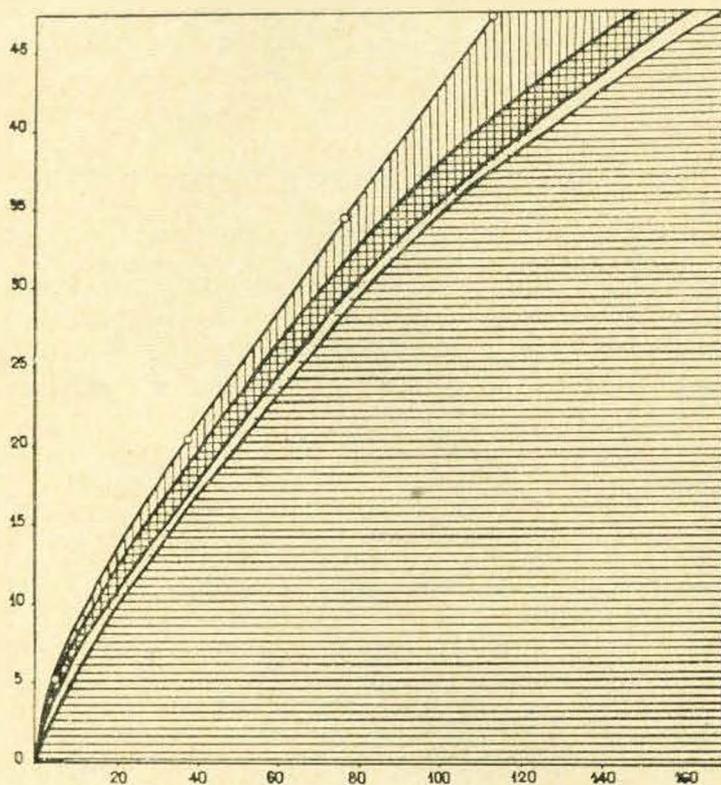
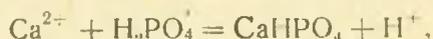


Рис. 10. Изотерма сорбции фосфатных анионов на каолините и ее компоненты. На оси абсцисс — концентрация — мг P_2O_5 /мл; на оси ординат — сорбция P_2O_5 , мг/л г почвы, —o— общая сорбция, \diagup — P_2O_5 , сорбированный сорбционной группой Al, \square — P_2O_5 , сорбированный сорбционной группой Fe, $\begin{array}{|c|c|} \hline | & | \\ \hline | & | \\ \hline \end{array}$ — P_2O_5 , сорбированный сорбционной группой Ca, $\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline | & | & | & | \\ \hline \end{array}$ — P_2O_5 , сорбированный сорбционной группой „слабосвязанного фосфора“.

На рис. 11 изображена сорбция фосфатов сорбционной группы Ca (S_{Ca}) в зависимости от количества обменных оснований в почвах: с возрастанием количества обменных оснований (среди которых преобладает обменный Ca) возрастает и величина S_{Ca} .

Сопоставление данных о количестве обменных оснований и P_2O_5 (в мг-экв на 100 г почвы) при условии, что реакция протекает по уравнению



показывает, что величина S_{Ca} никогда не превышает количество обменных оснований и составляет в среднем 80%, а в некоторых случаях 100% от их количества. Этот факт говорит о том, что величина S_{Ca} практически количественно равна эквивалентному количеству обменных оснований, способных связывать фосфаты. Эта зависимость дает основание считать, что количество обменных оснований, способных связывать обменные анионы, составляет основную часть сорбционной группы Ca в исследованных бескарбонатных почвах.

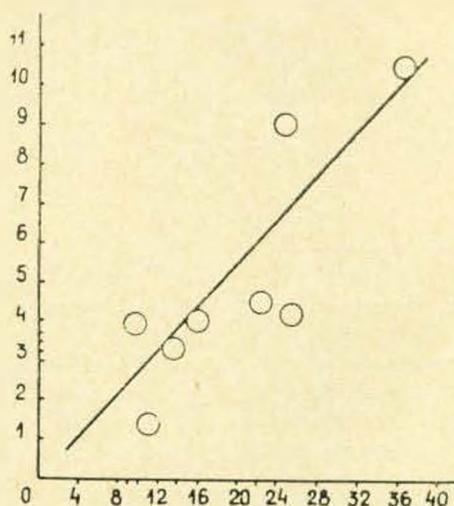


Рис. 11. Зависимость между сорбцией фосфатных анионов сорбционной группой Ca и содержанием обменных оснований в горизонтах A_1 и B_1 серых лесных почв. На оси абсцисс—мг-экв обменных оснований на 100 г почвы; на оси ординат—сорбция P_2O_5 , мг/1 г почвы сорбционной группой Ca при $C_0 = 165,5$ мг P_2O_5 /мл.

Данные рис. 12 показывают, что подвижный Fe в почве составляет сущность сорбционной группы S_{Fe} . Необходимо отметить, однако, что количество подвижного Fe, определенного в оксалатной вытяжке Тамма, далеко не идеальный эквивалент сорбционной группы Fe. В понятие подвижное железо включаются как некоторые подвижные его формы в первичных минералах в процессе их выветривания, так и некоторые его лабильные формы, включающиеся во вторичные минералы в процессе глинообразования. Кроме того, в понятие подвижное железо входят и его несиликатные формы рода $Fe(OH)_3$, значительно отличающиеся по степени выкристаллизованности [3]. Оксалатная вытяжка по Тамму—весьма сильный растворитель и затрагивает все эти формы, не отражая в достаточной степени их разнообразия в отдельных почвах. В то же время

эти особенности качественного состояния Fe имеют большое значение для сорбции фосфатных анионов. Это видно из рис. 13, на котором показаны изотермы сорбции фосфатов аморфной и кристаллизованной $Fe(OH)_3$. Поэтому зависимость между S_{Fe} и содержанием подвижного Fe имеет место при сравнительно низкой концентрации фосфатного раствора, когда еще не созданы условия для полного проявления качественных различий в соединениях Fe. С нарастанием концентрации фосфата различие в сорбционной способности Fe в зависимости от его качественных различий нарастает (как видно из рис. 13).

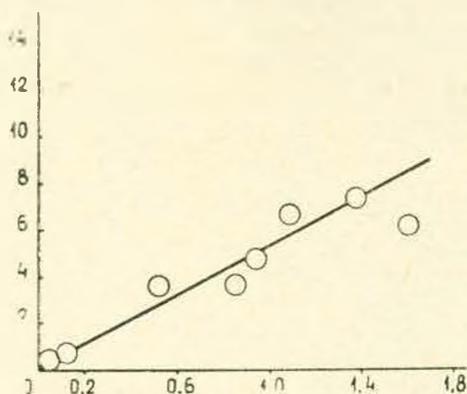


Рис. 12. Зависимость между сорбцией фосфатных анионов сорбционной группой Fe и содержанием подвижного железа (по Тамму) в горизонтах A_1 и B_1 серых лесных почв. На оси абсцисс— Fe_2O_3 , по Тамму, %; на оси ординат—сорбция P_2O_5 , мг/1 г почвы сорбционной группой Fe при $C_0 = 39,9$ мг P_2O_5 /мл.

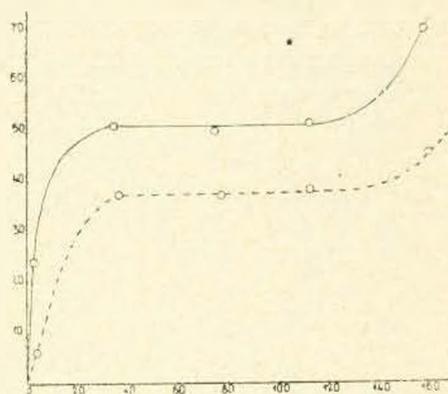


Рис. 13. Изотермы сорбции фосфатных анионов аморфной и окристаллизованной гидроксидью железа. На оси абсцисс—концентрация (мг P_2O_5 /мл); на оси ординат—сорбция P_2O_5 , мг/0,2 г гидроксидов железа.

Установленные зависимости дают основание утверждать, что сорбционные группы имеют реальный смысл. Сущность каждой сорбционной группы представляет определенный компонент почвы, величина которого меняется в зависимости от изменения условий почвообразования. Таким образом, величина отдельных сорбционных групп характерна для почв, сформированных в определенных условиях. Это дает основание думать, что сорбционные группы представляют реальный подход для нахождения более строгого математического определения сорбции фосфатов, основывающегося на свойствах отдельных почв.

Методика этого исследования позволяет сделать некоторые выводы относительно общего характера процесса сорбции фосфатов и природы связи между фосфатными анионами и сорбентом.

Прежде всего следует отметить принципиальное отличие «слабосвязанного фосфора» от «прочносвязанного фосфора». Первый вытесняется $1N$ хлористым аммонием—индифферентным реактивом, не затрагивающим труднорастворимые соединения его. Следовательно, сорбция «слабосвязанного фосфора» является обратимой, в то время как сорбция

«прочносвязанного фосфора» в значительной степени необратима. Это говорит о существенном различии в природе связи фосфатных анионов с сорбентом. Обратимость сорбции «слабосвязанного фосфора» можно объяснить физической или ионнообменной адсорбцией, но не хемосорбцией или химическим осаждением, т. к. последние являются необратимыми процессами.

Таблица 3

Количество P_2O_5 , сорбированное из равновесного раствора, и количество O_2 , обнаруженное в равновесном растворе*

Название почвы и пункта	Горизонт и глубина, см	Исходная концентрация Со — мг P_2O_5 мл							
		4,9		39,9		79,6		165,5	
		St мг. P_2O_5	Обнаружено SiO_2 , мг	St мг. P_2O_5	Обнаружено SiO_2 , мг	St мг. P_2O_5	Обнаружено SiO_2 , мг	St мг. P_2O_5	Обнаружено SiO_2 , мг
на 1 г почвы									
Светло-серая лесная почва на песках с. Приселци Варненского округа	A ₁ 0—8	2,4	0,3	9,28	0,7	10,2	1,3	10,3	1,7
	B ₁ 60—70	5,2	0,2	16,6	1,2	17,84	—	18,0	1,3
Темно-серая лесная почва с. Стубел Михайловградского округа	A ₁ 0—20	8,32	0,2	29,16	1,6	36,4	2,1	40,75	2,5
	B ₁ 45—55	9,72	0,3	36,24	—	42,0	1,4	46,00	3,4
Карбонатный чернозем с. Алваново Тарговиштского округа	A ₁ 0—20	11,89	0,3	25,38	1,1	28,6	1,6	30,90	2,6
	A, B ₁ 61—71	15,66	0,08	67,95	0,6	81,2	1,6	87,40	2,0

* После сжигания органического вещества в равновесном растворе.

В отличие от «слабосвязанного фосфора», сорбция фосфатных анионов сорбционными группами Fe, Al и Ca необратима, и поглощенный фосфор можно вытеснить только реактивами, обладающими растворяющим свойством. Этот факт говорит о том, что при связывании фосфатов сорбционными группами Al, Fe и Ca между фосфатными анионами и соответствующим сорбентом устанавливается более прочная химическая связь.

Определенные количества Si в равновесных растворах после сжигания десорбированного органического вещества показаны в табл. 3. Вероятно, часть этого кремнезема происходит из органического вещества, так как зола даже «чистых» гумусовых веществ всегда содержит определенные количества кремния. Но даже если и пренебречь этим фактом и допустить, что все установленное количество кремния является результатом деструктивного действия фосфатов, то и этого недостаточно, чтобы объяснить фосфатную сорбцию. Вследствие этого все механизмы, обуславливающие выделение значительных количеств кремния в равновесный раствор, практически не играют существенной роли при фосфатной

сорбции. Установленные небольшие количества кремния могут быть объяснены стабилизированием его тетраэдрического слоя на поверхностях глинистых минералов после связывания Al с фосфатами.

Как суммарный процесс, состоящий из ряда процессов, протекающих параллельно, фосфатная сорбция имеет еще одну довольно существенную особенность—отдельные процессы могут влиять друг на друга. Так, например, связывание фосфатов обменным Al^{+++} по реакции $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{PO}_4^- = \text{AlPO}_4 + 2\text{H}^+$ сопровождается отделением H^+ ионов, которые, повышая концентрацию водородных ионов в системе, вызывают дополнительную диссоциацию гидроокисей Fe и Al, которая приводит к увеличению их сорбционной способности.

Сорбционные группы могут служить основой для объяснения различной сорбционной способности отдельных почв.

Институт почвоведения
им. Пушкирова, София

Поступило 11.XI 1969 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскинази Д. Л. Фосфатный режим и известкование почв с кислой реакцией. Изд. АН СССР, М.—Л., 1949.
2. Аскинази Д. Л. и Гинзбург К. Е. Труды ин-та им. В. В. Докучаева, XXXIII, 1950.
3. Ганев Ст. и Чулджиян Х. «Раст. науки», год. 11, 10, 1965.
4. Гинзбург К. Е. ДАН СССР, 126, 3.
5. Горбунов Н. И. Почвоведение, 7, 1959.
6. Клечиковский В. М. и Каширкина Н. В. Сб. Памяти акад. Д. Н. Прянишникова. АН СССР, 1950.
7. Николов Н. Н. Кинетика на сорбцията на фосфатни аниони от светлосива горска почва, под печат.
8. Радеикова-Караиванова М. и Дончев И. Последействие на фосфорни и азотни торове при излужена чернозем-смолища. Изв. на почв. ин-т., 1959.
9. Стайков Ц., Левенсон Е., Станчев Л. Агрохимия, Земиздат, София, 1958.
10. Фокин А. Д. Агрохимия, 3, 1965.
11. Фокин А. Д. Докл. ТСХА, вып. 89, 1963.
12. Янакиев А., Ганев Ст. Почв. и агрохимия, год 1, 5, 1966.
13. Bache B. W. The jour. of soil sci. v. 15, 1, 1964.
14. Blanchet R. C. R. Acad. Sci. Paris, 248, 1959.
15. Chang S. C. and Jackson M. L. Soil Sci., v. 84, 2, 1957.
16. Kutrick J. A. and Jackson M. L. J. Soil Sci., 7, 1956.
17. Low P. F. and Black C. A. Soil Sci., v. 70, 4, 1950.
18. Mc-Auliffe C. D., Hall N. S., Dean L. A. and Hendricks S. B. Soil Sci. Soc. Am. Proc., v. 12, 1948.
19. Muljadi D., Posner A. M. and Quirk Y. P. The jour. of Soil Sci., v. 17, 2, 1966.
20. Muljadi D., Posner A. M. and Quirk Y. P. The jour. of Soil Sci., v. 17, 2, 1966.
21. Muljadi D., Posner A. M. and Quirk Y. P. The jour. of Soil Sci., v. 17, 2, 1966.
22. Pathak A. N., Shukla U. C. Allahabad Farmer., 3, 7, 1963.
23. Smith A. N. The jour. of the Austral. inst. of Agricul. Sci., v. 31, 2, 1965.