

## ХИМИЯ ПОЧВ

УДК 631.416

И. С. КАУРИЧЕВ, А. И. КАРПУХИН, Л. П. СТЕПАНОВА

## О ПРИРОДЕ ВОДНО-РАСТВОРИМЫХ ЖЕЛЕЗООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЧВ ТАЕЖНО-ЛЕСНОЙ ЗОНЫ

На примере водно-растворимых железоорганических соединений проведена сравнительная оценка методов, наиболее часто применяемых в почвоведении для доказательства комплексной природы органоминеральных соединений. Показана перспективность применения для этих целей гелевой хроматографии. Оптимальным является использование для доказательства комплексной природы водно-растворимых железоорганических соединений гелевой фильтрации в сочетании с другими химическими и физико-химическими методами анализа.

Водно-растворимые органические вещества играют важную роль в осадочном цикле круговорота веществ. Разрушение горных пород, химические превращения в атмосфере, сорбционные взаимодействия происходят при активном воздействии органических веществ. Эти процессы приводят к концентрации или рассеиванию практически всех жизненно важных макро- и микроэлементов.

В настоящее время многие исследователи отводят значительную роль органоминеральным соединениям при формировании почв элювиально-иллювиального профиля. Так, например, своеобразие биоклиматических условий формирования почв подзолистого типа определяет образование значительных количеств водно-растворимых органических соединений, характеризующихся чрезвычайной неоднородностью компонентного состава. Наличие в их составе соединений кислой природы — низкомолекулярных органических кислот, полифенолов и их производных, химически агрессивных фракций гумусовых веществ, главным образом фульвокислот, — обуславливает высокую активность воздействия водно-растворимых органических веществ на минеральную часть почвы. Результатами этого взаимодействия являются разрушение и трансформация почвенных минералов с образованием органоминеральных соединений, которым принадлежит ведущая роль в процессах как миграции, так и аккумуляции целого ряда биогенных элементов.

Водно-растворимые органические соединения имеют особое значение в переводе элементов питания в доступное для растений состояние. При этом ярко проявляется еще одна сторона экологической роли органического вещества как фактора, обуславливающего рост и развитие растений. Водно-растворимые органические вещества изменяют режим питательных элементов, влияют на доступность металлоорганических соединений для питания растений и при использовании различных форм удобрений.

Изучение состава и свойств водно-растворимых органических веществ и их металлоорганических производных, процессов их образования, миграции и аккумуляции этих соединений отражает важные качественные и количественные аспекты почвообразования гумидных областей и полугидроморфных почв других районов. В этих процессах особая роль принадлежит водно-растворимым железоорганическим соединениям, с одной стороны, как важным и химически активным компонентам подзолообразования, а с другой стороны, как своеобразным индикаторам интенсивности и масштабов подзолообразовательных и глеевых процессов.

Таким образом, изучение состава и свойств железоорганических водно-растворимых соединений имеет важное теоретическое и практическое значение для понимания сущности многих почвообразовательных процессов, при выяснении роли этих соединений в режиме основных элементов питания в почве, а также в создании новых форм удобрений с заданной растворимостью и миграционной способностью.

В настоящее время исследователей все чаще привлекает характер взаимодействия водно-растворимых органических веществ с поливалентными катионами, которые наряду с образованием простых солей могут давать комплексные и внутрикомплексные соединения. Показана возможность образования водно-растворимыми органическими веществами термодинамически устойчивых соединений комплексной природы как гумусовыми веществами, например фульвокислотами, так и водно-растворимыми органическими соединениями индивидуальной природы [1—6, 10, 16].

Полное изучение комплексных соединений включает в себя доказательство факта комплексообразования, определение состава комплексов, изучение свойств координационных соединений и особенно устойчивости комплексов.

Почвоведы для доказательства комплексной природы органоминеральных соединений используют косвенные способы и прямые методы физико-химического анализа.

К косвенным можно отнести некоторые явления и факты почвообразования. Так, по мнению многих исследователей [3, 4, 7, 13—15], наличие в лизиметрических и дренажных растворах очень прочных органоминеральных соединений может быть принято за косвенное доказательство передвижения элементов в виде соединений комплексной природы.

Водно-растворимые органические вещества почвы содержат разнообразные функциональные группы, способные образовывать комплексные и внутрикомплексные соединения. Химическими и инструментальными методами анализа установлено, что при образовании металлоорганических комплексов в качестве лигандов могут выступать соединения, имеющие карбоксильные, гидроксильные, амидные и некоторые другие группы. Присутствие этих функциональных групп некоторые исследователи [15] используют для косвенного доказательства комплексной природы изучаемых соединений.

Выделенные из почвы препараты органических веществ, как правило, содержат много зольных элементов, значительную часть которых составляют поливалентные катионы: железо, алюминий и многие другие металлы. При этом общее содержание катионов коррелирует с валовым содержанием органических веществ в почве. Подобная тесная связь и высокая зольность органических веществ косвенно указывают на возможность образования прочной связи органических веществ с поливалентными катионами, возможно, комплексной природы.

В качестве прямого доказательства факта комплексообразования в почвоведении применяют разнообразные химические и физико-химические методы, использующие различные эффекты, связанные с измене-

нием числа и заряда частиц, оптических, электрохимических, термических свойств вновь образованных комплексов, по сравнению с исходными компонентами [1, 4, 5, 7, 9—12, 15].

Отдельные экспериментальные методы доказательства комплексной природы органоминеральных соединений имеют преимущества и некоторые недостатки, которые в той или иной степени определяют сферу их использования.

В настоящем сообщении рассматриваются результаты экспериментальной проверки и выбор методов, позволяющих показать комплексную природу органоминеральных соединений, образованных водно-растворимыми органическими веществами с ионами железа. Эти методы позволяют исследовать характер взаимодействия ионов металла с водно-растворимыми органическими веществами, изучить природу водно-растворимых железоорганических соединений и в дальнейшем проводить определение их состава и устойчивости.

В качестве объектов были выбраны водно-растворимые органоминеральные вещества природных вод болотно-подзолистых и болотных почв, лизиметрических растворов и водных вытяжек из гор.  $A_1$  дерново-подзолистой почвы, а также препараты фульвокислот, выделенные из гор.  $A_0/A_1$  подзолистой почвы. Исследования проводили как с органоминеральными производными водно-растворимых органических веществ, выделенных в природных условиях, так и с искусственными препаратами, полученными в модельных опытах.

Все стационарные площадки, на которых отбирали пробы вод и почвенные образцы, расположены в Московской обл.

Лизиметрические воды откачивали из приемника лизиметра-воронки, установленного под гор.  $A_0/A_1$  дерново-подзолистой почвы сосново-березового насаждения в многолетнем опыте А. К. Ярцевой на Лесной опытной даче Тимирязевской академии.

Природные воды отбирали весной 1975 г. в естественных условиях микроразпадин болотных низинных почв (стационар «Михайловское») и из дренажной канавы, расположенной на целинном лесном участке, с сочетанием подзолистых и болотно-подзолистых почв (стационар «Белый Раст»).

Водно-растворимые органоминеральные вещества из гор.  $A_1$  дерново-подзолистой почвы Лесной опытной дачи получили путем обработки почвы дистиллированной водой в соотношении 1:20 и настаиванием в течение двух недель при 20°. Затем водный экстракт центрифугировали при 7000 об/мин для очистки от минеральной части почвы.

Все исследуемые растворы пропускали через ультрафильтр № 6 и концентрировали в 20 раз на вакуумном испарителе при 38—40°.

Для модельных опытов получали обеззоленные препараты фульвокислот. Гумусовые вещества извлекали из образцов подзолистой почвы (стационар «Белый Раст») гор.  $A_0/A_1$  путем многократной экстракции 0,1 *n* NaOH. Гуминовые кислоты осаждали из щелочного раствора при подкислении 1 *n*  $H_2SO_4$  до pH 1. Маточный раствор, содержащий фульвокислоты, пропускали через колонку с активированным углем, приготовленную по методике Форсайта. Угольную колонку с сорбированными на ней фульвокислотами промывали водой, подкисленной 1 *n*  $H_2SO_4$  до pH 1 до отрицательной реакции промывных вод на ионы железа. Затем фульвокислоты снимали с угля раствором 1 *n*  $NH_4OH$ . Промывные воды, содержащие аммонийные соли, концентрировали в вакуумном испарителе при 38—40°, после чего растворы пропускали через колонку с катионитом КУ-2 в Н-форме для перевода аммонийных солей фульвокислот в кислоты. Полученные фильтраты выпаривали досуха в вакуумном испарителе и хранили в эксикаторе при постоянной температуре. Зольность выделенных препаратов водно-растворимых гумусовых веществ не превышала 1%.

Характеристика изучаемых объектов

Объект	рН	C	Fe	Al	Ca	Mg	C:Fe	C:Al
		мг/мл			мг-экв/л			
Лизиметрические воды	6,35	0,0361	0,0011	0,0012	1,20	1,01	36:1	30:1
Поверхностные воды стационара «Белый Раст»	5,85	0,1202	0,0220	0,0008	2,20	9,20	5:1	150:1
Поверхностные воды стационара «Михайловское»	7,65	0,0243	0,0012	0,0011	2,21	1,83	24:1	24:1
Водный экстракт из дерново-подзолистой почвы (гор. А <sub>1</sub> )	6,20	0,0250	0,0011	0,0012	1,17	1,12	25:1	21:1

Различия в химическом составе изучаемых объектов приведены в табл. 1. В дренажных водах стационара «Белый Раст» довольно высокое содержание органических соединений и они в большей степени насыщены ионами железа, кальция и магния, чем лизиметрический раствор, поверхностные воды стационара «Михайловское» и водная вытяжка из дерново-подзолистой почвы. Химический состав поверхностных вод характеризуется преобладанием анионов  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ , а среди катионов —  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , железа и алюминия. Общая минерализация вод колеблется в пределах от 90 мг/л для лизиметрического раствора до 248 мг/л для поверхностных вод стационара «Белый Раст».

Исследование состава органической части изученных объектов водно-растворимых органоминеральных соединений показало качественную неоднородность составляющих их компонентов. Органическое вещество поверхностных вод и почвенных растворов характеризуется преобладанием в их составе группы соединений, неосаждаемых при подкислении раствора 1 н  $H_2SO_4$  до рН 1, которые условно называются фульвокислотами. На их долю приходится от 85 до 94% общего содержания углерода в объекте. Результаты фракционирования группы соединений, находящихся в кислом фильтрате, по методу Форсайта показали различное соотношение компонентов индивидуальной природы и собственно фульвокислот.

Как видно из табл. 2, состав органических веществ индивидуальной природы представлен низкомолекулярными органическими кислотами, углеводами, фенольными соединениями и аминокислотами. Наибольшее количество низкомолекулярных кислот характерно для дренажных вод стационара «Белый Раст» до 29 мг/л в пересчете на щавелевую кислоту. Органические кислоты представлены щавелевой, лимонной и винной кислотами. В составе углеводов обнаружены сахароза, глюкоза, манноза, ксилоза, арабиноза, рибоза, мальтоза, инозит и сорбит. Среди аминокислот наиболее часто встречаются  $\alpha$ -аланин, метионин и глутаминовая кислота.

Предварительное изучение водно-растворимых органических соединений исследуемых объектов методом систематизированной гелевой хроматографии показало молекулярно-весовую неоднородность их состава [8]. По степени неоднородности состава водно-растворимых органических веществ изучаемые объекты можно расположить в следующий ряд: фульвокислоты <водно-растворимые органические вещества дренажных вод стационара «Белый Раст»> <лизиметрический раствор> <водно-растворимые органические вещества поверхностных вод стационара «Михайловское»> <водный экстракт из дерново-подзолистой почвы

Таблица 2

## Качественный состав органических веществ природных почвенных вод

Объект	Сорг. мг/л	Фракции по Форсайту				Аминокислоты	Фенолы	Углеводы	Низкомолекулярные кислоты в пересчете на щавелевую кислоту
		A	B	C	ФК				
		мг С/л							
Лизиметрические воды	36,1	3,6 10,8	18,3 54,5	7,2 21,4	3,9 11,6	1,0	6,3	8,2	18,0
Поверхностные воды стационара «Михайловское»	24,3	3,8 15,8	4,1 17,1	6,6 27,4	9,5 39,7	2,5	9,6	6,0	7,2
Дренажные воды стационара «Белый Раст»	120,2	11,0 9,6	28,0 24,3	65,0 56,5	11,6 9,6	14,0	14,0	16,0	28,8
Водный экстракт из дерново-подзолистой почвы (гор. А <sub>1</sub> )	25,0	4,0 16,8	5,1 21,5	2,4 10,0	11,8 49,9	2,0	6,7	6,5	15,2

Примечание. В знаменателе процент от исходного содержания углерода.

Таблица 3

## Характеристика железоорганических соединений, образованных исходными водно-растворимыми органическими веществами

Признак	Дренажные воды стационара «Белый Раст»	Поверхностные воды стационара «Михайловское»	Лизиметрический раствор	Водный экстракт из гор. А <sub>1</sub>	Фульвокислоты
Наличие осадка	Не обнаружено				
Эффект Тиндаля	»				
Качественная реакция на ионные формы железа	»				
Медленная кинетика изотопного обмена	Положительный эффект				
Передвижение железа по ионообменной хроматографической пластине	»				
Наличие рН-эффекта	»				
Изменения в спектрах	»				
Постоянство параметров гелевой фильтрации	»				

(гор. А<sub>1</sub>). В составе водно-растворимых органических веществ разных объектов обнаружены фракции с близкими значениями молекулярных масс: 400—410, 580—590, 1500 и 5500—5600; кроме этого, были выделены фракции, характерные только для водно-растворимых органических веществ одного определенного объекта, например фракция с молекулярной массой 8700 в составе водного экстракта из гор. А<sub>1</sub> дерново-подзолистой почвы, а также фракция с молекулярной массой 11 250, обнаруженная в составе фульвокислот.

При доказательстве комплексной природы изучаемых соединений необходимо решить несколько экспериментальных задач. Во-первых, показать отсутствие свободных ионов металла в растворе, т. е. провести границу между ионными формами железа и связанным органическим веществом. Во-вторых, доказать комплексную природу железоорганических соединений и, наконец, провести границу между водно-растворимыми комплексами и коллоидами. При решении этих задач была применена система химических и физико-химических методов. Для отнесения образующихся железоорганических соединений к классу растворимых комплексов использовали набор признаков: отсутствие осад-

Характеристика железоорганических соединений, образованных фракциями водно-растворимых органических веществ с различной молекулярной массой

	Дренажные воды стационара «Белый Раст»		Поверхностные воды стационара «Михайловское»		Лизиметрический раствор		Водный экстракт из гор. А <sub>1</sub>		Фульвокислоты	
	5600	580	4000	400	5500	410	5600	400	2040	330
Наличие осадка	Не обнаружено									
Эффект Тиндаля	»									
Качественные реакции на ионы железа	»									
Медленная кинетика изотопного обмена	Положительный эффект									
Передвижение железа по ионообменной хроматографической пластине	»									
Постоянство параметров гелевой хроматографии	»									

ка и эффекта Тиндаля, качественные реакции на ионные формы железа и значительную прочность связи ионов железа с органическими веществами. Заключение о прочности связи проводили на основе экспериментальных данных изучения кинетики изотопного обмена ионов железа в железоорганических соединениях, меченных радиоактивным изотопом  $^{59}\text{Fe}$ , на основании результатов, полученных применением ионообменной хроматографии и электрофореза.

Для доказательства комплексной природы изучаемых соединений использовали также спектрофотометрические, потенциометрические исследования и телевую хроматографию. Как видно из табл. 3 и 4, все изучаемые железоорганические соединения в интервале pH от 3 до 5,5 не образуют осадков, не дают эффекта Тиндаля и не содержат ионных форм железа (качественная реакция с роданистым аммонием). При этом железо прочно связано органическим веществом, что подтверждается данными по изучению кинетики изотопного обмена. Кинетика изотопного обмена  $^{59}\text{Fe}$  в водно-растворимых железоорганических веществах водного экстракта (рис. 1, А) фракции I с молекулярной массой 5600 и фракции III с молекулярной массой 400 значительно медленней, чем  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , и приближается к скорости изотопного обмена железа в железозитратных комплексах. Как видно из рис. 1, Б, В железо передвигается по ионообменной пластине и электрофореграмме вместе с органическим веществом и дает качественные реакции на ионное железо только после разрушения комплексов кислотой [6]. Изучаемые органические соединения водного экстракта передвигаются по ионообменной пластине быстрее железозитратных комплексов, что позволяет предположить их значительную устойчивость.

Применение потенциометрического титрования показало наличие pH-эффекта для всех изучаемых железоорганических соединений (табл. 3, 4). При титровании железоорганических соединений расходуется больше щелочи, чем на исходные обеззоленные водно-растворимые органические вещества (рис. 2, А), что можно считать доказательством факта комплексообразования.

Изучение оптических свойств также подтвердило комплексную природу исследуемых водно-растворимых железоорганических соединений.

При добавлении к ионам железа водно-растворимых органических веществ исчезает максимум поглощения при 300 нм, характерный для несвязанных ионов железа на спектрах в УФ-области (рис. 2, Б), полученных для фракций фульвокислот с различной молекулярной массой. Расшифровка ИК-спектров показала заметное ослабление полос по-

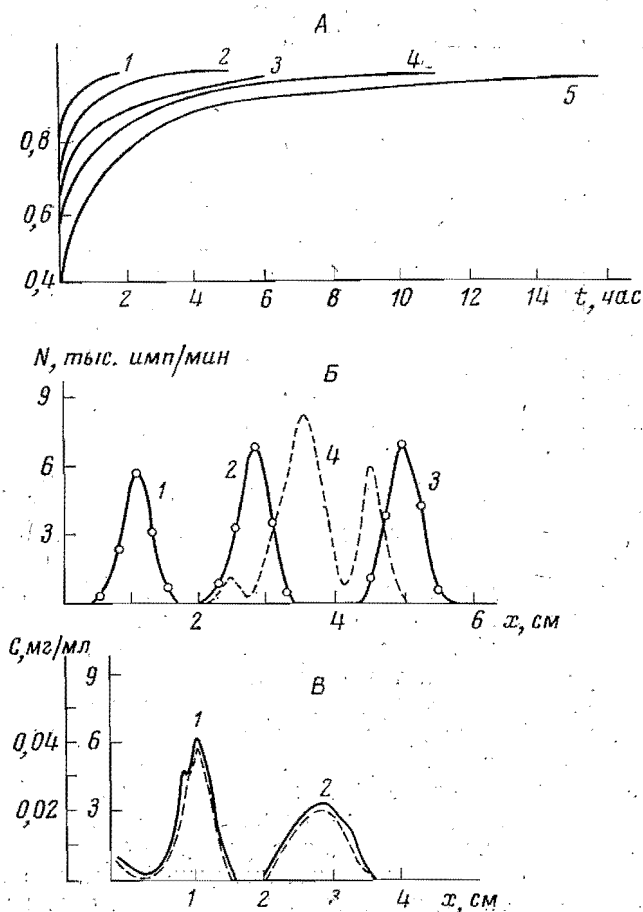


Рис. 1. Характеристика ионообменных реакций исследованных объектов

А — кинетика изотопного обмена железа в железоорганических соединениях, меченных изотопом  $^{59}\text{Fe}$ : 1 —  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , 2 — органиоминеральные соединения фракции III с ММ 400 водного экстракта, 3 — органиоминеральные соединения фракции I с ММ 5600 водного экстракта, 4 — железодитратные комплексы, 5 — комплексы железа с ЭДТА; Б — тонкослойная хроматограмма (Фиксон 50): 1 —  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , 2 — железодитратные комплексы, 3 — комплексы железа с ЭДТА, 4 — органиоминеральные соединения систем водно-растворимых органических веществ водного экстракта; В — электрофорезграмма: 1 — железосульфатные соединения, образованные фракцией фульвокислот с ММ II 250; 2 — железосульфатные соединения, образованные фракцией фульвокислот с ММ 380. (На А по вертикальной оси — F)

глошения, соответствующих колебаниям карбоксильных и фенолгидроксильных групп при добавлении ионов железа к водно-растворимым органическим веществам.

Применение гелевой хроматографии позволяет показать комплексную природу водно-растворимых железоорганических соединений и пространственно разделить ионные формы железа и железо, связанное с органическими соединениями. При гелевой хроматографии ионное же-

лесто не подчиняется закону молекулярно-вещового распределения. Таким образом, выход железа из гелевой колонки вместе с органическим веществом указывает на связь этого металла с органическими соединениями. Как видно из рис. 2, В, при фракционировании на геле Молселект G-50 железоорганических соединений водного экстракта, меченных изотопом  $^{59}\text{Fe}$ , получено совпадение пиков молекулярно-вещового распределения по содержанию углерода и скорости счета.

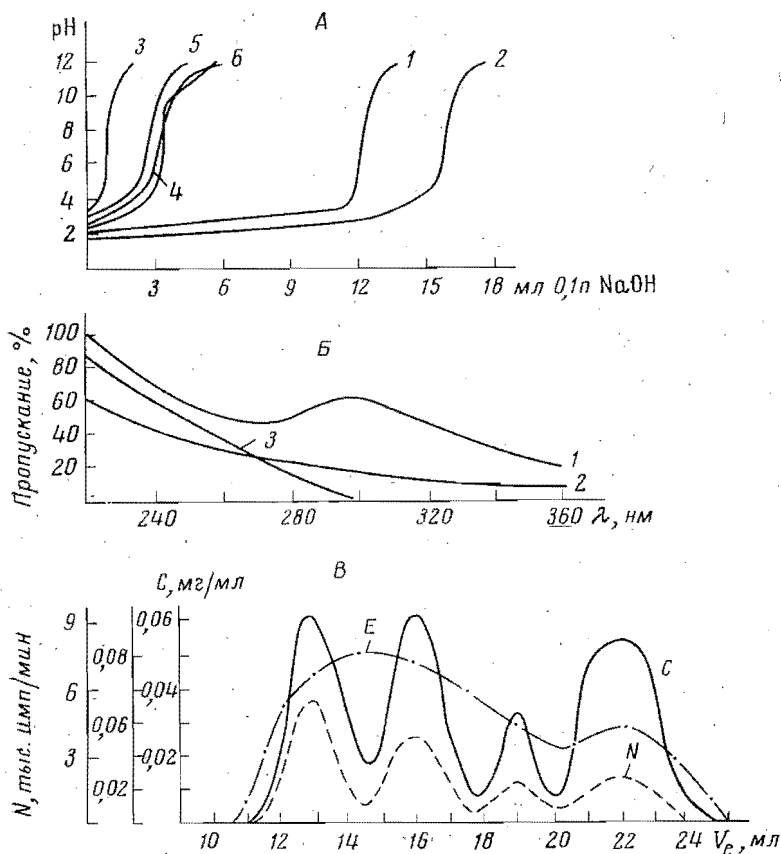


Рис. 2. Физико-химические характеристики изученных объектов

**А** — потенциометрические кривые водно-растворимых органических веществ, их железоорганических производных: 1 — водно-растворимые органические вещества стационара «Белый Раст», 2 — железоорганические соединения, там же, 3 — водно-растворимые органические вещества стационара «Михайловское», 4 — железоорганические соединения, там же, 5 — водно-растворимые органические вещества дигемического раствора, 6 — железоорганические соединения, то же (С: Fe=1:1),  $\mu=0,1$ ,  $v=25,0$  мл; **Б** — спектр в УФ области: 1 —  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , 2 — железоорганические соединения, образованные фракцией фульвокислот с ММ 380, 3 — то же с ММ 11 250; **В** — выходная кривая гелевой хроматографии железоорганических соединений, меченных радиоактивным изотопом  $^{59}\text{Fe}$ : С — распределение углерода, N — то же скорости счета, E — то же оптической плотности. (На В по средней вертикальной оси — E)

В зависимости от соотношения С: Fe, с одной стороны, может происходить более ранний выход из колонки железоорганических соединений по сравнению с появлением обеззоленных органических веществ, что свидетельствует о проявлении эффекта возрастания молекулярной массы, возможно, за счет агрегации органических веществ [10]. С другой стороны, некоторое запаздывание вымывания железоорганического соединения из геля можно объяснить образованием свободных ионов в растворе в результате частичной диссоциации органоминерального соединения. Особо отчетливо это можно наблюдать при введении в систему другой нейтральной соли, например 1 n  $\text{NH}_4\text{Cl}$  [10].



При дальнейшем увеличении содержания ионов железа в изученной смеси наблюдается постепенное нарастание признаков ассоциации, что может привести к образованию коллоидов, агрегатов и вызовет выпадение железоорганических соединений в осадок.

Таким образом, подчинение органоминерального соединения закону молекулярно-весового распределения при гелевой хроматографии доказывает комплексную природу изученных железоорганических соединений. Вместе с доказательством комплексной природы гелевая фильтрация позволяет изучать процессы диссоциации и агрегации органоминеральных соединений, определять границы существования водно-растворимых комплексных соединений в зависимости от условий среды, рассчитывать состав и устойчивость железоорганических соединений. Применение гелевой хроматографии особенно перспективно в сочетании с другими физико-химическими методами, такими, как ионообменная хроматография, метод меченых атомов, спектрофотометрические и потенциометрические исследования.

В заключение следует отметить, что сочетанием химических и физических методов установлена комплексная природа растворимых железоорганических соединений, образованных как исходными водно-растворимыми органическими веществами, так и их фракциями с различной молекулярной массой. При этом показано, что ионы железа входят в состав органической части и прочно связываются с функциональными группами водно-растворимых органических веществ. Высокая устойчивость растворимых железоорганических соединений комплексной природы позволяет предположить их активное участие в процессах миграции и аккумуляции по профилю почв. Для изучения скорости и масштабов этих процессов необходимо последовательное изучение состава и свойств растворимых железоорганических комплексов.

### Выводы

1. С применением химических и физико-химических методов установлена комплексная природа растворимых железоорганических соединений и их фракций с различной молекулярной массой.

2. Проведена сравнительная оценка используемых в почвоведении для этих целей методов и показана перспективность применения гелевой хроматографии, которая наряду с выявлением комплексной природы железоорганических соединений позволяет изучать процессы их агрегации и диссоциации.

3. На основании полученных результатов можно рекомендовать для изучения реакций комплексообразования ионов железа с водно-растворимыми органическими веществами гелевую фильтрацию, ионообменную хроматографию, метод меченых атомов, потенциометрические и спектрофотометрические методы анализа.

### Литература

1. Александрова Л. Н. Органоминеральные производные гумусовых кислот и методы их изучения. Почвоведение, 1967, № 7.
2. Антипов-Каратаев И. Н., Цюрупа И. Г. О формах и условиях миграции веществ в почвенном профиле. Почвоведение, 1961, № 8.
3. Дроздова Т. В. Роль гуминовых кислот в геохимии почв. Почвоведение, 1963, № 8.
4. Кауричев И. С., Кулаков Е. В., Ноздрюнова Е. М. О природе комплексных железоорганических соединений в почве. Докл. сов. почвов. VII Междунар. конгр. почвов. в США. М., 1960.
5. Кауричев И. С., Ноздрюнова Е. М., Цюрупа И. Г. Хелатные железоорганические соединения в почвах. Докл. VIII Междунар. конгр. почвов. М., 1964.
6. Кононова М. С., Титова Н. А. Применение электрофореза на бумаге для фракционирования гумусовых веществ почвы и изучение их комплексных соединений с железом. Почвоведение, 1961, № 11.
7. Манская С. М., Дроздова Т. В. Геохимия органического вещества. «Наука», 1964.

8. Степанова Л. П., Кауричев И. С., Карпукhin А. И. Исследование водно-растворимых органических веществ природных вод методом гeль-хроматографии. Изв. ТСХА, 1976, № 6.
9. Титова Н. А. Железо-гумусовые комплексы некоторых почв. Почвоведение, 1962, № 12.
10. Фокин А. Д., Карпукhin А. И. Исследование состава комплексных соединений фульвокислот с железом. Изв. ТСХА, 1972, № 1.
11. Broadbent F. E. Soil organic matter-metall complexes. Soil Sci., v. 83(6), 1957.
12. Broadbent F. E. Soil organic matter-metall complexes. Soil Sci., v. 84(2), 1957.
13. Bruckert S. a. Dommergues V. Etude experimental de la biodegradation de dark complexes organoferriques dans nu sol a mor et sol a mull. Soil Sci., N 2, 1966.
14. Duchauffour P. Sur le role de la mature organique dans les phenomens de lessivage et de podzolisation. C. r. Acad. Sci., v. 245, 1957.
15. Mortensen J. L. Complexing of metals by soil organic matter. Soil sci. Soc. Amer. Proc., v. 27, 1963.
16. Stevensen F. J. Chemical nature of the nitrogen in the fulvic fraction of soil organic matter. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., v. 24, 1960.

ТСХА

Дата поступления  
13.IV.1977 г.

I. S. KAURYCHEV, A. I. KARNUKHIN, L. P. STEPANOVA

#### NATURE OF WATER-SOLUBLE IRON-ORGANIC COMPOUNDS IN SOILS OF TAIGA-FOREST ZONE

A comparative evaluation of used in soil science methods for the demonstration of the complex nature of water-soluble iron-organic compounds has been made. The used system of chemical and physico-chemical methods allowed to determine the complex nature of soluble iron-organic compounds and their molecular-weighting fractions.