

ВОДНАЯ МИГРАЦИЯ ВЕЩЕСТВ В ГЛЕЕ-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ*

И.М. ЯШИН

(Кафедра экологии)

Показано, что в период вегетации в гор. O^{II} , E_{Lg} и V_{tg} глее-подзолистой почвы в составе компонентов водорастворимых органических веществ (ВОВ) присутствуют вещества полифенольной природы, алифатические органические кислоты и низкомолекулярные фракции (менее 1000 а.е.м.) фульвосоединений (ФС). Эти лиганды с ионами Fe (II, III) и Mn (II), при нисходяще-восходящей водной миграции, формируют ярко тёмно-серого цвета ложный гумусово-аккумулятивный горизонт. Новообразованные компоненты ВОВ в летний период участвуют в пульсирующей миграции и трансформации, главным образом, коллоидов Si, Fe, Mn. К предзимью ложный горизонт А, «сжимается» с 24—35 см до 9—12 см.

Разработка ключевых проблем почвоведения неразрывно связана с изучением экологических функций почв [1], гумусовых соединений и ВОВ с кислотными и комплексообразующими свойствами [2, 5, 6]. Компоненты ВОВ в таежных экосистемах очень активно мобилизуются в почвенный раствор из опада, лесной подстилки, смывов с вегетативных органов древесных растений, кустарничков, мхов, лишайников, а также продуцируются в составе корневых выделений и продуктов жизнедеятельности микроскопических плесневых грибов-кислотообразователей (*Mucog*, *Penicillium*, *Aspergillus* и др.), отражая уникальный экологический механизм адаптации таежной биоты к суровым условиям существования [4-6, 8].

Методология изучения экологических функций ВОВ таежных ландшафтов основывается на приоритете полевых стационарных исследований (учет масштаба миграции ВОВ, оценка их состава и свойств с помощью метода сорбционных лизиметров), а также использовании современных физико-химических методов анализа (хроматографии, радиоактивных индикаторов и т. д.). Зарубежными специалистами [11-15] показано, в частности, что ВОВ,

выщелачиваемые осадками из лесных (таежных) почв, отличаются очень слабой конденсированностью. В их составе диагностируются преимущественно низкомолекулярные продукты трансформации лигнина, клетчатки. Доля ароматических компонентов, принимаемая как диагностический признак гумификации, не превышает 17%. В то же время процессы их водной миграции и трансформации изучены еще неполно. Этому вопросу и посвящена настоящая работа.

Объекты и методы исследования

Стационар «Холмогорский» расположен в северотаежном болотно-лесном моренно-эрозионном ландшафте, в 65 км южнее г. Архангельска, на плакоре моренного увала, вблизи развилки шоссе на Холмогоры и Емецк, 28-45 м над у. м [9].

Стационар «Малые Корёлы» находится в лесопарковом ландшафте, на 1-й надпойменной эрозионной террасе р. Сев. Двины, в 25 км на Ю-В от г. Архангельска, на территории Архангельского государственного музея деревянного зодчества «Малые Корёлы».

Стационар «Приморский» заложен на о. Пустошь дельты р. Сев. Двины.

* Основу статьи составляет экспериментальный материал, полученный на стационарах «Холмогорский», «Приморский» и «Малые Корёлы» в Архангельской обл., за период 2001—2004 гг., по грантам РФФИ: 02 - 04 - 63043 и 02 - 04 - 48791.

При изучении миграции ВОВ использовали метод сорбционных лизиметров сопряженно с известной аналитической схемой разделения ВОВ на активированном угле по [5, 6].

Установлено, что в осенне-весенний период масштаб вертикальной нисходящей миграции ВОВ в глее-подзолистой почве (на водоразделе) заметно меньше, чем в период вегетации, и достигает $29,9 \text{ г/м}^2 \text{ C}_{\text{орг}}$ из органогенного горизонта $O^{\text{тп}}$ (табл. 1~2). Оттаивание профиля подзолистых почв играет важную роль в весеннем миграционном цикле, что было отмечено еще ранее [3]. Глубинное оттаивание почвы, способствующее восходящему перемещению ВОВ и коллоидов Fe, Mn, Si (под «защитой» ВОВ) и их осаждению на контакте с неоттаявшим горизонтом с помощью движущих сил миграции — градиента всасывающего давления и концентрационного градиента, с преодолением силы тяжести g (Н/кг) при подъеме на высоту L (см) известной массы почвенного раствора M (кг). Опыты на «Няндомском» стационаре в Архангельской обл. [4, 5] показали, что из гор. $V_{\text{тн}}$ подзола иллю-

виально-гумусово-железистого за 1 год с восходящим потоком влаги перемещается $42\text{--}64 \text{ г/м}^2 \text{ C}_{\text{орг}}$ ВОВ, среди которых преобладают низкомолекулярные фракции фульвокислот (ФК). По-видимому, это один из характерных процессов, с помощью которого иллювиальные горизонты песчаных подзолов и насыщаются ФК. Особенно интенсивно гор. $V_{\text{тн}}$ в подзолах образуется при близком залегании грунтовых вод, обогащенных компонентами ВОВ: например, в понижениях на террасах северных рек Сев. Двины, Мезени и Кулоя. В период вегетации очень большой масштаб миграции ВОВ отмечен как в аллювиальной дерновой почве (это пространственный почвенно-геохимический барьер) дельты р. Сев. Двины — 117 , так и в лесной глее-подзолистой — $93,5 \text{ г/м}^2 \text{ год}^{-1}$. Мигрируемые компоненты ВОВ слабо сорбируются оглеенными генетическими горизонтами.

В аллювиальной дерновой почве источником ВОВ являются не только луговые травы, но и гумусовые соединения наилка, отложенные в виде аллохтонных слоев в почвенном профиле. Компонентный состав ВОВ в аллюви-

Таблица 1

Масштаб нисходящей абиогенной миграции ВОВ и их состав в лесных почвах низовья р. Сев. Двины Архангельской области в осенне-весенний период с 12 сентября по 29 мая

Генетический горизонт, глубина и варианты установки сорбционных лизиметров, см	Объем воды в приемниках лизиметров, л	$C_{\text{орг}}$ ВОВ в приемниках вод сорбционных лизиметров, мг/л	Общий масштаб миграции $C_{\text{орг}}$ ВОВ, г/м^2	Вывос $C_{\text{орг}}$ ВОВ по сорбции на Al_2O_3 , г/м^2	$C_{\text{орг}}$ ВОВ в элюатах из Al_2O_3 , мг/л			Доля $C_{\text{орг}}$ * вытесненных элюентами из Al_2O_3 , % $C_{\text{общ}}$ в Al_2O_3
					1 н. H_2SO_4	1 н. NaOH	Вывос, г/м^2	

Холмогорский стационар. Разрез 71. Почва: глее-подзолистая легкосуглинистая на бескарбонатной морене. Сорбент в колонках: два слоя Al_2O_3 для хроматографии

1-й вариант (контроль) $O^{\text{т}}$ — 5	1,1	30,5±2,6	22,2	13,5	100,5±7,3	91,4±5,9	2,2	16,3
2-й вариант $O^{\text{тп}}$ — 9 (без $A_0^{\text{т}}$)	0,5	36,5±3,1	29,9	20,3	48,7±3,9	60,9±4,2	1,3	6,4
3-й вариант EL_9 — 28	1,0	Не опр.	25,6	25,6	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.

* $C_{\text{орг}}$ по методу Тюрина определяли в средних порциях Al_2O_3 (3–5 г), добавляя немного прокаленной пемзы, чтобы исключить при кипячении выброс $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Определение $C_{\text{орг}}$ ВОВ непосредственно в Al_2O_3 позволяет получить более корректные результаты. При этом заметная масса ВОВ непременно сорбируется оксидом алюминия, очевидно, по типу хемосорбции.

Таблица 2

Масштаб абιοгенной нисходящей миграции ВОВ и их состав в почвах низовья р. Сев. Двины Архангельской обл. за период вегетации с 26 июня по 14 сентября

Генетический горизонт и глубина установки колонок, см	Объем воды в сосудах лизиметров, л	Углерод ВОВ в приемниках вод лизиметров, мг/л	C _{орг} ВОВ в элюатах из активированного угля, мг/л		Масштаб миграции C _{орг} ВОВ, г/м ² (за период вегетации)	Общий вынос C _{орг} ВОВ за год, г/м ²
			в водо-ацетоном	в аммиачном (ФК)		
Стационар «Холмогорский». Разрез 71.						
Почва: глее-подзолистая легкосуглинистая на бескарбонатной морене						
O ^{тп} – 8	0,61	<u>30,7±2,2</u> 6,8	<u>254,4±10,9</u> 56,5	<u>165,4±9,7</u> 36,7	41,4	93,5
E _g – 8	1,00	<u>45,9±2,8</u> 13,9	<u>137,7±7,5</u> 41,7	<u>146,9±6,3</u> 44,4	24,7	50,3
E _g /B _g – 46	0,49	<u>42,8±3,1</u> 12,6	<u>140,8±5,4</u> 41,8	<u>153,0±7,4</u> 45,6	21,6	37,4
Стационар «Приморский»: островная дельта р. Сев. Двины (о. Пустошь)						
Разрез II. Луг сеяный, окультуренный. Почва: аллювиальная дерновая слоистая глееватая супесчаная на современном аллювии						
A _d – 3	0,44	<u>8,6±1,6</u> 2,4	<u>152,6±3,7</u> 41,8	<u>203,5±5,7</u> 55,8	24,2	117,4
A ₁ – 11	0,50	<u>24,8±3,7</u> 6,6	<u>96,5±2,5</u> 25,7	<u>254,0±7,3</u> 67,7	33,9	115,1

Примечание. Числитель — концентрация C_{орг} ВОВ, мг/л; знаменатель — %C_{общ.}

альной почве характеризуется некоторым преобладанием низкомолекулярных фракций фульвосоединений, доля которых заметно возрастает в почвенных растворах после сорбционного (органоминерального) барьера А]. Здесь относительное содержание ФК достигает 67% в составе ВОВ. В глее-подзолистых почвах среди веществ индивидуальной и специфической природы (ФК) отмечается определенное динамическое равновесие, отражающее их генетическую взаимосвязь и возможность сезонной перегруппировки их состава. Из торфяно-перегнойного слоя O^{тп} лесных почв в период вегетации выщелачиваются атмосферной влагой больше индивидуальных органических продуктов полифенольной природы, которые с мобильными формами железа и марганца образуют водорастворимые мигранты, имеющие почти черный цвет. При нисходящей миграции они слабо сорбируются оглееными почвенными минералами, окрашивая лишь их поверхностные слои.

В лабораторных опытах (в динамике) нами было показано что, подобные мигранты легко элюируются из фаз сор-

бции 0,001 н. раствором щавелевой кислоты. И в природных экосистемах низкомолекулярные органические кислоты и полифенолы, мобилизуемые в раствор из опада и лесных подстилок, интенсивно десорбируются из почвы новообразованные продукты почвообразования. Часть их выщелачивается за пределы профиля и попадает в грунтовые воды, известная масса минерализуется до CO₂, минеральных солей и воды, а часть массы мигрантов с восходящим пленочно-капиллярным потоком возвращается в верхний слой почвы при его иссушении летом и промерзании зимой. Показано также, что гравитационный массоперенос ВОВ в почвах осложнен диффузией, осадкообразованием и сегрегацией C_{орг} в Fe-Mn конкреции. Эти явления требуют дальнейших исследований.

На наш взгляд, известное представление о составе и формах нативных веществ-мигрантов можно получить с помощью метода сорбционных лизиметров (МСЛ), функционирование которых в профиле подзолистых почв протекает, в известной мере, по аналогии с самой

почвой [5]. Несоблюдение авторских рекомендаций приводит к следующим артефактам: 1 — если рабочая поверхность сорбционной колонки неплотно (и не горизонтально) прилегает к «потолку» (и не касается угля водными растворами сильных кислотных реагентов — 0,5н. NaOH и 0,1н. HCl. Первый десорбент вызывает пептизацию частиц угля, а второй — кислотный гидролиз ВОВ. Высокозольный активированный уголь БАУ был заменен на низкозольный «карболен», поскольку из БАУ органическими лигандами (во время полевого опыта) в раствор мобилизовалась некоторая масса ионов металлов, смещавшая соотношение масс индивидуальной и специфической групп в составе ВОВ в сторону фульватных продуктов [5]. Указанные положения имеют принципиальный характер, поскольку их решение позволило выявить особенности начального этапа трансформации опада растений и формирование системы прогумусовых соединений в почвах таежной зоны. Вышеуказанные сорбенты эффективны также при изучении роли ВОВ как движущей силы при внутрпочвенной миграции ионов Fe^{3+} и ряда тяжелых металлов (ТМ). Анализ формы и масштаба нисходящей миграции соединений Fe и Si в глее-подзолистых почвах показал, что ионообменными смолами сорбируется от 3,9 (гор. EL_g/V_g) до 11,8% (гор. O^{III}) общей массы мигрирующих форм Fe и от 13 (гор. EL_g/V_g) до 10,1% водорастворимых соединений кремния (табл. 3). При этом катионит КУ-2 в H^+ -форме поглощает железоорганические продукты с положительным знаком заряда, а анионит ЭДЭ-10п — с отрицательным.

В полевых опытах была проведена дальнейшая апробация совместного использования в сорбционных лизиметрах различных типов поглотителей (в виде автономных стационарных слоев): оксида алюминия для хроматографии (нижний слой 1,5 см) и синтетических органических ионитов (катионита КУ-2 в H^+ форме и полифункционального анионита ЭДЭ-10п в OH^- форме).

Сорбированные активированным углем (в колонках) компоненты ВОВ в лаборатории количественно вытеснялись химически мало активными элюентами: 1%-м водным раствором NH_4OH , водой и 90%-м водным ацетоном. Из схемы W. Forsyth (после проведения специальных опытов по сорбции и десорбции ВОВ) нами были изъяты следующие

аналитические операции: диализ (здесь теряется более 80% низкомолекулярных органических веществ) и обработка органических веществ) и обработка угля водными растворами сильных кислотных реагентов — 0,5н. NaOH и 0,1н. HCl. Первый десорбент вызывает пептизацию частиц угля, а второй — кислотный гидролиз ВОВ. Высокозольный активированный уголь БАУ был заменен на низкозольный «карболен», поскольку из БАУ органическими лигандами (во время полевого опыта) в раствор мобилизовалась некоторая масса ионов металлов, смещавшая соотношение масс индивидуальной и специфической групп в составе ВОВ в сторону фульватных продуктов [5]. Указанные положения имеют принципиальный характер, поскольку их решение позволило выявить особенности начального этапа трансформации опада растений и формирование системы прогумусовых соединений в почвах таежной зоны. Вышеуказанные сорбенты эффективны также при изучении роли ВОВ как движущей силы при внутрпочвенной миграции ионов Fe^{3+} и ряда тяжелых металлов (ТМ). Анализ формы и масштаба нисходящей миграции соединений Fe и Si в глее-подзолистых почвах показал, что ионообменными смолами сорбируется от 3,9 (гор. EL_g/V_g) до 11,8% (гор. O^{III}) общей массы мигрирующих форм Fe и от 13 (гор. EL_g/V_g) до 10,1% водорастворимых соединений кремния (табл. 3). При этом катионит КУ-2 в H^+ -форме поглощает железоорганические продукты с положительным знаком заряда, а анионит ЭДЭ-10п — с отрицательным.

Соединения Fe и Si отнесены нами предположительно к коллоидным системам, поскольку при просасывании в лаборатории кислотных и щелочных элюатов через свечу Шамберлена, полученных из сорбента (Al_2O_3), отмечалось осаждение коллоидов на внешних стенках данного керамического фильтра. Оксид алюминия является наиболее эффективным поглотителем коллоидных форм Fe, Si, Mn, причем последние активно сорбируют ионы металлов.

Известный интерес представляла также диагностика мобильных форм ряда ТМ, поскольку изучаемый регион прилегает к Беломорско-Кулойскому плато — зоне промышленной добычи алмазов (трубки «Пионерская», имени М.В. Ломоносова). По мнению геологов, часть кимберлитовых пород, содержащих очень большое количество Cd, Ba, V и Sr, была размыта в гипергенезе и переоотложилась не только в почвообразующих породах, но и, возможно, в палеопочвах [7]. Исследования показали, что в глее-подзолистых почвах, сформировавшихся на 1-й эрозионной террасе р. Сев. Двины, ионы тяжелых металлов мигрируют в пределах выше фоновых значений. В отдельных образцах, например в Fe-Mn конкрециях, содержание кадмия и свинца возрастает в 3,4-8,7 раза (в гор. ELg/Bg). Наиболее высокие концентрации изученных ионов ТМ обнаружены в погребенных наносах (с высоким содержанием $C_{\text{орг}}$ — 6,4-8,3%) местного базиса эрозии р. Корелки: Cd^{2+} — 12,7, а Pb^{2+} — 44,9 мг/л (табл. 4). Однако эти величины на 1,5-2,3 порядка меньше, чем аналогичные значения в кимбер-

литах Поморья. С глубиной в профиле изучаемых глее-подзолистых почв сорбция компонентов ВОВ ионами заметно снижается, а величина поглощения органических лигандов оксидом алюминия увеличивается, достигая 54,2% от общей сорбции в колонках сорбентами (гор. ELg/Bg). Это связано, очевидно, с появлением химически активных (фульвокислотных) компонентов в почвенных растворах.

Характер восходящей плёночно-капиллярной миграции показывает, что среди компонентов ВОВ преобладают соединения, сорбируемые ионообменными смолами — низкомолекулярные органические и уруновые кислоты. Более сложные ВОВ, составляющие 20,2-30,0% мигрантов (полифенольные соединения), сорбировались Al_2O_3 . Коллоидная форма миграции Fe и Si, под «защитой» ВОВ в восходящих плёночно-капиллярных растворах, преобладала над ионно-молекулярной.

В глее-подзолистых почвах ВОВ и мобильные органоминеральные соединения не формируют четкого иллювиального горизонта, как это наблюдается в подзолах иллювиально-железистых бо-

Таблица 3

Форма и масштаб восходяще-нисходящей миграции соединений Fe и Si в глее-подзолистой почве ст. «Холмогорский». Разрез 71

Горизонт и глубина закладки сорбционных лизиметров, см	Объем H_2O в лизиметрах, л	$C_{\text{орг}}$ ВОВ, г/м ²				Вынос, мг/м ²			
		по сорбции сорбентами			общий вынос	Fe		Si	
		КУ-2	ЭДЭ-10п	Al_2O_3		по сорбции сорбентами			
						ионами	$Al_2O_3^*$	ионами	Al_2O_3
А. Вертикальная нисходящая миграция (с 26.06 по 14.09)									
$O^{\text{тн}}$ — 8	0,52	24,6± 7,8	33,8± 15,4	<u>11,5±9,8</u> 16,5%	69,9	78,4	<u>584,4</u> 88,2%	174,1	<u>1547,0</u> 89,9
ELg — 28	0,43	3,8± 13,5	20,4± 29,3	<u>15,4±20,4</u> 38,9	39,6	57,3	<u>897,5</u> 94,0	219,5	<u>1841,4</u> 89,3
ELg/Bg — 46	0,35	5,2± 30,4	7,4± 20,5	<u>14,9±35,3</u> 54,2	27,5	29,6	<u>733,1</u> 96,1	304,3	<u>2028,4±</u> 87,0
Вертикальная восходящая миграция (с 12.09. по 29.05)									
$O^{\text{тн}}$ — 8	Не опр.	12,6± 35,7	21,8± 11,8	<u>8,7±29,4</u> 20,2	43,1	51,6	<u>384,4±</u> 88,1	219,4	<u>1028,0±</u> 82,4
ELg — 28	Не опр.	2,4± 26,2	12,3± 23,9	<u>6,3±34,5</u> 30,0	21,0	38,7	<u>519,7±</u> 93,1	193,2	<u>1914,7±</u> 90,8

Примечание. В числителе — масштаб выноса коллоидов по сорбции на Al_2O_3 , в знаменателе — % поглощенных Fe и Si оксидом алюминия для хроматографии (Na^+ форма); иониты сорбируют растворимые органоминеральные формы соединений Fe и Si. При миграции преобладают компоненты с отрицательным знаком заряда, сорбируемые анионитом в OH-форме.

**Мобилизация и нисходящая миграция ионов тяжелых металлов
в глее-подзолистой супесчаной почве на двучленах.
Стационар «Малые Корелы» (14.08.02-08.08.03 гг.). Разрез 37а**

Вариант опыта, глубина установки колонок, см	Зна- чения при- знака	ТМ, вытесненные из сорбентов, мг/м ² · год ⁻¹						Общий масштаб мигра- ции ионов тяжелых металлов за 1 год (акт. уголь + КУ-2), мг/м ²		
		2% NH ₄ OH из акт. угля			0,1 н. HNO ₃ из КУ-2					
		Pb ²⁺	Cd ²⁺	Zn ²⁺	Pb ²⁺	Cd ²⁺	Zn ²⁺	Pb ²⁺	Cd ²⁺	Zn ²⁺
Контроль: гор. O ^{тн} , 5	\bar{x}	11,6	1,2	32,4	18,7	3,8	48,3	30,3	5,0	80,7
	σ	8,4	0,8	14,0	15,6	8,9	14,8			
1 — гор. EL _g (без Fe– Mn конкреций), 10	\bar{x}	19,3	2,2	61,4	33,7	3,4	117,5	53,0	5,6	178,9
	σ	8,7	0,4	21,8	9,6	17,2	34,8			
2 — EL _g (над «гнез- дом» с Fe–Mn кон- крециями), 10	\bar{x}	25,7	3,3	91,7	40,2	7,9	148,4	65,9	11,2	240,1
	σ	13,9	2,5	36,2	8,1	0,8	73,3			
3 — гор EL _g /B _g , 37	\bar{x}	12,5	1,7	57,8	22,4	2,9	63,3	34,9	4,6	121,1
	σ	9,3	0,6	25,8	12,3	1,7	24,6			
Сорбция ТМ актив. углем: % от общего масштаба мигра- ции по гор. O ^{тн}	—	38,3	24,0	40,1	61,7	76,0	59,9	100,0	100,0	100,0

Примечание. В контроле колонки установлены в 3-4-кратной повторности с катионитом КУ-2 в H⁺-форме (верхний слой) и активированным углем (нижний слой) — над дренажем; в других вариантах опыта была 2-кратная повторность.

ровых террас р. Мезени [6]. Вероятно, этому способствует длительное сезонное переувлажнение, «ненасыщенность» металлами мигрируемых комплексов, высокие концентрации подвижных органических соединений и их низкие величины молекулярных масс, невысокая сорбционная емкость компонентов почвенно-поглощающего комплекса, активные гидратация и гидролиз минералов, относительно высокая линейная скорость потока влаги в супесях. Пульсирующая миграция продуктов почвообразования обуславливает развитие верхних горизонтов изучаемых почв в режиме комплексных (двусторонних) барьеров миграции: вынос ВОВ из верхних генетических горизонтов, в частности в дождливые летний и раннеосенний периоды, сопровождается возвратом значительной массы мигрантов в зимний и ранневесенний сезоны. Динамика содержания C_{орг} в твердой фазе почвы также выражена достаточно четко: в августе в гор. EL_g и EL_g/B_g количество C_{орг} варьировало соответственно

от 0,8 до 1,1%, а к предзимью (конец октября) оно уменьшилось с 0,6 до 0,8% или на 25-27%. В то же время в слое 5-9 см, под подстилкой, к предзимью содержание C_{орг} несколько возросло — с 1,2 до 1,5% (или на 12,5%), что недостоверно с математической точки зрения. Полученная информация позволяет уточнить диагностику и классификацию почв Севера. Горизонт EL_{gh} иногда ошибочно определяют в поле как гумусово-аккумулятивный (Ai), а почву называют дерново-подзолистой, завышая ее бонитет и стоимость. Ранее нами было установлено, что гуминовых веществ в составе ГС глее-подзолистых почв почти нет, преобладают фракции ФК, а они не могут образовать гор. A_l [4, 6, 8]. Вышеуказанное позволяет по-новому оценить генезис гумусовых веществ: в таежных экосистемах биота определяет состав, свойства и функции различных классов органических веществ. ВОВ очень удобны для кодирования и передачи информации по трофическим цепям.

Выводы

1. В северотаежных экосистемах трансформация органических веществ растительных остатков (при ярком дефиците Са и N, длительном оглеении) сопровождается в основном формированием низкомолекулярных ВОВ с кислотным и комплексообразующими свойствами и консервацией опада. Гуминоподобные вещества не образуются: стадия гумификации не выражена и не характерна для этих почв.

2. Внутрипочвенная миграция компонентов ВОВ достигает, например, в осенне-весенний период 42-93 г/м² С_{орг}. Эти мигранты слабо сорбируются на оглеенных барьерах, окрашивая их в период вегетации в почти черный цвет. К предзимью темная окраска гор. Egh, Eg/Vg практически исчезает, горизонт проокраски «сжимается». Восходящая миграция ВОВ, составляющая 21-43 г/м² за 8,5 мес, компенсирует в известной мере элювиальный вынос веществ.

2. Низкомолекулярные органические лиганды (и, в частности, полифенолы) способствуют трансформации соединений Fe, Si, Mn, отражая один из механизмов лессиважа. Коллоидная форма миграции данных элементов заметно преобладает над их ионно-молекулярными соединениями.

3. Нисходящие и боковые (латеральные) миграционные потоки объединяют зоны мобилизации ВОВ — органогенные субстраты и функционирующую таежную биоту — с зонами сорбционно-десорбционного взаимодействия (горизонтами почвы), обуславливая их биологическую активность и элювиально-глеевую направленность развития.

4. Низкомолекулярные ВОВ с кислотными, комплексообразующими и аллелопатическими свойствами отражают один из биогеохимических механизмов адаптации таежной биоты к экстремальным условиям существования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. — 2. Елпатьевский П. В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. М.: Наука, 1993. — 3. Изотов В. Ф. Исследование теплового и водного режимов заболоченных лесов на Севере ЕТС. Автореф. канд. дис. Ленинград. Гидромет. ин-т. Архангельск, 1969. — 4. Карпухин А. И., Яшин И. М., Черников В. А. Формирование и миграция комплексов водорастворимых органических веществ с ионами тяжелых металлов // Изв. ТСХА, 1993. Вып. 2. С. 107-126. — 5. Кауричев И. С., Яшин И. М., Черников В. А. Теория и практика метода сорбционных лизиметров в экологических исследованиях. М.: МСХА, 1996. — 6. Каценко В. С., Яшин И. М. Миграция водорастворимых органических соединений в супесчаных глее-подзолистых почвах Севера Европейской части СССР // Изв. ТСХА, 1984. Вып. 6. С. 59-71. — 7. Малое А. И. Тяжелые металлы в донных отложениях и почвах юго-восточного Беломорья // В сб: Экология Северной Двины. Архангельск: Гос. комитет по охране окружающей среды, 1998. С. 111-120. — 8. Яшин И. М., Кауричев И. С., Черников В. А. Экологические аспекты гумусообразования // Изв. ТСХА, 1996. Вып. 2. С. 110-129. — 9. Яшин И. М., Шишов Л. Л., Раскатов В. А. Водная миграция химических элементов в почвенном покрове. М.: МСХА, 2003. — 10. Guggenberger G., Zech W. // Total Environment Vol. 152. Issue 1. July 1994. P. 37-47. — 11. Qualls R. G., Haines B. L. // America Journal, 1991. 55. PP. 1112-1123. — 12. Moran M. A., Hodson R. E. // Limnol. Oceanogr. 34: 1034-1047. — 13. Pohlman A., McColl J. // Am. J., 1989. 53: 686-690. — 14. Seelenfreund D., Lappierre C., Vicuna R. // J. Biotechnol, 1990. 13: 145-158. — 15. Shindo H., Huang P. // Am. J., 1984. 48: 927-934.

Статья поступила
13 октября 2006 г.

SUMMARY

It was shown that during vegetation period in O^{sp}, EL_g and B_{lg} gleepodzol soil substances of polyphenolic nature, aliphatic organic acids and low-molecular fractions (less than 1000), fulwosubstances (F.S.) are present in composition of watersoluble organic matter. These are ligands with Fe (II, III) ions and Mn (II) ions during low rising water migration forming bright dark-grey colour of pseudo-humus accumulative horizon. Newly formed components of water-soluble organic matter partake in pulsating migration and transformation in summer, colloids mainly of Si, Fe, Mn. By late autumn pseudohorizon «shrink» from 24-35 cm to 9-12 cm.