

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕЗИСА ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА*

И.М. Яшин, д.б.н., И.И. Васенев, д.б.н., Л.П. Когут, Е.Б. Таллер, к.с.-х.н., И.С. Прохоров, к.с.-х.н.
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: etaller@mail.ru

Рассмотрены фактические данные о морфологии, физико-химических свойствах, водной миграции органических лигандов и ионов тяжелых металлов в дерново-подзолах на двучленных породах лесных экосистем Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника (ЦЛГПБЗ) в Тверской области. Эколого-геохимические изыскания в режиме фоновом и оперативного мониторинга проводятся авторами в ландшафтах ЦЛГПБЗ, а также в Карелии и Архангельской области в соответствии с научными грантами РФФИ 2002-2004 гг. и с 2011 г. по н.в.

Ключевые слова: таежные экосистемы, дерново-подзолы на двучленных отложениях, фульвокислоты, низкомолекулярные органические кислоты, сорбционные лизиметры, миграция веществ, эколого-геохимическая оценка загрязнения экосистем.

SOIL GENESIS RESEARCH IN CENTRAL FOREST STATE NATURE BIOSPHERE RESERVE

I.M. Yashin, I.I. Vasenev, L.P. Kogut, E.B. Taller, I.S. Prokhorov

Present data about morphology, physical-chemical properties, water migration of organic ligands and heavy metal ions in sod-podzols at binomial parent rocks in forest ecosystems of Central-forest state natural biosphere reserve (CFSNBR) in Tver region are described in article. Ecological-geochemical investigations as background as operative monitoring are occurring by authors in CFSNBR and in Karelia republic and Arkhangelsk region in accordance with scientific grants of RSBR from 2002 till modern time.

Keywords: taiga ecosystems, sod-podzols, fulvic acids, low-molecular organic acids, sorption lysimeters, compounds migration, ecological-geochemical estimation of ecosystem pollution.

Генезис почв Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника (ЦЛГПБЗ) изучают с 30-х годов XX в. [1-4]. С 2011 г. в ЦЛГПБЗ почвенно-экологические изыскания проводят специалисты, аспиранты и магистры кафедры экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, в том числе и по научным грантам: эмиссия CO₂, динамика почвообразовательных процессов и другим. Важное место отводится *экологической оценке почв* ЦЛГПБЗ. Она сопряжена, в частности, с диагностикой кислотности, водной миграцией и трансформацией веществ (и загрязнителей – ионов тяжелых металлов – ТМ). При этом тяжелые металлы загрязняют биоту, воды и гумусовые вещества *не только антропогенным путем*. Источниками ТМ в лесных фациях могут быть *почвообразующие и подстилающие породы*, сравнительно быстро достигающие дневной поверхности, например, при ветровалах [1, 3]. Последние были отмечены в 1987, 1996 и 2010 гг. Несмотря на большой фактический материал, еще неполно раскрыт генезис почв с двучленным сложением профиля, нет фактических данных о масштабах миграции веществ в дерново-подзолах на двучленах, не изучены барьеры миграции почв ЦЛГПБЗ. Данной проблеме посвящена настоящая работа, которая приурочена к 100-летию со дня рождения И.С. Кауричева, разработавшего метод сорбционных лизиметров.

Объекты и методы исследований. ЦЛГПБЗ расположен на водоразделе крупных рек Русской равнины: Волги, Днепра и Западной Двины. Занимает территорию с координатами (56°26'–56°31') с.ш. и (32°29'–33°29') в.д. Абсолютные отметки варьируют от 110 до 235 м над у.м. Коренные породы – известняки. Они покрыты чет-

вертичными отложениями: мореной, водноледниковыми и покровными суглинками. Широко распространены двучленные породы [5]. Для двучленов характерна *резкая смена гранулометрического состава* (в пределах первого метра) через одну или две градации, например, супеси на глубине 47-63 см подстилаются моренным тяжелым суглинком – водоупором, создающим устойчивое сезонное переувлажнение всего профиля [6, 7]. На контакте пород – белесо-сизый элювиально-оглеенный слой.

Сведения о климате и растительности представлены в работах И.С. Кауричева, И.М. Яшина, В.А. Черникова и В.С. Кашенко [2, 3, 5, 8]. Среди древесных пород преобладают еловые леса (примерно 40% площади заповедника), сосновые леса занимают небольшие участки. Луга представлены как пойменными, так и суходольными ассоциациями. Много болот, которые не только служат истоками многих рек, но и обуславливают их химический состав. Нередко болота формируются при зарастании озер [8, 9].

Морфология почвы стационарного участка кв. 96 (район д. Красное, в 4,5 км на С-С-В от пос. Заповедный). Плакор холмисто-увалистой мореной равнины. Фация ельника-черничника. Микрорельеф – мелкобугристо-западинный. Много валежа, вывалов, редко сломанные стволы деревьев. Прикомлевая часть спелых елей покрыта мхами, на ветвях много эпифитных лишайников. Это косвенно указывает на чистоту атмосферного воздуха. Напочвенный растительный покров – куртины черники и пятнами гипновые мхи.

Разрез 1 заложен в 2,3 м от ствола зрелой ели.

A₀ – 0-1 см – слабо развитая, рыхлая лесная подстилка из веточек, хвои ели, локально гипновые мхи и листья березы, переход ясный;

* Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 02-04-48791; № 02-04-63043 и частично по грантам РФФИ № 11-04-01376 и Правительства РФ № 11.G34.31.0079.

1. Динамика физико-химических свойств дерново-подзола контактно-глееватого на двучленах в 2011-2012 гг., ЦЛГПБЗ, кв. 96. Координаты: 56°28' с.ш. и 32°52' в.д.

Горизонт и глубина отбора образцов, см	pH _{KCl}	H _г	Поглощенные основания		Содержание частиц менее 0,01 мм, %	С _{орг.} по Тюрину, %	Доступные формы, мг/кг	
			Ca ²⁺	Mg ²⁺			H ₂ PO ₄	K ⁺
			мг-экв/100 г					
Разрез 1я. Парцелла ельника черничника разнотравного (отбор проб 21.05.2011 г.)								
A ₀ /A ₁ , 3-10	3,0±0,5	21,4±4,7	1,0±0,2	0,1±0,0	18,3	2,7±0,8	200±5	121±7
Eh _г , 20-30	3,5±0,7	12,5±2,3	0,4±0,1	0,04±0,0	16,4	1,4±0,5	8±2	78±4
B _{ггп} , 32-39	3,9±0,4	6,8±1,7	0,3±0,1	0,02±0,0	19,5	0,8±0,3	29±3	47±3
EL ^г , 39-49	4,0±0,3	4,4±0,4	0,5±0,2	0,04±0,0	30,9	0,5±0,2	100±8	25±2
B _{2г} , 52-62	3,5±0,4	5,0±0,3	3,3±0,8	0,7±0,1	44,7	0,4±0,1	234±11	47±3
Разрез 1я. Парцелла ельника черничника разнотравного (отбор проб 30.09.2011 г.)								
A ₀ /A ₁ , 1-9	3,2±0,9	24,2±5,3	4,3±1,5	1,4±0,7	17,1	3,0±0,9	89±8	59±7
Eh, 9-17	3,4±0,8	16,9±3,6	0,7±0,4	0,3±0,1	15,6	2,3±1,1	5±1	55±3
B _{ггп} , 17-27	4,1±0,4	5,6±1,7	0,6±0,2	0,2±0,0	19,0	0,7±0,5	23±3	28±2
EL ^г , 45-55	4,0±0,3	2,8±0,9	1,0±0,5	0,3±0,0	32,7	0,4±0,1	95±8	24±2
B _{2г} , 67-77	3,5±0,3	4,5±0,2	2,8±0,8	0,8±0,4	43,4	0,3±0,0	165±9	44±5
Разрез 1я. Парцелла ельника черничника разнотравного (отбор проб 28.07.2012 г.)								
A ₀ /A ₁ , 2-10	2,9±0,3	22,9±0,3	0,90±0,1	0,12±0,0	-	3,3±0,6	123±5	283±7
Eh, 20-30	3,0±0,2	13,0±0,1	0,40±0,1	0,06±0,0	-	2,1±0,1	10±2	44±2
B _{ггп} , 32-38	3,4±0,4	3,4±0,2	0,30±0,0	0,03±0,0	-	1,6±0,1	87±5	18±2
EL ^г , 42-52	3,2±0,1	3,2±0,2	0,40±0,2	0,04±0,0	-	0,7±0,3	122±3	20±3

2. Динамика валового содержания ТМ в дерново-подзолах контактно-глееватых на двучленах ЦЛГПБЗ в 2011-2012 гг., мг/кг

Отбор образцов, см	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni
Разрез 1я. Плакор, фация ельника-черничника (отбор образцов почвы 30.09.2011 г.)					
A ₀ A ₁ , 1-9	0,19±0,04	14,0±4,8	8,0±2,7	1,6±0,8	0,6±0,09
A _{1h} /E _h , 9-17	0,09±0,02	6,8±1,9	15,6±4,4	1,7±0,9	2,1±0,2
B _{гг} , 17-27	0,20±0,06	6,7±2,1	19,5±5,3	1,9±0,7	3,1±0,4
EL ^г , 45-55	0,24±0,08	3,5±0,9	15,0±4,1	2,2±0,9	4,0±0,6
B _{2г} , 67-77	0,13±0,02	3,3±0,8	20,1±6,8	5,0±1,4	5,9±0,8
Разрез 1я. Плакор, фация ельника-черничника (отбор образцов почвы 28.07.2012 г.)					
A ₀ A ₁ , 2-10	0,20±0,02	7,5±0,8	17,2±2,9	3,2±0,05	2,8±0,5
A _{1h} /E _h , 20-30	0,11±0,04	5,8±1,5	0,6±0,02	2,3±0,04	2,3±0,5
B _{гг} , 32-38	0,11±0,02	3,8±0,4	0,8±0,02	2,6±0,04	1,6±0,8
EL ^г , 42-52	0,05±0,02	2,2±0,2	1,9±0,1	1,9±0,5	1,1±0,4

A₀/A_{1hg} 1-9(11) см – слаборазвитый гумусово-аккумулятивный горизонт в верхней части обогащен органогенным субстратом: влажный, светло-серый, пронизан крупными и мелкими корнями, локально угольки, супесчаный, непрочно комковатый, слабо уплотненный, червей нет, переход постепенный;

E_h 9(11)-17 см – элювиальный горизонт – влажный, белесо-серый, непрочно комковато-плитчатый, слабо уплотненный, супесчаный, *пропитан* ВОВ до глубины залегания корней, редкие Fe-Mn конкреции, много мелких камней, переход заметный по цвету и плотности;

B_{гг} 17-37 см – *трансформированный иллювиально-железистый горизонт* компонентами ВОВ – сырой, супесчаный, липкий (заилненный), средне уплотненный, палево-серый со слабым серым оттенком, локально Fe-Mn темно-бурые мелкие и прочные конкреции, камни, переход ясный по цвету и плотности;

EL^г 37-56 см – контактно-осветленный (точнее *контактно-глееватый*) горизонт – сырой, плитчатый, белесый

с палево-сизым оттенком, *среднесуглинистый*, очень плотный, щебень и камни, корни единичные, много Fe-Mn конкреций и бурых примазок по граням структурных отдельных частей, переход «языковатый», мелкие «языки» – белесые;

B_{2г} – 56-84 см – *второй иллювиальный горизонт* (сорбционный минеральный барьер миграции – водупор) – сырой, красновато-бурый, очень плотный (до *слитого*), глыбистый, тяжелый суглинок, включения камней и щебня. Глубже проходка затруднена.

От 10% раствора HCl почва *не вскипает по всему профилю*. Грунтовые воды в конце мая 2011 г. находились на глубине 124 см, осенью 2011 г. – глубже 2,5 м (при бурении).

Почва – дерново-подзол контактно-глееватый супесчаный на двучленных отложениях.

Разрез 4я, площадка – «старая вышка» в 4 км на север от пос. Заповедный, кв. 96; лес – ельник-кисличник сложный с множеством валежа и вывалов деревьев. Растительность и почвенный покров трансформированы после ураганов. Разрез заложен в западине со сфагновыми мхами.

A₀^T (O) – **0-4 см** – очес из живых сфагновых мхов: рыхлый, мокрый, переход ясный;

A₀^т (O^т) – **4-7(9) см** – торфяно-перегнойный: мокрый, темно-серый с бурым оттенком, при сжатии в ладони комка данного горизонта сочится вода бурого цвета, мажущийся, корней очень мало, рыхлый, крупные угольки, переход резкий;

E – **7(9)-14(17) см** – элювиальный горизонт (*транзитный барьер миграции*): сырой, ярко белесый, рыхлый, тонкозернистый песок, отмечены тонкие и косые серого цвета миграционные «тяжи», выходящие из гор. A₀^т и заканчивающиеся в иллювиально-железистом горизонте; корни единичные, бесструктурный, через горизонт проходит «хвост» миграционной воронки, опускающийся в гор. BC, переход постепенный;

B_{гг} – **14(17)-28(31) см** – трансформированный иллювиально-железистый горизонт (*сорбционный двусторонний барьер миграции*): влажный, палево-бурый, рыхлый, тонкозернистый песок с крупными белесыми «пятнами» –

деградация $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – редко Fe-Mn конкреции, а вокруг них затеки $\text{Fe}(\text{OH})_3$, переход заметный по плотности и цвету;

EL'g – 28(31)-34(37) см – контактно-осветленный (точнее элювиально-оглеенный) горизонт: влажный, белесо-сизоватый, среднеуплотненный, средний суглинок, комковато-плитчатый, редко ходы сгнивших корней, переход языковатый;

EL'g/B_{2g} – 34(37)-41(44) см – переходный ко второму иллювиальному горизонту: сырой, белесо-красновато-бурый, плотный, липкий, плитчато-мелко глыбистый, тонкие поры, много Fe-Mn конкреций и примазок по граням педов, переход языковатый;

B_{2g} – 41(44)-87 см – иллювиальный горизонт (*второй сорбционный барьер миграции* в профиле после иллювиально-железистого горизонта): красно-бурый, очень плотный, мелко глыбистый, тяжелый суглинок, мокрый, липкий, по граням педов белесые кутаны и бурые примазки, в этом горизонте отмечены редкие белесые пятна и «языки», опускающиеся из элювиального горизонта, редко камни, переход постепенный;

BC – 87-112 см – горизонт переходный к почвообразующей породе (*сорбционный барьер миграции*): сырой, красно-бурый, очень плотный, тяжелосуглинистый, после дождей сочится вода с глубины 112 см.

От 10% раствора HCl почва *не вскипает по всему профилю*.

Почва – подзол иллювиально-железистый песчаный грунтово-глееватый на двучленных отложениях. В ближайшие годы почва трансформируется в подзол глеевый.

Подобные профили подзолов нами были выявлены и изучены на стационарах в Архангельской области – Коношский и Няндомский районы [5, 9]. Иногда такие почвы некорректно диагностируют их как «белоподзолы», «белоземы». Нужно учесть, что в этих почвах ярко выражена трансформация и водная миграция соединений Fe. Но все зависит от массы ВОВ с кислотными свойствами, мобилизуемыми в оторфованной лесной подстилке и мигрируемыми в подзоле. При перераспределении Fe-органических комплексных соединений в песчаном подзоле, формируется хроматограмма мигрантов, которая заметно изменяется по сезонам года. Изучение формы и масштаба миграции соединений Fe позволит решить данную задачу.

Нередко после вывалов ели близко к *дневной поверхности подходит иллювиальный красно-бурый горизонт*, трансформируемый новой лесной растительностью. При этом *элювиально-глеевый процесс почвообразования* (наряду с биогеохимическим круговоротом веществ) будут определять перераспределение продуктов почвообразования в новом профиле.

В этой связи интерес представляет *почва разреза 5я* на опушке леса под луговой растительностью. Лесной дерново-подзол контактно-глееватый на двучленах за несколько десятилетий на лугу трансформировался в дерново-палево-подзолистую грунтово-глееватую почву на двучленах. В профиле имеется развитый дерновый (гумусово-аккумулятивный 13 см) и подзолистый (14-16 см) горизонты (рис. 4 С, D). Из-за отсутствия древостоя *избыток внутрипочвенной влаги не удаляется в атмосферу, как в лесу*, а накапливается в почве и способствует активной трансформации соединений железа (с участием ВОВ), прокрашиванию в ярко буро-красный цвет нижних генетических горизонтов **B_{fr}**, **EL'g**, **B_{2g}** и ча-

стичному выносу продуктов почвообразования в грунтовые воды и местные базисы эрозии (вода в профиле сочится с глубины 43 см – на контакте смены пород: супеси и среднего суглинка)). Так происходит *ожелезнение верховодки*, родников и мелких речушек бассейна р. Межа. Судя по растянутости буро-красного профиля и его оводненности, в нем интенсивно выражены процессы диффузии и миграции веществ: это «живая», развивающаяся почва.

В исследованиях были использованы полевые и лабораторные методы почвенно-экологических изысканий [2, 3, 5, 9].

Результаты и их обсуждение. Исследование морфологии и химических свойств (табл. 1) дерново-подзолов на двучленах позволило выявить их яркую сезонную динамику. Другой особенностью таких почв была резкая ненасыщенность гумуса и почвенных минералов ионами щелочноземельных оснований вследствие чего во все сроки наблюдений отмечена очень сильноокислая реакция среды и высокая гидролитическая кислотность. Динамика доступных форм фосфора и калия связана с биогеохимическим круговоротом веществ. Валовое содержание ТМ (Zn, Cu, Ni) в дерново-подзоле низкое, что обусловлено, по-видимому, функционированием барьеров миграции – горизонтов В, ВС и С на фоне очень слабого аэротехногенного загрязнения [11]. В то же время и такое незначительное содержание ТМ все же будет сказываться на экологической безопасности ягод, грибов и природных вод. Поскольку коэффициенты биогенного накопления у ионов ТМ очень высокие [15].

Сезонную динамику свойств подзолов обуславливают ВОВ, плесневые грибы-кислотообразователи, избыток влаги по микрозападинам, а также трансформация и миграция соединений Fe, Al, Mn, Si [16]. Особую роль в вуализации профилей песчано-супесчаных подзолов и дерново-подзолов играют соединения железа [6, 12-14]. Это наглядно заметно в дерново-палево-подзолистой почве на двучленах под луговой растительностью, о чем было уже отмечено. Избыток влаги здесь сохраняется долго, способствуя трансформации соединений железа и почвенных минералов. Профили подзола и дерново-подзола на двучленах под древесной растительностью заметно иссушены вследствие транспирации хвойными породами и очень плотные с глубины 45-57 см. Поэтому в зоне тайги (в частности, средней и северной) *на вырубках* наблюдается заболачивание, а подзолы трансформируются сначала в подзолисто-глеевые почвы, а затем и в болотно-подзолистые [15, 17]. В подзоне южной тайги на вырубках отмечено формирование лугов.

Возможен еще один вариант трансформации почв ЦГПБЗ на двучленах, в частности, при отсутствии ярко выраженного *элювиального горизонта* в профиле дерново-палево-подзолистой грунтово-глееватой почвы на двучленах. В таком случае под гор. А₁ располагаются завуализированные гидрогелями $\text{Fe}(\text{OH})_3$ горизонты **B_{fr}**, **EL'g**, **B_{2g}**, **BC** и **С**. Подобный однородно окрашенный профиль некоторые авторы именуют как *бурозем*, что противоречит как самой почве, так и процессу буроземообразования, характерному, например, для ландшафтов Карпат и связано с внутрипочвенным оглиниванием [8, 9, 18]. Вообще для почв с двучленным сложением профиля некорректно рассчитывать элювиально-иллювиальные коэффициенты подзолообразования; параметры оценки водного

баланса такой почвы в лесу могут быть ошибочными из-за латерального привноса воды и веществ. Верхние слои минипodzola отличаются почти провальной фильтрацией [6, 14], а контактно-осветленные и более глубокие – очень слабо сбрасывают избыток влаги, вызывая анаэробизм podzолов и дерново-podzолов на двучленах.

Экологическое направление в изучении почв учитывает как их сложение, свойства, так и биогеохимический круговорот органического углерода, формирование при фотосинтезе и гумификации низкомолекулярных органических кислот (НМОК), полифенолов и фульвокислот (ФК) с кислотными и иными свойствами на уровне экосистемы с участием плесневых грибов-кислотообразователей (*Penicillium...*) – [1, 11, 12, 16]. В этой связи рассмотрим экспериментальный материал по миграции ВОВ, микроэлементов и ТМ в профиле дерново-podzola на двучленах (кв. 96).

Вынос ВОВ по органическому углероду ($C_{орг.}$) наиболее эффективно изучать с помощью активированного угля в колонках (табл. 3-5). Катионит КУ-2 в H^+ -форме сорбировал небольшое количество компонентов ВОВ. Характерно, что плотного водоупора гор. $B_{2г}$ достигают заметные массы ВОВ – 5,4 г/м² за период опыта. Среди ТМ наибольшая

миграция отмечена у соединений железа, максимум масштаба миграции которых установлен по сорбции в колонках активированным углем. Это комплексные Fe-органические соединения [2, 3, 13]. На катионите КУ-2 сорбируются оксигидраты металлов микроэлементов и ТМ с положительным знаком заряда [5]. Масштаб их выноса небольшой, если сравнить с ЛОД [5, 18].

Примечательно, что при нисходящей водной миграции у соединений *железа, цинка и меди* в дерново-podzолах на двучленах установлено *два максимума выноса*: из горизонта иллювиально-железистого трансформируемого (B_{ftr}) и иллювиального горизонта B_2 – водоупора. Во втором случае сорбционные лизиметры были заложены под одну из немногих магистральных трещин белесого цвета, уходящих до почвообразующей породы. По ней и происходил сброс влаги и мигрантов. Подобное перераспределение не выявлено для компонентов ВОВ: отмечено резкое уменьшение их масштаба миграции в супесчаном минипodzоле – с 21,0 г/м² из лесной подстилки до 8,2 г/м² из-под горизонта $B_{2г}$ – в подстилающем водоупоре. Масштабы водной миграции кадмия, свинца и никеля – низкие.

3. Масштаб водной миграции $C_{орг.}$ ВОВ, ионов микроэлементов, тяжелых металлов и кальция в дерново-podzоле контактно-глееватом на двучленах ЦЛГПБЗ (кв. 96); экспозиция 30.09.2011 г. – 25.07.2012 г.

Горизонт и глубина установки лизиметров, см	По сорбции в колонках активированным углем (десорбция 1н NaOH), мг/м ² за 289 сут.							
	Cd^{2+}	Pb^{2+}	Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Fe^{3+}	Ca^{2+}	$C_{орг.}$
A_0/A_1 , 9	0,02	0,70	0,11	3,0	8,0	145,0	12,0	15626,9
E_{hg} , 17	0,04	2,50	0,14	2,0	5,0	60,0	11,5	12638,1
B_{ftr} , 27	0,25	1,63	0,07	8,6	23,4	483,0	21,0	9376,9
$EL'_{г}$, 55	0,03	2,80	0,15	2,7	6,2	165,0	4,9	5537,3
$B_{2г}$, 77	0,07	0,90	0,11	0,6	6,2	96,0	7,9	4843,3
$B_{2г}$, 87	0,04	6,78	0,25	5,6	54,5	523,0	18,9	1630,6

4. Масштаб водной миграции $C_{орг.}$ ВОВ, ионов микроэлементов, тяжелых металлов и кальция в дерново-podzоле контактно-глееватом ЦЛГПБЗ (кв. 96); экспозиция 30.09.2011 г. – 25.07.2012 г.

Горизонт и глубина установки лизиметров, см	По сорбции катионитом КУ-2 (десорбция 0,1н HNO_3), мг/м ² за 289 сут.							
	Cd^{2+}	Pb^{2+}	Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Fe^{3+}	Ca^{2+}	$C_{орг.}$
A_0/A_1 , 9	0,08	0,20	0,4	1,0	0	40,0	1,7	5383,3
E_{hg} , 17	0,05	0,07	0,3	0,3	0	30,0	1,0	4753,7
B_{ftr} , 27	0,01	0,03	0,2	1,0	2,0	53,0	0,3	4459,9
$EL'_{г}$, 55	0,03	0,12	0,5	0	0	27,0	0,3	7884,3
$B_{2г}$, 77	0,04	0,11	0,1	0	0	40,0	1,0	3391,8
$B_{2г}$, 87	0,09	0,14	0,3	0	0	170,0	2,0	3757,5

5. Общий масштаб водной миграции $C_{орг.}$ ВОВ, ионов микроэлементов, тяжелых металлов и кальция в дерново-podzоле контактно-глееватом на двучленах ЦЛГПБЗ (кв. 96); экспозиция 30.09.2011 г. – 25.07.2012 г.

Горизонт и глубина установки лизиметров, см	По сорбции сорбентами в колонках, мг/м ² за 289 сут.							
	Cd^{2+}	Pb^{2+}	Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Fe^{3+}	Ca^{2+}	$C_{орг.}$
A_0/A_1 , 9	1,0	2,3	1,5	4,0	8,0	185,0	13,7	21010,2
E_{hg} , 17	0,9	3,2	1,7	2,3	5,0	90,0	12,5	17391,8
B_{ftr} , 27	2,6	2,0	0,9	9,6	25,4	536,0	21,4	13836,8
$EL'_{г}$, 55	0,6	4,0	2,0	2,7	6,2	191,0	5,2	13421,6
$B_{2г}$, 77	1,1	2,0	1,3	0,6	6,2	136,0	8,9	8235,1
$B_{2г}$, 87	1,3	8,2	2,8	5,6	54,5	693,0	20,9	5388,1

Кадмий был сорбирован в предыдущие циклы почвообразования на иллювиально-железистом барьере миграции, а в настоящее время отмечается небольшой вынос ионных форм Cd^{2+} в форме кадмийорганических соединений по сорбции на активированном угле и в форме положительно заряженных оксигидратов – по сорбции на катионите КУ-2. Свинец и медь мигрируют главным образом в форме комплексных органоминеральных соединений по сорбции в колонках активированным углем.

Использование вакуумных лизиметров для оценки концентрации ионов алюминия, железа, кремния в почвенных растворах и природных водах экосистем ЦЛГПБЗ может привести к некорректным экспериментальным результатам. Дело в том, что через керамическую мембрану вакуумного лизиметра проникают (как и через свечу Шамберлена) только ионы и молекулы. Коллоидные и тонкодисперсные формы мигрантов налипают на поверхности керамической трубки, и оказываются неучтенными. А они составляют большую массу мигрантов в таежных подзолах при лессиваже, чему способствует и элювиально-глеевый процесс [5, 8-10, 15, 17]. Применение скандинавскими специалистами лизиметров – накопителей почвенной влаги в лесных подзолах также приводит к артефактам и ошибкам. В таких «почвенных аквариумах» происходит очень интенсивная биodeградация ВОВ и органоминеральных соединений. В результате в приемниках вод накапливаются минеральные соли, газы, искажающие реальные формы и масштабы миграции железа, кальция, микроэлементов и ионов ТМ, а также ВОВ. Последние частично образуют бурые сгустки, прочно налипающие на стенки и дно сосудов (их очень сложно извлечь). Подобный эффект наблюдали в конце августа 1967 г. в Карелии после откачки лизиметрических вод в поверхностно-подзолистых почвах, развитых на ленточных глинах (правый берег р. Суна в заповеднике «Кивач»). Лизиметрические воды были как «шипучка». Анализы показали, что в ней нет $\text{C}_{\text{орг}}$, ВОВ, хотя присутствовали соли – бикарбонаты, сульфаты, нитраты. Вода была бесцветной.

Выводы: 1. Охарактеризованы морфология и физико-химические свойства подзола иллювиально-железистого песчаного на двучленах, дерново-подзола контактно-глееватого супесчаного на двучленах и дерново-палево-подзолистой грунтово-глееватой супесчаной почвы на двучленах. 2. Данные почвы отличает очень сильнокислая реакция среды, ненасыщенность основаниями, двучленность профиля, низкое содержание доступных форм фосфора и калия. 3. Валовое содержание тяжелых металлов по профилю дерново-подзола контактно-глееватого супесчаного на двучленах – низкое. 4. Установлена активная мобилизация и значительный масштаб водной миграции компонентов ВОВ в профиле дерново-подзола контактно-глееватого супесчаного на двучленах. Это связано высокой оводненностью и слабой дренированностью таких почв ЦЛГПБЗ. 5. Сезонное переувлажнение почв на двучленных породах наряду с компонентами ВОВ способствует интенсивной трансформации почвенных минералов, коллоидов и гумусовых веществ. Вследствие чего отмечена активная водная миграция соединений железа. Вынос микроэлементов и ТМ – низкий. Метод сорбционных лизиметров наиболее эффективный тип лизиметров, используемый для учета водной миграции ВОВ и органоминеральных соединений.

Литература

1. Васенев И.И., Таргульян В.О. Ветроваль и таежное почвообразование (режимы, процессы, морфогенез почвенных сукцессий). – М.: Наука, 1995. – 247 с.
2. Кауричев И.С., Яшин И.М., Черников В.А. Эколого-биогеохимические закономерности гумусообразования в почвах таежных ландшафтов // Известия ТСХА, 1997, вып. 1. – С. 63-82.
3. Кауричев И.С., Яшин И.М., Черников В.А. Теория и практика метода сорбционных лизиметров в экологических исследованиях. – М.: МСХА. 1996. – 144 с.
4. Строганова М.Н., Урусевская И.С., Шоба С.А., Щипихина Л.С. Морфогенетические свойства почв ЦЛГПБЗ, их диагностика и систематика // Сб. Генезис и экология почв Центрально-лесного государственного заповедника. – М.: Наука, 1979. – С. 18-53.
5. Яшин И.М. Мониторинг процессов миграции и трансформации веществ в почвах. – М.: РГАУ-МСХА, 2013. – 183 с.
6. Апарин Б.Ф., Рубилин Е.В. Особенности почвообразования на двучленных породах северо-запада Русской равнины. – Л.: Наука, 1975. – 195 с.
7. Рябошапка А.Г., Брюханов П.А., Брускина И.М. Мониторинг атмосферного трансграничного переноса загрязняющих веществ на территории ЦЛГПБЗ // Сб. Труды ЦЛГПБЗ. – Великие Луки, 2007, вып. 5. – С. 354-362.
8. Яшин И.М., Кащенко В.С. Миграция водорастворимых органических веществ в супесчаных глееподзолистых почвах Севера европейской части СССР // Известия ТСХА, 1986, вып. 6. – С. 59-71.
9. Яшин И.М., Кашанский А.Д., Петухова А.А., Когут Л.П. Ландшафтно-геохимическая диагностика почв Европейского Севера России. Монография. – М.: РГАУ-МСХА, 2012. – 158 с.
10. Яшин И.М., Карпачевский Л.О. Экогеохимия ландшафтов. – М.: РГАУ-МСХА, 2010. – 224 с.
11. Многолетние процессы в природных комплексах заповедников России. Материалы Всерос. научн. Конференции, посвященной 80-летию ЦЛГПБЗ 20-24 августа 2012. – Великие Луки, 2012. – 416 с.
12. Зайдельман Ф.Р. Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов почв и ее прикладное значение. – М.: КРАСАНД, 2010, 248 с.
13. Карпучин А.И., Яшин И.М., Черников В.А. Формирование и миграция комплексов водорастворимых органических веществ с ионами тяжелых металлов // Известия ТСХА, 1993, вып. 2. – С. 107-126.
14. Кашанский А.Д. Подзолистые почвы на двучленных наносах Европейского Севера СССР // Сб. Современные почвообразовательные процессы. – М.: ТСХА, 1974. – С. 112-135.
15. Яшин И.М., Мухин Е.В., Карпучин А.И. Эколого-геохимическая характеристика почв лесных и лесопарковых ландшафтов низовья р. Сев. Двины // Известия ТСХА, 2004, вып. 4. – С. 19-37.
16. Кураков А.В., Костина Н.В., Прохоров И.С., Махова Е.Г., Садыкова В.С. Стимуляция грибами азотфиксации в дерново-подзолистых почвах // Почвоведение, 2006, № 9. – С. 1075-1081.
17. Яшин И.М., Сердюкова А.В., Петухова А.А., Грачев Д.А. Изучение миграционных потоков тяжелых металлов для диагностики загрязнения таежных экосистем // Известия ТСХА, 2012, вып. 2. – С. 20-31.
18. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. – М.: Наука, 2005. – 309 с.