

УДК 631.4:581.524.34(1-924.82)

**Особенности изменения почв и растительности в процессе самовосстановительной сукцессии в подзоне средней тайги**

© 2010. И. Б. Арчегова, д.б.н., в.н.с., Е. Г. Кузнецова, к.б.н., с.н.с.,  
Ф. М. Хабибуллина, д.б.н., с.н.с., А. Н. Панюков, к.б.н., н.с.,  
Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,  
e-mail: archegova@ib.komisc.ru, kuznecova@ib.komisc.ru

Обсуждаются результаты комплексных исследований процесса самовосстановления посттехногенной экосистемы в таёжной зоне Республики Коми. Установлено, что на стадии замещения травянистого сообщества древесными растениями морфологическое строение и химические свойства почв, характеристика микробиоты, химический состав кроновых и лизиметрических вод отражают парцеллярную структуру растительного сообщества формирующейся лесной экосистемы. Показано, что формирование и изменение почвы непосредственно связано с изменением типа растительного сообщества.

The results of complex research of post-technogenic ecosystem self-remediation in the Komi republic taiga zone are discussed. It is stated that morphologic structure and chemical properties of soil, microbiota characteristics and chemical structure of crown and lysimetric water reflect the parcel structure of plant the community of the forming forest ecosystem at the stage of grass community substitution with woody plants. It is shown that forming and changing of soil is connected with the change of plant community type.

Ключевые слова: лесная экосистема, самовосстановительная сукцессия, почва, растительность, микробиота, парцелла, кроновые и лизиметрические воды

Key words: forest ecosystem, self-remediation succession, soil, vegetation, microbiota, parcel, crown and lysimetric water

**Введение**

В таёжной зоне Республики Коми промышленные рубки леса, строительство дорог и другие виды техногенного воздействия приводят к уменьшению площадей коренных хвойных лесов на значительной территории. В результате экзогенных сукцессий происходит смена пород – на вырубках формируются смешанные или почти чистые древостой лиственных пород (берёзы и осины). На техногенных пустошах самовосстановление экосистем может происходить, начиная с пионерных травянистых группировок.

При изучении восстановительной сукцессии особую актуальность приобретают комплексные исследования в системе биота-почва, основанные на системном подходе. Биогеоценоз рассматривается нами как целостное образование, состоящее из взаимосвязанных и взаимообусловленных структур: растительного сообщества, зоо-микробного комплекса, трансформирующего органические остатки, и продуктивного слоя, т. е. почвы [1]. Компоненты экосистемы в единство связывает механизм биологического оборота органического вещества и энергии. В комплекс-

ных исследованиях важное место занимает изучение химического состава атмосферных осадков, проходящих через растительный покров. Дождевые воды, проникая через кроны древесных пород, изменяют свой химический состав вымыванием разнообразных продуктов жизнедеятельности растений и техногенного воздействия и влияют на биологический оборот веществ в экосистемах, на процесс почвообразования [2]. Сопряжённые исследования позволяют оценить роль каждого из компонентов, изучить их взаимосвязь и взаимовлияние в формировании таёжных экосистем.

Цель работы заключалась в установлении особенностей состояния растительного сообщества, почвы и почвенной микробиоты, выявлении трансформации атмосферных осадков под влиянием растительности в процессе самовосстановления посттехногенной таёжной экосистемы.

**Объекты и методы**

Исследования проводили в подзоне средней тайги на стационаре, расположенном в 17 км к юго-западу от г. Сыктывкара. Объект исследований – многолетнее разнотравно-

злаковое сообщество, которое сформировалось в процессе самовосстановительной сукцессии в течение 20–25 лет на техногенном суглинистом субстрате (покровные суглинки, вскрытые и оставшиеся после реконструкции автодороги). В последние 10 лет разнотравно-злаковое сообщество замещается лесным в процессе естественного возобновления сосны, берёзы, ивы, образующих группы – парцеллы.

Описание растительности выполняли по общепринятым в геоботанике методам [3]. Химический анализ почвенных образцов осуществляли в соответствии с современными методами исследования почв [4].

Для изучения состава микробного населения почв пробы отбирались из верхнего горизонта почв на участке с травянистым покровом и в парцеллах. Комплекс типичных видов микромицетов определяли на основе пространственной и временной встречаемости по методу Т. Г. Мирчинк [5]. Бактерии учитывались на мясо-пептонном агаре (МПА), актиномицеты – на крахмально-аммиачном агаре (КАА), сахаролитические грибы – на среде Чапека, целлюлозолитические – на среде Гетчинсона. Идентификацию микроскопических грибов осуществляли по культурально-морфологическим признакам в соответствии с определителями [6 – 8].

На площадке для сбора вод были установлены пластмассовые сосуды с воронками диаметром 12 см в трёхкратной повторности под кронами сосны, берёзы и ели, а также на открытом участке – в многолетнем разнотравно-злаковом сообществе. В четырёх разрезах под гор. А0А1, АдерА1 были заложены в трёх повторностях лизиметры – сосуды с воронками, водосборная площадь которых составляла 50 см<sup>2</sup>. Сбор и анализ кроновых и лизиметрических вод осуществляли в начале и в конце вегетации, кроме того, кроновые воды собирали в течение лета после сильных дождей (преимущественно в июле). В водах определяли рН и содержание Сор<sub>г</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>. Величину рН определяли потенциометрически, содержание NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – фотометрически, Cl<sup>-</sup> – меркурометрически, K<sup>+</sup> – на спектрометре SP-90А (Великобритания), Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> – на атомно-адсорбционном спектрофотометре фирмы Hitachi (Япония), С<sub>орг</sub> – по методу Тюрина.

### Результаты и их обсуждение

К началу наших наблюдений (1996 г.) на техногенном субстрате сформировалось

разнотравно-злаковое растительное сообщество с преобладанием многолетних злаков – полевицы гигантской (*Agrostis gigantea*), тимофеевки луговой (*Phleum pratense*), щучки дернистой (*Deschampsia cespitosa*), вейника седеющего (*Calamagrostis canescens*) и других типичных луговых видов с характерной примесью эксплерентов (сорно-рудеральных растений) – пырея ползучего (*Elytrigia repens*), одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*), мать-и-мачехи (*Tussilago farfara*) и др. [9]. Сообщество было полидоминантным, господствующий вид не выделялся, однако преобладание луговых злаков определяло «луговой» тип экосистемы.

В последующие годы участок постепенно колонизировался древесными растениями – берёзой пушистой (*Betula pubescens*), сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), видами ив (*Salix*), распространяющимися группами. В 2009 г. было отмечено, что в процессе замещения травянистой экосистемы на лесную большая часть стационарной площадки занята группами древесных растений – парцеллами.

В парцелле сосны (сосна высотой 5–6 м, диаметр ствола 6–10 см) с примесью ивы травянистый ярус разрежен, общее проективное покрытие около 40%, в нём ведущую роль играют лесные и опушечные виды: хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), золотарник (*Solidago virgaurea*), иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*). Кроме того, присутствуют остаточные элементы лугового сообщества – щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa*), полевица гигантская (*Agrostis gigantea*). Единично представлены внедрившиеся опушечные виды – земляника лесная (*Fragaria vesca*), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris*). Под травами развит маломощный моховой покров, на поверхности почвы формируется слой хвойно-лиственной подстилки, количество травянистого опада невелико.

В парцелле берёзы пушистой сомкнутость крон 0,5–0,7, берёза достигает 3 м в высоту, диаметр ствола 3–5 см. Парцелла, по-видимому, находится на стадии формирования, поскольку в травянистом ярусе ещё господствуют луговые виды: клевер ползучий (*Amoria repens*) и хвощ полевой (*Equisetum arvense*). Из элементов высокотравья, в отличие от чистых травянистых участков, присутствует только золотарник (*Solidago virgaurea*). Отмечено единичное появление некоторых лесных и опушечных видов – земляники лесной (*Fragaria vesca*), чины весенней (*Lathyrus vernus*).

Несмотря на то, что древесный ярус ещё не достиг зрелости, он уже оказывает существенное влияние на облик молодой экосистемы. Вследствие изменения условий освещения и увлажнённости часть ранее произраставших типичных луговых видов не зафиксирована – это вейник седеющий (*Calamagrostis canescens*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), мятлик болотный (*Poa palustris*), хвощ луговой (*Equisetum pratense*), канареечник (*Phalaroides arundinacea*). Другие виды в парцеллах (особенно сосновой) существенно снижают обилие (до 1–5%): нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare*), чина луговая (*Lathyrus pratensis*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*), щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa*). В целом можно констатировать, что травянистое сообщество трансформируется в направлении образования сомкнутого мелколиственного древостоя с участием сосны и постепенным выпадением в напочвенном покрове видов травянистой стадии самовосстановительной сукцессии.

Следует отметить, что на участке с сохраняющимся травянистым покровом состав его также изменяется в сторону снижения участия злаков. Под травами развивается моховой слой, дернина деградирует.

В связи с изменением состава растительного сообщества происходит преобразование почвы. Как отмечено выше, древесные растения располагаются группами. Вдоль участка с одной стороны сохранилось травянистое сообщество, в травостое которого при этом снижается доля злаков-задернителеев. Под травами развиты мхи, образующие с опадом трав маломощную (до 0,5 см) подстилку, под которой почва имеет следующее строение:

А <sub>дер</sub> 0-2(4) см	Среднесуглинистый слой, сероватый, слабо уплотнён, много корней, местами слой разрушен, крошится, его мощность уменьшается до 2 см (остаточный дерновый слой)
А <sub>дер</sub> А1 2(4)-5 см	Средний суглинок, коричнево-серый (гумусирован), ещё часто корни, переход по цвету ясный
III сл. 5-10 см	Средний суглинок, коричневый, слабо уплотнен, крошится на ореховатые отдельности, корни единично (остаточный гумусовый одернованный слой)

Сравнение данной почвы с почвой ранее развитого на этом участке травянистого сообщества [9] позволяет достаточно ясно выявить происходящую деградацию одернованного гумусового слоя, снижение мощности органо-аккумулятивного слоя. Почва в группах древесных растений (парцеллах), представленных берёзой, сосной, ивой, характеризуется сходным строением – наличием ясно выраженной, хотя ещё малой толщины, слабо (средне) разложившейся подстилки.

Почва берёзовой парцеллы имеет следующее строение профиля:

А0 0-1,5(2) см	Бурая, слабо(средне) разложившаяся подстилка, корни, уплотнена
А0А1 1,5(2)-5 см	Суглинок средний, серо-коричневый, часто корни, уплотнён, бесструктурный, переход ясный по цвету
III сл. 5-10(12) см	Суглинок средний, коричневатый, рассыпается на ореховатые отдельности, единично корни

Физико-химические показатели (табл. 1) рассматриваемых почв в целом отражают происходящее их преобразование. В группах древесных растений выражена аккумуляция грубого гумуса в формирующейся подстилке и элементов-биогенов, что характерно для почв лесной экосистемы. Те же признаки можно отметить и в почве деградирующей травянистой экосистемы.

Как видно из таблицы 1, в почве под травами содержание С<sub>орг.</sub> дифференцировано, тогда как ранее оно постепенно снижалось в пределах биогебно-аккумулятивного слоя: в гор. А<sub>дер</sub> – 1,6%, А<sub>дер</sub> А1 – 1,5%, с 10 до 20 см – 1–0,8% [9].

Данные таблицы 2 показывают существенное изменение состава гумуса в почве преобразующейся травянистой экосистемы – снижение доли гуминовых кислот (ГК) и, соответственно, уменьшение показателя Сгк : Сфк с 2 до 0,6–0,5, что свидетельствует о преобразовании гуматного органического вещества в фульватный.

Под влиянием внедрившихся на участок древесных растений – сосны, берёзы, ивы изменился состав почвенной микробиоты.

В слабо одернованном слое почвы под травами выявлено 15 видов грибов (табл. 3). Большинство видов – типичные сапротрофы из класса *Deuteromycetes*. Наиболее представительная их часть принадлежит семейству

Таблица 1

Физико-химические свойства почв

Местоположение	Горизонт, глубина, см	pH <sub>вод.</sub>	C <sub>орг.</sub> %	N <sub>гидр.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
				мг/100г			ммоль/100г	
Разнотравно-злаковое сообщество	A <sub>дер</sub> 0-2(4)	6,5	7,2	30,8	7,7	160,2	20,5	5,8
	A <sub>дер</sub> A1 2(4)-5	5,8	1,3	5,9	16,0	92,0	8,5	3,6
	III слой 5-10	5,5	0,4	2,5	14,9	25,2	6,4	3,1
Сосновая парцелла	A0 0-1,5	6,5	8,9	22,4	6,4	37,7	31,3	9,6
	A0A1 1,5-5	5,6	0,8	3,1	15,0	33,5	7,1	3,6
	III слой 5-10	5,4	0,2	1,4	19,3	11,7	6,0	3,3
Берёзовая парцелла	A0 0-1,5(2)	6,7	6,8	15,7	18,2	28,5	21,6	4,9
	A0A1 1,5(2)-5	6,0	1,2	4,5	14,3	30,0	5,9	2,4
	III слой 5-10	5,4	0,8	3,6	11,1	15,2	2,7	1,1

Таблица 2

Состав гумуса в почве разнотравно-злакового сообщества

Горизонт	Глубина, см	Сорг, %	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты					Нерастворимый остаток	Сгк/Сфк
			1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма		
A <sub>дер</sub>	0-2(4)	5,4	5,5	7,9	6,6	19,9	6,1	13,2	4,6	7,7	31,6	48,5	0,6
A <sub>дер</sub> A1	2(4)-5	0,6	1,9	7,5	1,9	11,3	5,6	3,8	5,7	7,5	22,6	66,1	0,5

*Moniliaceae* (роды: *Cephalosporium*, *Geomyces*, *Trichoderma*, *Paecilomyces*, *Penicillium*). Из семейства *Dematiaceae* был отмечен только вид рода *Cladosporium*. Помимо указанных были также выявлены представители других таксонов из классов *Zygomycetes* (роды: *Mucor*, *Mortierella*). С высокой частотой выделялись темноокрашенные и бесцветные стерильные колонии *Mycelia sterilia*.

Под влиянием внедрившихся древесных растений – сосны, берёзы, ивы изменился видовой состав микромицетов. В почве сосновой парцеллы выделено 20 видов грибов, относящихся к 13 родам трёх классов, при этом общими с микобиотой под травами являются 9 видов. Из почвы под сосной в качестве специфических обитателей выделены виды *Mortierella vinacea*, *Monocillium humicola*, *Trichothecium roseum*, *Nigrospora sp.*, *Fusidium terricola*, *Paecilomyces farinosus*. Микобиота под ивой и берёзой отличается в меньшей степени от микобиоты под травами. Общими видами с травянистым сообществом являются в берёзовой парцелле 8 видов, под ивой – 7. Отметим, что виды, доминирующие в травянистой экосистеме, в парцеллах переходят в разряд редких. Под древесными растениями виды-доминанты не выделяются, что характеризует формирующиеся микобиоты парцелл. Специфическими видами в почве под берёзой являются грибы *Trichoderma fertile*, *T. viride*, под ивой – *T. croceum*.

В преобразуемом верхнем горизонте (0-2(4)см) почв преобладают усваивающие органический азот аммонифицирующие бактерии, учтённые на питательной среде МПА (табл. 4). Наибольшее их количество отмечено в почве под берёзой. Микроорганизмы, использующие минеральный источник азота (на КАА), также преобладают в почвах под листовыми древесными растениями, что, видимо, связано с качеством древесного опада.

В почвах под берёзой было выделено достаточно большое количество олиготрофов и олигонитрофилов, учтённых на средах Виноградского и Эшби, соответственно. Сахаролитики, выросшие на среде Чапека, также в большем количестве выделены под листовыми породами. При этом в почве под сосной они в основном представлены мицелиальными и дрожжевыми грибами, под травами и листовыми породами – актиномицетами и бактериями. На среде Гетчинсона целлюлозолитики во всех почвах представлены дрожжами из рода *Candida* и актиномицетами из рода *Streptomyces*.

В соответствии с изменением состава растительности и микробного сообщества выявлены особенности состава кроновых, а также лизиметрических вод, мигрирующих из биогенно-аккумулятивного слоя.

Атмосферные осадки, собранные под пологом трав разнотравно-злакового сообщества и под кронами деревьев, характеризовались довольно

Таблица 3

Видовой состав почвенных микромицетов

Виды грибов	Под берёзой	Под сосной	Под ивой	Травянистое сообщество
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arnaud	–	–	Р	Р
<i>Monocillium exolum</i> Batista et Heine	Р	Ч	–	–
<i>Monocillium humicola</i> Barron	–	Р	–	–
<i>Mortierella verticillata</i> Linnem	Р	Р	Р	Д
<i>M. vinacea</i> Dixon-Stewart	–	Ч	–	–
<i>Mucor</i> sp.	–	–	–	Р
<i>Nigrospora</i> sp.	–	Р	–	–
<i>Fusarium</i> sp.	–	С	С	–
<i>Fusidium terricola</i> Miller	–	Р	–	–
<i>Cephalosporium terricola</i> Kamyschko	–	–	–	Р
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries	–	–	–	Р
<i>Geomyces pannorum</i> (Link) Hugkes	Р	Р	Ч	Р
<i>Geothrichum</i> sp.	–	Р	Р	–
<i>Penicillium kursanovii</i> Chalabuda	Р	Р	Р	Р
<i>P. tardum</i> Thom	–	Р	–	Р
<i>P. jensenii</i> Zal.	–	Р	–	Р
<i>Paecilomyces lilacinus</i> (Thom) Samson	–	Р	–	–
<i>P. farinosus</i> (Holm) Brovn et Smith	–	Р	–	–
<i>Paecilomyces</i> sp.	Р	–	–	Р
<i>Phoma</i> sp.	Р	–	–	Р
<i>Rhinocladiopsis vesiculosa</i> Kamyschko	–	С	Р	Р
<i>Trichoderma album</i> Preuss	Р	Р	–	Р
<i>T. croceum</i> Bissett	–	–	Р	–
<i>T. fertile</i> Bissett	Р	–	–	–
<i>T. viride</i> Pers.: Fr.	Р	С	–	–
<i>Trichothecium roseum</i> Link ex Fries	–	С	–	–
<i>Mycelia sterilia</i> c/o	Р	Р	Ч	Р
<i>Mycelia sterilia</i> т/о	Р	Р	Ч	Д
Всего	11	20	10	15

Примечание: Д – доминирующий вид, Ч – частый, Р – редкий, С – случайный (по Т. Г. Мирчинк, 1988); «–» – не обнаружен.

Таблица 4

Количественная характеристика основных трофических групп почвенных микроорганизмов

Местоположение	Количество микроорганизмов в млн. КОЕ / г воздушно-сухой почвы на питательных средах					
	МПА	КАА	Виноградского	Эшби	Гетчинсона	Чапека
Травянистое сообщество	84,7	18,2	3,5	2,9	0,08	9,1
Под сосной	86,8	6,9	1,9	4,9	0,03	7,6
Под берёзой	263,3	121,4	16,8	15,5	0,08	97,2
Под ивой	155,7	121,9	15,3	14,0	0,15	121,9

ясным сезонным колебанием содержания элементов биогенного происхождения (табл. 5), что было отмечено и ранее в 2006–2008 гг. [10]. Так, от весеннего к осенним срокам возрастала в основном концентрация органического углерода, кальция, магния, калия, азота

(аммиачная и нитратная формы), фосфат-иона, особенно под листовыми деревьями, что связано с фазой развития растений в течение вегетационного периода. Содержание сульфат-иона и хлора связано главным образом с загрязняющим влиянием промышленных объектов [10].

Таблица 5

Химический состав атмосферных осадков (средние значения), мг/л

Дата отбора проб воды	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	C <sub>орг.</sub>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Разнотравно-злаковое сообщество										
25.05.2009 г.	8,5	0,53	0,42	1,44	4,83	0,04	15,04	1,89	3,52	1,27
29.07.2009 г.	6,8	2,86	0,29	н/о	1,59	0,13	26,08	1,74	4,55	1,55
02.10.2009 г.	6,7	3,53	1,11	2,16	3,38	0,05	23,0	5,45	4,78	2,62
Под кронами берёзы										
25.05.2009 г.	7,3	0,27	0,15	5,29	6,33	0,03	15,37	0,97	4,96	1,95
29.07.2009 г.	7,6	0,66	0,56	н/о	1,59	0,13	22,04	1,74	4,41	1,77
02.10.2009 г.	6,9	0,95	0,81	3,82	4,77	2,12	24,35	16,9	4,36	2,96
Под кронами сосны										
25.05.2009 г.	8,8	0,57	0,38	6,25	15,34	н/о	20,8	2,06	7,43	3,23
29.07.2009 г.	8,1	0,7	0,52	н/о	1,99	0,16	29,8	4,79	6,89	3,36
02.10.2009 г.	7,2	3,77	1,77	4,33	9,54	0,91	53,11	18,6	8,38	5,51
Под кронами ивы										
25.05.2009 г.	7,2	0,44	0,18	3,36	4,03	0,01	10,7	0,84	4,24	1,32
29.07.2009 г.	8,4	0,48	0,54	1,2	2,39	1,94	23,53	20,5	6,31	2,79
02.10.2009 г.	7,3	1,21	1,15	6,73	4,97	3,26	28,71	38,1	10,9	5,35
Приствольные воды										
02.10.2009 г. (сосна)	6,1	4,47	3,11	4,33	7,55	0,01	71,8	3,9	17,4	3,63
02.10.2009 г. (ива)	7,6	2,6	1,52	3,37	1,80	5,63	30,84	59,4	12,9	5,58

Примечание: н/о – не обнаружено.

Атмосферные осадки, проникающие под кроны сосны, берёзы и ивы, отличаются по химическому составу от вод, собранных под травами, повышенным содержанием, прежде всего, C<sub>орг.</sub>, а также элементов-биогенов – K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, что связано с вымыванием этих веществ из листьев и хвои. Кроновые воды сосны содержат большее количество органических и некоторых минеральных компонентов, чем кроновые воды лиственных пород. При этом кроновые воды сосны выделялись более чётким, чем воды под лиственными породами сезонным изменением концентрации C<sub>орг.</sub>, а именно, её увеличением осенью.

В осенний срок 2009 г. были собраны приствольные воды сосны и ивы, которые характеризовались более высокими концентрациями большинства определяемых элементов по сравнению с кроновыми водами. Причём, в приствольных водах сосны особенно высока концентрация C<sub>орг.</sub>, а ивы – K<sup>+</sup>.

Таким образом, с кроновыми водами в почву в заметных количествах поступает водорастворимое органическое вещество, в меньшем количестве – минеральные элементы-биогены (кальций, калий). Состав атмосферных осадков преобразуется древесными

растениями в зависимости от их вида. Такие элементы, как сера и хлор отражают наличие атмосферного загрязнения, связанного с деятельностью промышленных предприятий.

Содержание элементов-биогенов изменяется по сезонам и связано с развитием растений в течение вегетации, увеличиваясь от весны к осени. Кроновые воды сосны характеризуются большей концентрацией органических и некоторых минеральных компонентов, чем воды под кронами лиственных пород.

Поступающие с кроновыми водами вещества мигрируют в лесную подстилку, просачиваются в лежащие ниже почвенные слои, участвуя в почвообразовательном процессе.

Ниже приведён химический состав лизиметрических вод, поступающих в минеральную толщу из биогенно-аккумулятивного горизонта (табл. 6).

Выявлено, что из органогенного слоя почв в минеральные горизонты мигрируют воды, имеющие слабокислую реакцию. В составе лизиметрических вод преобладает органический углерод, содержание которого в водах осеннего срока возрастает, что подтверждается, хотя и небольшим, подкислением вод в этот период. Концентрация минеральных элементов-

Таблица 6

Химический состав лизиметрических вод (средние значения), мг/л

Дата отбора проб воды	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	C <sub>орг.</sub>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Разнотравно-злаковое сообщество										
25.05.2009 г.	6,3	0,76	0,34	1,91	4,22	0,03	13,05	1,43	3,10	1,31
02.10.2009 г.	5,9	0,66	1,02	1,20	2,04	0,05	25,0	1,37	3,74	2,75
Берёзовая парцелла										
25.05.2009 г.	6,9	1,21	1,22	2,88	6,90	0,14	20,04	2,64	2,25	1,66
02.10.2009 г.	5,7	1,50	1,13	2,86	3,08	0,11	41,60	2,40	2,19	1,06
Сосновая парцелла										
25.05.2009 г.	6,1	0,71	0,97	2,64	8,34	0,02	17,33	1,74	2,68	1,78
02.10.2009 г.	5,9	0,77	0,88	2,16	4,97	0,10	45,21	1,92	2,03	0,95

биогенов (кальция, калия, магния) на порядок ниже, и не отмечено заметных сезонных изменений в их содержании, что даёт основание заключить о большем воздействии на верхние минеральные слои осенних вод, обогащённых органическим веществом.

В лизиметрических водах под биогеоаккумулятивным слоем концентрация ионов аммония, нитрат-ионов и фосфат-ионов в основном снижается, что обусловлено их закреплением в органогенном горизонте биотической компонентой. В связи с изменением типа растительного сообщества следует отметить более высокое содержание водорастворимого органического вещества в лизиметрических водах, собранных в берёзовой и сосновой парцеллах, по сравнению с разнотравно-злаковым сообществом.

Количество сульфат-иона и, особенно, хлора, несколько повышено в лизиметрических водах весеннего периода, что хорошо согласуется с их содержанием в кроновых водах, обусловленным загрязнением атмосферных осадков, и свидетельствует о загрязнении не только органогенного горизонта почв.

Таким образом, результаты комплексных исследований позволяют выявить уже на ранних стадиях формирования лесной экосистемы связь изменения биоты и преобразования почвы. Формирующееся растительное сообщество характеризуется парцеллярной структурой, что проявляется в пространственной неоднородности почвенного покрова, становящейся характерной чертой почвенного покрова лесной экосистемы.

### Выводы

1. В процессе развития самовосстановительной сукцессии лесная экосистема формируется на участке с разнотравно-злаковым сообществом путем дифференциации отдельных парцелл, приуроченных к разным груп-

пам древесных растений. В соответствии с изменением состава растительного сообщества преобразование почвы проявляется в ослаблении дернины и одернованного гумусового горизонта, аккумуляции грубого гумуса в формирующемся слое лесной подстилки.

2. Почвенная микробиота отражает парцеллярное преобразование травянистого растительного сообщества. Микробиота в почве сосновой парцеллы в основном представлена мицелиальными и дрожжевыми грибами, под травами и листовыми породами – актиномицетами и бактериями. Наибольшее количество аммонифицирующих бактерий отмечено в почве берёзовой и ивовой парцелл.

3. Состав атмосферных осадков преобразуется древесными растениями в зависимости от их вида (типа парцеллы). Изменение содержания элементов-биогенов в кроновых водах связано с развитием растений в течение вегетации. С осенними водами из органогенного слоя мигрируют более агрессивные органические вещества, особенно под сосной, что вызывает постепенно накапливающиеся изменения минеральной массы под биогеоаккумулятивным слоем.

### Литература

1. Арчегова И.Б., Федорович В.А. Методологические аспекты изучения почв на современном этапе. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 92 с.
2. Снакин В.В., Присяжная А.А., Рухович О.В. Состав жидкой фазы почв. М.: РЭФИА, 1997. 325 с.
3. Полевая геоботаника. М.-Л.: Наука, 1964. 532 с.
4. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.А. Воробьевой М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
5. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М. 1988. 220 с.
6. Ramirez C. Manual and atlas of the Penicillia. Amsterdam-N.-Y.-Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982. 874 p.

7. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the fungi. 8th ed. / Eds. D. L. Hawksworth et al. CABI Bioscience. 1995. 540 p.

8. Domsh K. H., Gams W., Anderson T.-H. Compendium of soil fungi. IHW-Verlag Eching, 2007. 672 p.

9. Посттехногенные экосистемы Севера. СПб.: Наука, 2002. 160 с.

10. Экологические принципы природопользования и природовосстановления на Севере. Сыктывкар. 2009. 176 с.

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 23 «Биологическое разнообразие».*

УДК. 561.26

## Некоторые аспекты влияния отходов производств фторполимеров и минеральных удобрений на качество воды реки Вятки в зоне санитарной охраны Кировского водозабора

© 2010. Т. А. Мусихина<sup>1</sup>, к.г.н., доцент, А. Д. Клиндухова<sup>2</sup>, аспирант,

<sup>1</sup>Вятский государственный университет,

<sup>2</sup>Вятский государственный гуманитарный университет,

e-mail: mtamta1@mail.ru

Приведены данные мониторинговых наблюдений в зоне санитарной охраны Кировского водозабора с 1996–2010 гг. Выявлены закономерности интенсивности загрязнения воды от уровня р. Вятки в периоды паводка, показаны основные загрязнители. Предложена региональная система управления рисками для обеспечения экологической безопасности населения г. Кирова.

The article gives the monitoring data in the sanitary zone of Kirov water intake during the period of 1996–2010. The dependence of intensity of water pollution on the flood periods in the Vyatka is shown, the main pollutants are presented. Regional risk management system for the sake of ecological safety of the population of Kirov is suggested.

Ключевые слова: Кировский водозабор, загрязнение воды, природно-техногенные риски, прогнозные модели

Key words: Kirov water intake, water pollution, natural-technogenic risks, forecast patterns

В качестве мер повышения безопасности населения областного центра – г. Кирова, предлагается совершенствование региональной системы управления природно-техногенными рисками путем создания прогнозной модели химического сверхнормативного загрязнения воды относительно санитарных норм и правил [1, 2] в зоне санитарной охраны источника питьевого водоснабжения г. Кирова на основе имеющихся в регионе за весь период наблюдений мониторинговых данных, материалов государственного и локального экологического мониторинга и контроля в среднем течении реки Вятки, специальных научно-исследовательских работ по изучению миграции, аккумуляции и трансформации химических веществ в районе загрязнённой территории и оперативных данных субъ-

ектов экономики (ТЭЦ-3; Кировские коммунальные сети (ККС); Энергосберегающая компания Кирово-Чепецкого химкомбината (ООО «ЭСО КЧХК»)), представленных в Законодательное Собрание Кировской области.

Река Вятка является единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения областного центра. Используемые в Кировской области типовые технологические схемы водоподготовки питьевой воды (одноступенчатая на контактных осветлителях и двухступенчатая на скорых фильтрах) в условиях повышенного загрязнения природных вод не всегда обеспечивают требуемое качество очистки.

В условиях отсутствия научно-технических решений по исключению загрязнения реки Вятки от природно-техногенного объек-