

УДК 594.382:631.427

МОЛЛЮСКИ ЦЕЛИННЫХ И ТЕХНОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ПОДЗОЛОВ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА

© 2008 г. И. В. Зенкова¹, С. А. Валькова²

¹Институт проблем промышленной экологии Севера, Кольский НЦ РАН, Анатиты 184209, Россия

²Петрозаводский государственный университет, Кольский филиал, Анатиты 184209, Россия

e-mail: Zenkova@inep.ksc.ru

Поступила в редакцию 10.08.2006 г.

Исследованы структура и динамика сообщества моллюсков в целинных подзолах Кольского Севера и почвах, загрязняемых выбросами алюминиевого предприятия. Охарактеризованы видовой состав, численность, биомасса, доминирование, пространственное распределение гастропод. Оценена динамика этих параметров по годам и сезонам. Определены предпочтения моллюсков по ряду эдафических факторов. Показано, что в условиях Кольского Севера почвообитающие моллюски являются группой с невысоким уровнем разнообразия, численности и биомассы. Промышленное загрязнение почв приводит к еще большему сокращению этих показателей. В окрестностях алюминиевого предприятия гастроподы представлены единственным видом – эврибионтом *D. ruderatus*.

Фауна беспозвоночных животных в северных широтах отличается естественным пониженным разнообразием видов и надвидовых таксонов. Это характерно и для Кольского п-ва, территория которого является северной периферией ареала для ряда видов животных. К настоящему времени здесь описано около 2150 видов наземных беспозвоночных, в том числе более 800 видов обитателей почвы (Шутова, 1999; Бызова и др., 1986). Многие таксоны почвенной фауны являются маловидовыми. К их числу относятся брюхоногие моллюски (Mollusca, Gastropoda, Stylommatophora), населяющие органогенный горизонт и напочвенную растительность.

Согласно исследованиям, проведенным в течение десятилетнего периода в южных районах Кольского п-ва – на беломорских островах Кандалакшского природного заповедника, – малакофауна региона включает 13 видов из 10 семейств (Бызова и др., 1986), тогда как для европейской части Российской Федерации описано 42 вида наземных гастропод, а мировая фауна насчитывает 25 тыс. видов (Криволицкий и др., 1985). Целинные подзолы Кольского Севера характеризуются повышенной кислотностью и низким содержанием кальция, что и определяет невысокое видовое разнообразие и малочисленность кальцефильных гастропод. На островах Кандалакшского заповедника численность моллюсков варьировала от нескольких десятков особей на 1 м² в лесных биотопах до 176 экз./м² на разнотравных лугах. Наибольшее видовое разнообразие гастропод было характерно для лиственных лесов, представленных березняками (Бызова и др., 1986).

В северных и центральных районах Кольского п-ва обилие моллюсков оценивалось при исследовании почвенной фауны в зонах воздействия на лесные экосистемы предприятий цветной металлургии “Печенганикель” и “Североникель” (Дончева, 1978; Степанов и др., 1991; Воздействие металлургических производств..., 1995; Зенкова, 1999, 2000; Zenkova, 1998, 2001). В импактной и буферной зонах (на расстоянии 0–8 км от комбината “Печенганикель” и 0–30 км от предприятия “Североникель”) моллюски не обитали, т.е. являлись отрицательными биоиндикаторами промышленного загрязнения почв выбросами медно-никелевых предприятий – тяжелыми металлами и соединениями серы. В фоновой зоне (сосняки кустарничковые в 50–60 км от комбинатов) численность гастропод составила 3–14 экз./м², биомасса – 12–145 мг/м².

Нами исследованы структура и динамика сообщества моллюсков, обитающих в лесных подзолах условно фоновых территорий центральной части Кольского п-ва и в почвах, трансформированных выбросами алюминиевого предприятия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на двух стационарных площадках. Контрольная площадка (67°34' с.ш., 33°17' в.д.) расположена в старовозрастном сосновом лесу с примесью осины и березы. В кустарничковом ярусе преобладают черника (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника (*V. vitis-idaea* L.), водяника (*Empetrum hermaphroditum* Hager.). Лишайники представлены видами родов *Cladonia*, *Cladina*, *Cetraria*, мхи – видами родов *Hilocoonium*, *Pleurozium*.

Таблица 1. Экологические показатели лесной подстилки на стационарных площадках

Показатель	Пространственное варьирование		Варьирование по сезонам	
	$M \pm m$	min–max	$M \pm m$	min–max
Контрольная площадка, 215 образцов, 27 сезонов				
Мощность, см	4.8 ± 0.1	1.5–9.5	не оцен.	не оцен.
Температура, °С	5.3 ± 0.3	0.5–13.0	5.6 ± 0.9	1.0–11.0
Влажность, %	123 ± 5	24–305	124 ± 11	75–360
pНводн.	5.6 ± 0.1	4.7–7.0	5.5 ± 0.1	4.9–5.9
pНсол.	4.2 ± 0.1	3.9–4.8	4.2 ± 0.1	4.1–4.3
Загрязненная площадка, 115 образцов, 12 сезонов				
Мощность, см	4.8 ± 0.2	1.5–10.0	не оцен.	не оцен.
Температура, °С	8.5 ± 0.3	2.0–17.0	8.5 ± 1.0	4.1–14.3
Влажность, %	113 ± 8	22–230	117 ± 10	60–153
pНводн.	5.3 ± 0.1	4.5–5.8	5.3 ± 0.1	4.9–5.7
pНсол.	4.6 ± 0.1	4.2–5.0	4.7 ± 0.1	4.6–4.8

Запасы фитомассы сосняка оцениваются в 776 ц/га, годовичная продукция – в 50 ц/га (Ушакова, 1997).

Почва – песчаный подзол Al–Fe-гумусового типа. Лесная подстилка (органогенный горизонт A₀) среднеразложившаяся, сухая, рыхлая, маломощная. Распределение элементов подстилки по биогенной активности: P > Mn > N > Mg > Ca > Al > K > Fe > Si > S > Na. Их содержание оценивается, кг/га: 129, 43, 613, 81, 328, 462, 81, 333, 425, 38, 54. Среди органических кислот гуминовые кислоты (ГК) преобладают над фульвокислотами: отношение C_{ГК} : C_{ФК} ≥ 1.0. Высокая зольность подстилки (30%) определяет ее пониженную кислотность: pНводн. 5.1, что, наряду с низкой влажностью и слабой продукцией органических кислот, приводит к замедленной трансформации подстилки в направлении гумификации и консервации органического вещества (Ушакова, 1997).

Вторая площадка расположена в зоне максимального загрязнения экосистем газо-воздушными выбросами алюминиевого завода (КАЗ, г. Канда-лакша, 67°20' с.ш., 33°20' в.д.). Завод эксплуатируется с 1951 г. В результате эмиссии предприятия на расстоянии 0–2.5 км на поверхность почвы ежегодно поступает, кг/га: пыли 900, алюминия 400, фтора 45, соединений железа 8, других элементов (Si, Ti, Mg, K) от 1.6 до 2.3 кг/га. Лесная подстилка имеет черную окраску, сильно мажется при растирании пальцами. Накопление минеральных веществ в подстилке привело к повышению ее зольности по сравнению с целинными подзолами в 10 раз. Изменилось соотношение элементов в составе золы: Si > Al > Fe > K > Mg > Mn = Ti > Ca > P. В то же время качественных изменений органического вещества не произошло (Евдокимова, Переверзев, 2003; Евдокимова и др., 2005). Значительное повреждение сосняков в окрестностях

КАЗ выражается в пожелтении хвои и отмирании нижних веток кроны. В результате трансформации напочвенного покрова доминирующим растением стала водяника *E. hermaphroditum*.

Для зоологического анализа на контрольной и загрязненной площадках были отобраны соответственно 215 и 115 образцов подстилки. Для каждого образца измеряли температуру, влажность и кислотность. Полевые работы проведены в 1996–2005 гг. на протяжении сезона вегетации с мая по октябрь. За исследуемый период из почвы контрольной площадки извлечено 112 экз. моллюсков, из загрязненной почвы – 12.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Почвы стационарных площадок. Стационарные площадки были расположены в лесных массивах, произрастающих на сильно завалуненных моренных отложениях. Это определяло пространственную вариабельность мощности, температуры и влажности лесных подстилок (табл. 1). Для каждой из площадок установлена достоверная отрицательная корреляция между температурой образцов подстилки и их влажностью.

Минимальная температура органогенного горизонта на обеих площадках отмечена в мае и октябре. Наибольший прогрев подстилки ежегодно регистрировался в августе на контрольной площадке и в июне–июле – на загрязненной. В зоне загрязнения во все исследованные сезоны температура подстилки была на 1–5°С выше, чем на контрольной площадке (достоверно, $p = 0.05$). Влажность подстилки на обеих площадках была максимальна в мае, после снеготаяния (130–230% от полевой влагоемкости), и в октябре, в период дождей (110–150%). Различия этого показателя

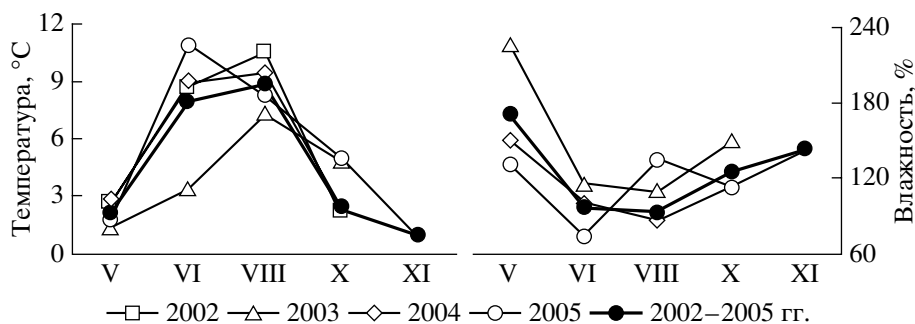


Рис. 1. Сезонная динамика температуры и влажности лесной подстилки на контрольной площадке.

между площадками оказались не достоверны (рис. 1).

Моллюски лесных подзолов фоновых территорий

Видовое разнообразие. В старовозрастном сосняке выявлено 9 видов моллюсков из 8 семейств, в том числе 2 вида слизней (индекс видового разнообразия по Шеннону 2.24 экз./бит). Следовательно, большинство семейств были представлены единственным видом. Это отражает общую структурную особенность биоты северных широт – пониженное разнообразие видов и надвидовых таксонов (Чернов, 1985; 1991). Эндемиков в малакофауне Кольского п-ва нет. Преобладают палеарктические виды с обширными ареалами, охватывающими территорию России и Европу (Бызова и др., 1986; Хохуткин, 1997; Хохуткин и др., 2000; Гребенников, Ермаков, 2003; Морозова, Данукалова, 2003). Все обнаруженные виды широко распространены и типичны для таежной зоны.

В подстилке постоянно присутствовали 4–5 видов моллюсков. В одном образце встречались одновременно 2–3 вида. Доминировали эврибионтные, эвритопные *Discus ruderatus* Studer 1820 (Discidae) 48.5% и *Nesovitrea petronella* L. Pfeiffer 1853 (Zonitidae) 20.0%. Индекс доминирования по Симпсону равнялся 0.30. Остальные виды были малочисленны: *Cochlicopa lubrica* Müller 1774 (Cochlicopidae), *C. nitens* Gallenstein 1852 и *Euconulus fulvus* Müller 1774 (Euconulidae) по 8.6, *Vitrina pellucida* Müller 1774 (Vitrinidae) 5.7, *Zoogenetes harpa* Say 1824 (Valloniidae) 1.4, *Arion circumscriptus* Johnston 1828 (Arionidae) 4.3, *Deroceras agreste* L. 1758 (Agriolimacidae) 2.9%.

Доминирование *D. ruderatus* над другими видами моллюсков и широкое распространение этого вида, наряду с *E. fulvus*, *C. lubrica* и *V. pellucida*, в лесных биотопах, на приморских лугах и скалах Кандалакшского заповедника описано Бызовой с соавторами. Отмечено, что *D. ruderatus* и *E. fulvus* приурочены к подстилке и напочвенной расти-

тельности как лиственных, так и хвойных лесов. Слизни, наоборот, редки. *A. circumscriptus* встречался только в лесах, *D. agreste* – на лугах.

По данным Бызовой с соавторами, в пределах одного биотопа обитает не более 5–6 видов моллюсков. Из 13 видов гастропод, описанных в различных биотопах южной части Кольского п-ва, в подстилке исследуемого сосняка нами выявлено 9 видов. Не обнаружены приуроченные к приморским лугам *Pupilla muscorum* L. 1758 и *Vallonia pulchella* Müller 1774, а также моллюск *Bradybaena schrencki* Middendorf 1851 (по указанию Кантора и Сыроева (2005) на территории Кольского п-ва встречаются слизни вида *Arion subfuscus* Draparnaud 1805). Высокая видовая насыщенность сообщества гастропод в почве сосняка кустарничково-лишайниково-зеленомошного определяется разнообразием микроусловий, обусловленных парцеллярными различиями в пределах этого биотопа, и подтверждает эвритопный характер распространения обнаруженных видов.

Численность и биомасса. Среди 112 исследованных экземпляров моллюсков живых особей 71%, пустых раковин 29%. Численность гастропод варьировала по годам от 2 до 14 экз./м², биомасса (сырая) – от 57 до 380 мг/м² (табл. 2). Степень варьирования этих показателей в разногодичной динамике не превысила 100%. Это свидетельствует об устойчивом состоянии сообщества моллюсков в лесных подзолах Кольского п-ва (Криволицкий, 1994).

Численность и биомасса гастропод в мезофауне в среднем по годам не превысила 2% при пороге доминирования, принятом за 10%. Без учета дождевых червей, на долю которых приходилось более 70% сырой массы мезофауны, относительная масса моллюсков в отдельные сезоны достигала 30%. Это сопоставимо с биомассой многовидовых и обильных в лесных подзолах Кольского Севера таксонов беспозвоночных – двукрылых (Diptera), паукообразных (Aranei), жесткокрылых (Coleoptera).

Наши результаты по численности моллюсков в лесных подзолах центральной части Кольского

Таблица 2. Структура сообщества моллюсков в почве стационарных площадок

Показатель	Контрольная площадка, 8–9 видов	Загрязненная площадка, 1 вид
Разногодичная динамика	9 лет	5 лет
Численность, экз./м ² :		
$M \pm m$	8.5 ± 1.0	1.5 ± 0.8
min–max	1.8–14.4	0–4.8
CV, %	47.8 ± 11.3	127.6 ± 36.8
Доля, %, в мезофауне	1.6	<1.0
среди сапрофагов	3.8	0–2.3
Биомасса, мг/м ² :		
$M \pm m$	165.7 ± 8.0	15.6 ± 10.8
min–max	57.2–378.2	0–73.3
CV, %	74.3 ± 21.4	170.4 ± 49.2
Доля, %, в мезофауне	1.7	0–6.5
среди сапрофагов	4.9	0–10.8
Сезонная динамика (min–max)	27 сезонов	12 сезонов
Численность, экз./м ²	0–22.4	0–11.2
Доля, %, в мезофауне	0–5.9	0–3.5
среди сапрофагов	1.0–24.3	0–24.7
Биомасса, мг/м ²	0–1.6	0–0.7
Доля, %, в мезофауне	0–29.4	0–19.6
среди сапрофагов	0–8.7	0–28.5

Таблица 3. Обилие почвообитающих моллюсков в биотопах Карелии

Биотопы	Численность		Биомасса	
	экз./м ²	%	мг/м ²	%
Природные				
Ельник черничный	12	2	107	4
Березняк разнотравно-злаково-черничный, 70 лет	56	13	375	19
разнотравно-хвощевый, 50 л	100	9	577	12
Березово-сосновый разнотравно-злаковый лес, 80 л	164	29	661	12
Антропогенные				
Вырубка 10 л – березняк щучково-полевицевый	0	0	0	0
Вырубка 10–15 л – ивняк щучково-полевицевый	1	4	172	3
Вырубка 25–30 л – сероольшанник малиново-злаковый	100	12	576	10
Луг суходольный злаковый	64	12	372	23

Примечание. В процентах выражена доля моллюсков от общей численности и биомассы (сырой) беспозвоночных в почве исследованных биотопов.

п-ва сопоставимы с данными для хвойных лесов южной части региона и таежной зоны в целом (Бызова и др., 1986; Ласкова, 1994, 1997; Мордкович, 1995; Ганин, 1997; Куприянова, 2001; Глазов, 2004). Однако биомасса гастропод здесь значительно меньше. Для сравнения приводим данные для природных и антропогенных биотопов Каре-

лии (Кондопожский р-н, 64°20' с.ш., 34°20' в.д.), полученные нами в 2002 г. Наибольшие значения численности и биомассы моллюсков (до 170 экз./м² и 660 мг/м²) отмечены в смешанных и лиственных лесах с развитым травянистым ярусом, наименьшие – в хвойных и лиственных лесах с кустарничковым покровом (табл. 3). На территориях, под-

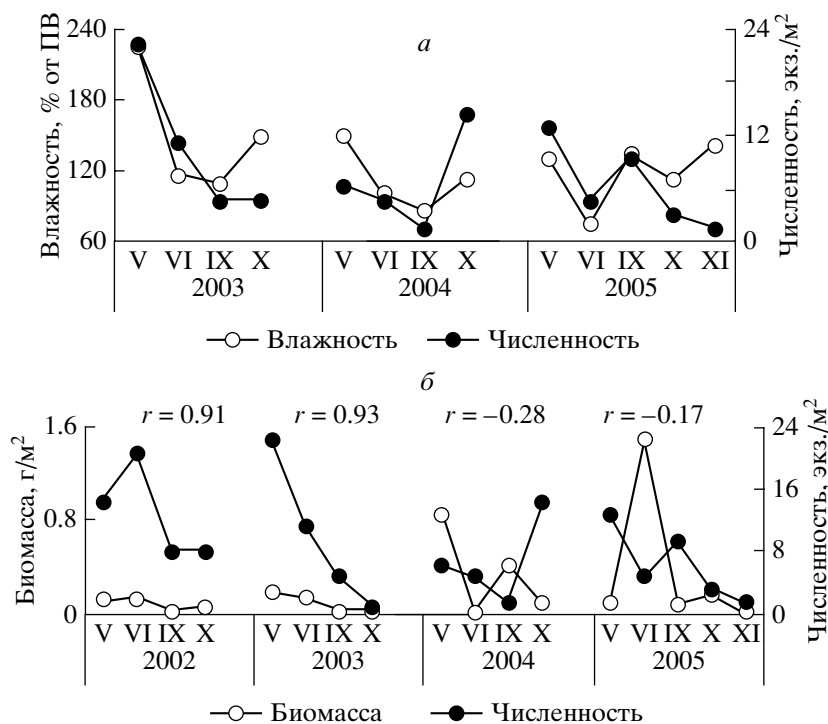


Рис. 2. Сопряженный характер сезонной динамики: *а* – численности моллюсков и влажности подстилки на контрольной площадке, *б* – численности моллюсков и их биомассы.

верженных антропогенному воздействию, моллюски были обильны в биотопах с хорошо развитой напочвенной растительностью (старая вырубка и луг). Даже местообитания с низкой численностью моллюсков характеризовались более высоким уровнем их биомассы по сравнению с лесными подзолами Кольского Севера. Эти различия объясняются тем, что в почвах Карелии моллюски обладали более крупными размерами и значительной толщиной кальцинированной раковины.

Сезонная динамика обилия моллюсков в почве контрольной площадки соответствовала таковой для мезофауны в целом (Зенкова, Валькова, 2003; Евдокимова и др., 2005). На протяжении ряда лет наибольшие значения численности и биомассы гастропод, как и других беспозвоночных с многолетним жизненным циклом (дождевых червей, многоножек-костянок) отмечались в мае–июне, наименьшие – в августе–октябре. Это объяснялось агрегированием беспозвоночных в лесной подстилке из-за промерзания нижележащих минеральных горизонтов, а также началом сезона размножения.

Сезонное изменение численности моллюсков на контрольной площадке достоверно коррелировало с динамикой влажности подстилки: $r = 0.65 \pm 0.16$, $t_{0.01} = 4.16$ (рис. 2а). Сезонная динамика биомассы моллюсков соответствовала изменению их численности: $r > 0.90$ в 2002 и 2003 гг.

(рис. 2б). В случае обнаружения крупных (до 1.5 мг) слизней биомасса моллюсков резко возрастала на фоне их низкой численности (июнь 2005 г.). Низкий уровень биомассы гастропод наряду с их высокой численностью был вызван появлением мелких особей (октябрь 2004 г.) и обнаружением пустых раковин, доля которых в отдельные сезоны достигала 30% от найденных экземпляров.

Моллюски в структуре комплекса беспозвоночных-сапрофагов. В лесных подзолах Кольского Севера сапротрофный комплекс разнороден по таксономическому составу беспозвоночных, их обилию, жизненной стратегии, степени эволюционной молодости, широте пищевых спектров. Здесь отсутствуют активные сапрофаги, типичные для лесов средней и южной тайги – двупарноногие многоножки (Diplopoda) и мокрицы (Isopoda), которые по характеру пищеварения и переработки растительных остатков относятся к минерализаторам (Стриганова, 1976, 1980) или карболиберантам (Козловская, 1976, 1981). Основу комплекса деструкторов формируют гумификаторы или нитролиберанты: дождевые черви (Lumbricidae), энхитреиды (Enchytraeidae), личинки двукрылых (Diptera). На долю дождевых червей в разные сезоны приходится 75–95% общей биомассы мезофауны и более 70% массы сапрофагов. Такая структура комплекса соответствует гумидному режиму подзолов Кольского Севера и подтверждает вывод Козловской (1981) об ослаблении

деятельности минерализаторов и усилении роли гумификаторов в экстремальных условиях северной тайги.

Моллюски занимают промежуточное положение между нитро- и карболиберантами. Сапрофиллофаги и сапроксилофаги (представители рода *Discus*) – активные первичные деструкторы листового опада и гниющей древесины, участвуют в процессе минерализации растительных остатков. Гастроподы, населяющие подстилку хвойных лесов (*Pupillidae*, *Valloniidae*, *Euconulus*), – преимущественные микофаги, потребляют микроскопические грибы и лишайники, в которых переваривают грибные компоненты (Стриганова, 1980). В целинных подзолах Кольского Севера моллюски-миксофаги дополняют комплекс беспозвоночных-деструкторов. Их численность в составе комплекса достигала 24%, биомасса – 9% (табл. 2). Без учета люмбрицид эти значения повышались до 28 и 85% соответственно.

Влияние почвенных факторов, преферендумы. Встречаемость моллюсков в образцах подстилки составила 40%. Индекс агрегирования численности, рассчитанный по формуле Лексиса, равнялся 5.3. Это свидетельствовало о скученном характере пространственного распределения моллюсков в пределах биотопа.

Обилие и агрегирование наземных гастропод зависят от степени увлажнения почвы, уровня кальция в ней, химического состава растительного опада, главным образом от содержания в нем азота. Моллюски предпочитают почвы, хорошо увлажненные, долго удерживающие тепло, обогащенные азотом и кальцием и, следовательно, являются экологическими индикаторами таких почв. Температурный режим регулирует активность моллюсков, продолжительность эмбрионального периода, интенсивность потребления пищи. Кислотность почвы опосредованно влияет на обилие этой кальцефильной группы, изменяя содержание и подвижность кальция (Гиляров, 1978; Стриганова, 1980; Криволицкий и др., 1985; Гельцер, 1986; Хохуткин, 1997; Хохуткин и др., 2000). Неравномерное внутрибиотопическое распределение стенотопных видов моллюсков связано с их приуроченностью к определенным растительным ассоциациям. Однако и для эвритопных видов расселение осложнено тем, что моллюски медленно передвигаются: радиус индивидуальной активности особей не превышает нескольких метров (Хохуткин, 1997). Поэтому наземные гастроподы уязвимы при антропогенной трансформации биотопов.

Мы проанализировали влияние мощности, температуры, влажности и кислотности подстилки на пространственное распределение моллюсков. Для этого использовали значения перечисленных факторов, измеренные для 215 образцов

подстилки. Были получены следующие диапазоны: 1 – диапазон варьирования каждого фактора (min – max), 2 – диапазон фактора, в котором встречались моллюски, “обитаемый”, 3 – диапазон, в котором была сосредоточена основная доля моллюсков, “предпочитаемый”, 4 – диапазон, в котором было обнаружено максимальное скопление особей, “оптимальный”. В направлении от первого к четвертому варианту границы значений каждого фактора сужались.

Моллюски обитали в пределах всего диапазона температуры и влажности, однако избегали участков с наиболее мощной подстилкой и микроучастков с повышенной кислотностью почвы (pH < 5.0). Основное количество гастропод было сосредоточено в образцах подстилки с мощностью 5–9 см (76% особей) и pH 5.0–6.2 (58%). Для сезонно-зависимых почвенных факторов – влажности и температуры – “предпочитаемый” диапазон разрывался на два интервала. В образцах с высоким уровнем увлажнения (150–250%) и низкими значениями температуры (1–4°C) было обнаружено 40 и 53% особей соответственно. Указанные значения почвенных факторов ежегодно регистрировались в мае в период снеготаяния. Более трети всех особей населяли образцы, прогретые до 7–11°C, что характерно для подстилки в середине вегетационного сезона.

В целом в пределах “предпочитаемого” и “оптимального” диапазонов почвенных факторов было сосредоточено от 88 до 100% особей. Доля образцов подстилки, соответствующая этим диапазонам, составила для разных показателей 63–95%. Следовательно, моллюски обитали в достаточно широком интервале эдафических факторов и потенциально могли иметь более выровненное распределение в пределах исследуемого биотопа. Очевидно, на пространственное агрегирование гастропод влияли факторы, не учтенные нами в рамках проведенного исследования.

Почвообитающие моллюски в зоне воздействия алюминиевого предприятия. Низкое таксономическое разнообразие почвенной фауны и отсутствие групп беспозвоночных – “экологических дублеров” снижает степень ее устойчивости к внешним, в том числе, антропогенным воздействиям. Это показано на примере почв Мурманской обл., хронически загрязняемых выбросами медно-никелевого комбината “Североникель” (Зенкова, 1999, 2000; Евдокимова и др., 2002; Zenkova, 1998). Структурно-функциональные перестройки мезофауны в целом и комплекса беспозвоночных-деструкторов в частности в окрестностях Кандалакшского алюминиевого завода оказались аналогичны таковым в окрестностях медно-никелевого комбината (Евдокимова и др., 2005; Зенкова, 2005). В импактных зонах обоих предприятий произошла элиминация активных гумифика-

торов – дождевых червей, что рассматривается нами как наиболее значительное структурно-функциональное нарушение сообщества. Отсутствие этих крупных, долгоживущих беспозвоночных – геобионтов, преобладающих по биомассе в целинных подзолах, привело к супердоминированию по численности и биомассе личинок двукрылых – мелких, короткоживущих, временных для почвенной среды форм с экологической *r*-стратегией. Двукрылые – многочисленная и многовидовая группа, их личинки способны развиваться в различных субстратах и обладают широким спектром питания. В почве, загрязненной выбросами КАЗ, доля личинок двукрылых достигала 87% от общей численности сапрофагов и 70% от их биомассы. Единичные экземпляры мелких, короткоживущих сапрофагов – энхитреид встречались здесь периодически. Моллюски и личинки щелкунов – относительно крупные неспециализированные миксофаги с многолетним жизненным циклом – в отдельные сезоны доминировали по биомассе в трофической группе деструкторов (до 65% для щелкунов и до 30% для моллюсков), однако были немногочисленны, встречались в зоне загрязнения не ежесезонно и населяли не более 10% почвенных образцов. По сравнению с обилием на контрольной площадке численность моллюсков сократилась в 6 раз, биомасса – в 11 раз. Относительная численность моллюсков в составе мезофауны не превысила 1%. В то же время, относительная биомасса гастропод возросла, в отдельные сезоны они занимали доминирующее положение среди сапрофагов (табл. 2).

Снижение обилия почвообитающих моллюсков в зоне промышленного загрязнения сопровождалось обеднением их видового состава. Все обнаруженные особи принадлежали к виду *D. ruderratus*. По-видимому, такие особенности этого вида как эврибионтность, эвритопность и неспециализированная полифагия, обеспечивают ему широкую экологическую пластичность и позволяют участвовать в процессах трансформации органического вещества в техногенно трансформированных почвах, в частности в почве, загрязняемой выбросами алюминиевого предприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фауна беспозвоночных животных в почвах Кольского Севера характеризуется естественным пониженным разнообразием видов и надвидовых таксонов. Это обусловлено влиянием климатических факторов (пессимальные температуры, короткий вегетационный сезон, продолжительный зимний период) и своеобразием эдафических факторов северотаежных подзолов (малая мощность органогенного горизонта, высокая кислотность почв, низкое содержание кальция, недостаток азота). Наземные моллюски в условиях Кольско-

го Севера являются маловидовой группой с невысоким уровнем численности и биомассы. В целинных подзолах их численность относительно стабильна в многолетней динамике и соответствует показателям, характерным для таежной зоны в целом. Однако биомасса гастропод здесь значительно ниже, чем в таежных лесах более южных регионов. Это объясняется мелкими размерами и малым весом моллюсков, у которых в условиях Кольского Севера формируются тонкие, прозрачные, слабо кальцинированные раковины. При невысоком таксономическом разнообразии и низкой биомассе мезофауны моллюски-миксофаги являются одной из доминирующих групп сапроτροφного комплекса и участвуют в процессах биотрансформации органического вещества в северотаежных подзолах.

Загрязнение почв газо-воздушными выбросами алюминиевого предприятия привело к снижению количественных показателей и видового разнообразия гастропод. Преобразования такого типа происходят в разных размерно-функциональных группах почвенной фауны (мезо- и микрофауне) на уровне видов, надвидовых таксонов и трофических групп и отражают общий характер структурно-функциональных перестроек сообществ животных в антропогенно трансформированных экосистемах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории экологии микроорганизмов Института проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН, на базе которой выполнена работа, и лично Г.А. Евдокимовой за ценные замечания при подготовке публикации.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН по направлению 12-П “Биоразнообразие и динамика генофондов”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бызова Ю.Б., Уваров А.В., Губина В.Г. и др., 1986. Почвенные беспозвоночные беломорских островов Кандалакшского заповедника. М.: Наука. 311 с.
- Воздействие металлургических производств на лесные экосистемы Кольского полуострова, 1995. СПб. 252 с.
- Ганин Г.Н., 1997. Почвенные животные Уссурийского края. Владивосток–Хабаровск: Дальнаука. 160 с.
- Гельцер Ю.Г., 1986. Зоологический метод диагностики почв // Биологическая диагностика почв. М.: МГУ. С. 56–77.
- Гиляров М.С., 1978. Почвенные беспозвоночные как показатели почвенного режима и условий среды // Биол. методы оценки природной среды. М. С. 78–90.

- Глазов М.В., 2004. Роль животных в экосистемах еловых лесов. М.: Пасья. 240 с.
- Гребенников М.Е., Ермаков А.И., 2003. Новые данные о малакофауне заповедника “Денежкин камень” и его окрестностей // Труды государственного заповедника “Денежкин камень”. Вып. 2. Екатеринбург: Академкнига. С. 62–70.
- Дончева А.В., 1978. Ландшафт в зоне воздействия промышленности. М.: Лесная промышленность. 96 с.
- Евдокимова Г.А., Зенкова И.В., Мозгова Н.П., Переверзев В.Н., 2005. Почва и почвенная биота в условиях загрязнения фтором. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. С. 51–72.
- Евдокимова Г.А., Зенкова И.В., Переверзев В.Н., 2002. Биодинамика процессов трансформации органического вещества в почвах Северной Фенноскандии. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 154 с.
- Евдокимова Г.А., Переверзев В.Н., 2003. Влияние выбросов алюминиевой промышленности на химический состав подстилок и водяники (*Empetrum hercynicum* Naeg.) в сосновых лесах Кольского полуострова // Почвоведение. № 9. С. 1141–1146.
- Зенкова И.В., 1999. Состояние почвенной мезофауны в зоне воздействия комбината “Североникель” // Антропогенное воздействие на природу Севера и его экологические последствия: Монографич. сборник докл. Всерос. совещания, Апатиты, 22–25 июня 1998 г. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. С. 293–310. – 2000. Структура сообществ беспозвоночных животных в лесных подзолах Кольского полуострова. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск. 34 с. – 2005. Структурные изменения комплексов почвообитающих беспозвоночных животных в зонах промышленного загрязнения // Структурно-функциональные особенности биосистем Севера (особи, популяции, сообщества). Материалы конф., Петрозаводск, 26–30 сентября 2005 г. В 2-х ч. Ч. 1. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. С. 130–133.
- Зенкова И.В., Валькова С.А., 2003. Динамика сообщества моллюсков в лесных подзолах Кольского п-ова // Разнообразие беспозвоночных животных на Севере. Тез. докл. II Междунар. конф., Сыктывкар, 17–22 марта 2003 г. Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ РАН. С. 29.
- Кантор Ю.И., Сысоев А.В., 2005. Каталог моллюсков России и сопредельных стран. М.: Товарищество научных изданий КМК. 627 с.
- Козловская Л.С., 1976. Роль почвенных беспозвоночных в трансформации органического вещества болотных почв. Л.: Наука. 212 с. – 1981. Почвенные беспозвоночные как фактор формирования почвенного биогеоценоза // Проблемы почвенной зоологии: Тез. докл. VII Всес. совещ. Киев. С. 101–102.
- Криволицкий Д.А., 1994. Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука. 270 с.
- Криволицкий Д.А., Покаржевский А.Д., Сизова М.Г., 1985. Почвенная фауна в кадастре животного мира. Ростов: Изд-во Ростовского ун-та. 96 с.
- Куприянова Е.Б., 2001. Почвенная мезофауна // Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера. СПб.: Наука. С. 222–234.
- Ласкова Л.М., 1994. Структура, биомасса почвенной фауны и масса мицелия грибов в хвойных и березовых лесах заповедника “Кивач” // Структурно-функциональная организация лесных почв средне-таежной подзоны Карелии. Петрозаводск: Изд-во Карельского НЦ РАН. С. 116–127. – 1997. Влияние типа леса и смен древесных пород на почвенных беспозвоночных в средней тайге Карелии // Лесоведение. № 2. С. 85–88.
- Мордкович В.Г., 1995. Особенности зообиоты почв Сибири // Почвоведение. № 7. С. 840–849.
- Морозова Е.М., Данукалова Г.Н., 2003. Наземная малакофауна Южно-Уральского региона // Экология-2003. Тез. междунар. молод. конф. Архангельск: Изд-во УрО РАН. С. 191.
- Степанов А.М., Черненко Т.В., Верецагина Т.Н., Безукладова Ю.О., 1991. Оценка влияния техногенных выбросов на почвенных беспозвоночных и растительный покров // Журн. общей биол. Т. 52. № 5. С. 699–706.
- Стриганова Б.Р., 1976. Специфика пищеварительной активности почвенных беспозвоночных как показатель характера разложения растительных остатков // Биол. диагностика почв. Тез. докл. всес. совещ. М.: Наука. С. 268–269. – 1980. Питание почвенных сапрофагов. М.: Наука. 244 с.
- Ушакова Г.И., 1997. Биогеохимическая миграция элементов и почвообразование в лесах Кольского полуострова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 150 с.
- Хохуткин И.М., 1997. Структура изменчивости видов на примере наземных моллюсков. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН. 172 с.
- Хохуткин И.М., Ерохин Н.Г., Гребенников М.Е., 2000. Моллюски Свердловской области // Атлас-справочник. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН. 177 с.
- Чернов Ю.И., 1985. Среда и сообщества тундровой зоны // Сообщества Крайнего Севера и человек. М.: Наука. С. 8–21. – 1991. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы // Успехи соврем. биол. Т. 3. Вып. 4. С. 499–507.
- Шутова Е.В., 1999. Наземные беспозвоночные Кандалакшского заповедника // Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Фенноскандии. Тез. докл. междунар. конф. Петрозаводск, 6–10 сентября 1999. Петрозаводск. С. 107–108.
- Zenkova I.V., 1998. The Invertebrate Animal Communities in the Kola Peninsula Forest soils Polluted by Heavy Metals // Trace Elements – Effects on Organisms and Environment: Proceedings of 2-nd Intern. Conf. Cieszyn, 23–26 June 1998. Katowice. P. 77–83. – 2001. Soil-zoological research of natural and polluted soils at the Kola Peninsula // Trends and Effects of Heavy Metals in the Arctic: Proceedings of the Intern. Workshop. McLean, Virginia, USA. P. 76–79.

MOLLUSKS IN NATIVE AND POLLUTED PODZOLS OF THE NORTHERN KOLA PENINSULA

I. V. Zenkova¹, S. A. Val'kova²

¹*Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Center, Apatity 184209, Russia*

²*Kola Division, Petrozavodsk State University, Apatity 184209, Russia*

e-mail: Zenkova@inep.ksc.ru

The structure and dynamics of the mollusk community in native podzols polluted with emissions of an aluminum enterprise were investigated in the northern part of Kola Peninsula. The species diversity, number, biomass, predominance, and spatial distribution of soil-dwelling mollusks were characterized. The annual and seasonal dynamics of these parameters were assessed, and preferences of mollusks in relation to some edaphic parameters were determined. Mollusks in the forest podzols of northern Kola Peninsula are shown to be a small-species group with a low level of number and biomass. Industrial pollution of the soils causes a reduction in the species number to a greater extent. In the soils polluted, only *Discus ruderatus* was found.