

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ¹

© 1995 г. Д. В. Зейферт*, И. М. Хохуткин**

*Стерлитамакский филиал Башкирского Республиканского
научно-исследовательского экологического центра

**Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

Поступила в редакцию 26.10.94 г.

На основе собственных и литературных данных рассматриваются жизненные циклы четырех видов моллюсков, предлагаемых как удобные объекты для биоиндикации антропогенных воздействий на территории европейской части России и Урала. Они легко идентифицируются; малая подвижность особей в популяциях и возможность регулярного сбора материала также немаловажны для такого рода исследований.

В течение последних 20 лет появилось большое количество данных, подтверждающих возможность использования наземных моллюсков для индикации загрязнений тяжелыми металлами (Williamson, 1979; Popham, D'Auria, 1980; Beeby, Eaves, 1983; Kalinovska, 1984) и пестицидами (Дмитриенко, 1975; Forsyth et al., 1982; Naque, Ebing, 1983). Крупные формы наземных моллюсков умеренной зоны, как правило, являются полифагами с широким спектром пищевых объектов. Тенденция к разнообразию состава пищевого рациона возрастает с увеличением размера животных. Основную часть рациона наземных моллюсков в естественных местообитаниях составляют отмершие или начинающие отмирать части растений (Seifert, Shutov, 1981). На протяжении периода активности животных доступность разных кормов существенно меняется (Стриганова, 1980). Кроме того, у широко распространенных видов почвенных организмов, к числу которых относятся и наземные моллюски, состав рациона в различных частях ареала и в разных ландшафтно-зональных условиях может быть неодинаков (Стриганова, Чернов, 1980). Эффективность утилизации пищи высока по сравнению с другими группами почвенных организмов (Стриганова, 1980) и в среднем составляет 60% (Зейферт, 1990); органические и неорганические компоненты пищи усваиваются в одинаковой степени (Moser, Wieser, 1979).

Анализ полученных нами и имеющихся в литературе данных по количественным закономерностям питания различных экологических групп наземных моллюсков позволит определить ориентировочную величину их пищевого рациона. Максимальный уровень пищевой активности за-

регистрирован у слизней. Зависимость между живым весом особей (г) и величиной суточного рациона (мг воздушно-сухого веса) описывается уравнением $C = 81.4W^{0.37}$. У тропических улиток эта зависимость имеет вид $C = 52.5W^{0.46}$. Для улиток умеренной зоны зависимость между весом и суточным рационом описывается уравнением $C = 25.2W^{0.82}$.

В пределах диапазона температур, при которых животные нормально питаются, эти показатели слабо зависят от температуры. Различия в величине рациона тропических улиток и улиток умеренной зоны связаны с различной скоростью прохождения пищи через пищеварительный тракт. Приведенные зависимости можно использовать для количественного определения поступления в организм поллютантов вместе с пищей. Данные по энергетическому балансу наземных моллюсков в условиях интактных и загрязненных биотопов в настоящее время отсутствуют.

Изучение воздействия антропогенных факторов на наземных моллюсков ведется на трех уровнях: 1) организменном, 2) популяционном, а также 3) по изменениям в составе малакофауны на исследованной территории за определенный период времени. Большинство исследований выполнено на организменном уровне.

Выявлены возрастные и сезонные различия в концентрации отдельных микроэлементов. Общее количество аккумулированного кадмия у *C. hortensis* описывается уравнением типа $\log Y = a + b_1 \log X_1 + b_2 \log X_2$, где Y – количество кадмия, мкг; X_1 – сухой вес мягких тканей, г; X_2 – возраст, годы (Williamson, 1979).

При использовании наземных моллюсков в качестве биоиндикатора состояния окружающей среды желательно применять карты распределения отдельных видов с квадратами масштабом 100, 50, 10 и 1 км (Ibanez et al., 1976). На основе

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 95-04-11041а).

таких карт можно связать распределение отдельных видов с физическими, климатическими или иными факторами (Kerney, 1982). Дальнейший анализ предполагает выделение таксонов, для которых существует тенденция к сокращению ареалов или к исчезновению (Reischutz, Seild, 1982). Для длительного экологического мониторинга эти виды непригодны.

В фауне России и сопредельных стран насчитывается не менее 550 видов наземных моллюсков, относящихся к 30 семействам. Из них широкое распространение имеют 20 видов, часть которых представлена мелкими формами, что затрудняет их сбор в количестве, достаточном для анализов. Массовый крупный слизень *D. reticulatum* не может являться объектом мониторинга по причине ярко выраженной синантропности. Для европейской части России и Урала в качестве объектов биоиндикации нами предложены три вида наземных моллюсков отряда Geophila. Морфология и систематика видов этого отряда подробно рассмотрены А.А. Шилейко (1979).

1. *Bradybaena fruticum* (Müller, 1774). Крупная долгоживущая улитка. Высота раковины 14 - 19 мм, ширина 14 - 23 мм. Населяет преимущественно пойменные луга с высоким травостоем, влажные леса и заросли кустарников на большей части Европы. Западная граница распространения вида приведена в работе Кернея и Камерона (Kerney, Cameron, 1979). На востоке вид доходит до реки Оби. Отдельные находки сделаны в бассейне Енисея. На юге России она распространена до Северного Кавказа включительно. В оптимальных климатических условиях моллюски способны существовать в более широком наборе местообитаний, чем у границы видовой ареала.

Сведения по экологии *Br. fruticum* на восточной границе ареала приведены в работе Д.В. Зейферта (1985). Основная часть молодежи появляется во второй декаде мая, конкретный срок ее появления связан с погодными условиями. Менее значительный пик выхода молодежи отмечается во второй декаде августа в годы, когда сумма положительных среднесуточных температур воздуха за вегетационный период с температурой выше 10°C составляла не менее 2015. Улитки весенней генерации становятся половозрелыми (на раковине образуется губа) на четвертый год жизни, в течение пятого года они являются репродуктивной группой и весной, на шестой год, погибают. В разные годы в мае популяционная плотность *Br. fruticum* на разных участках варьировала от 0.9 до 6.1 экз./м². Максимальный темп роста отмечается в мае и июне. Начиная с августа улитки продолжают активно питаться, но не растут; в этот период у них утолщается раковина. В более оптимальных климатических условиях у них возрастает темп роста, они быстрее становятся половозре-

лыми, общая продолжительность жизни уменьшается. Выявлены различия в составе рациона у особей разных возрастов (Seifert, Shutov, 1981). Вылупившаяся из яиц молодежь определенное время проводит в гнездовой камере, поедая неразвившиеся яйца, остатки яичевых оболочек и заглатывая части почвы. По-видимому улитки потребляют почвенные микроорганизмы. После выхода из гнездовой камеры улитки начинают регулярно подниматься в травяной ярус, и в их рационе появляются зеленые части растений. У взрослых особей доля зеленой массы в рационе снижается. Максимальное количество зеленой массы в рационе улиток всех возрастов отмечено в момент максимального прироста биомассы растений.

2. *Deroceras agreste* (L., 1785). Массовый слизень, достигает длины 40 мм, обитает на лугах, болотах, в придорожных канавах, реже – в огородах и садах. Попадает на лесных опушках и в ольшаниках, но никогда не углубляется внутрь леса. Укрывается под кусками древесины, камнями и комками почвы и в ее трещинах. Чаще встречается на равнинах и низменностях, реже – в горах. В поймах крупных рек Валдайской возвышенности распределение *D. agreste* определяет направление господствующих ветров (Шиков, 1978). Этот слизень предпочитает наиболее продуваемые и сухие участки речных долин. Обычен для Средней Европы; в России распространен почти повсеместно – от Кольского полуострова и Большеземельской тундры на севере до Кавказа, Крыма и Средней Азии на юге, а также на Алтае, в Саянах, в Амурской области, Приморском крае, южной части Камчатки, на Сахалине и Курильских островах.

На северо-западе европейской части России и в Зауралье откладка яиц происходит обычно осенью, и зимуют лишь яйца. В более южных областях, кроме яиц, зимуют полувзрослые слизни, которые приступают к размножению в конце весны - начале лета. В связи с этим осенью можно наблюдать 2 - 3 генерации. В Зауралье максимальный прирост биомассы отмечается в августе. В разных местообитаниях существует значительная вариабельность темпа роста. Взрослые особи слизней поедают более грубую пищу, чем молодые (Лихарев, Виктор, 1980).

3. *Arion subfuscus* (Draparnaud, 1805). Массовый крупный слизень, длиной от 35 до 80 мм. Обитает в лиственных, смешанных и хвойных лесах, лесотундре и в горной тундре Кольского полуострова. Чаще всего встречается на лесных полянах и в кустарниках. В горах поднимается значительно выше лесной зоны. Иногда встречается и на торфяных болотах. В дневное время прячется под валежины, в гниющие пни, под камни и в подстилку. В антропогенных биотопах встречается сравнительно редко, преимущественно в старых

парках и на кладбищах. Обычен почти для всей Европы, кроме самых южных областей. Завезен в Северную Америку и Новую Зеландию. В России очень широко распространен по лесным и лесостепным областям европейской части; проникает в соседнюю лесотундру. Обычен в Карпатах и в их лесных и лесостепных предгорьях, по западным и восточным склонам Среднего и Южного Урала, в Зауралье. В пределах степной зоны обитает в байрачных и пойменных лесах Украины, на Северном Кавказе.

Чаще всего, а в европейской части России всегда, молодь осенью вылупляется из яиц. Через полтора года выросшие слизни вновь приступают к размножению. В оптимальных условиях слизни могут завершать жизненный цикл за 12 мес. (Лихарев, Виктор, 1980). В Зауралье нами были обнаружены зимующие молодые слизни со средним весом 400 мг, а вылупившуюся из яиц молодь наблюдали в августе. Основной компонент рациона *A. subfuscus* – отмершие части растений; интенсивно потребляются плодовые тела шляпочных грибов. Слизень питается только зелеными частями растений, трупами животных и экскрементами позвоночных. При одномоментной выборке отмечается значительная индивидуальная изменчивость в составе рациона (Bless, 1977). Из 58 исследованных особей *A. subfuscus* в 28 были обнаружены исключительно растительные остатки, в 24 – только грибы и в 4 – в основном свежий и отмерший растительный материал. Кроме того, у 10 слизней в желудке были найдены остатки насекомых в таком количестве, что случайное их поедание исключается.

Из представителей отряда Succineida наиболее детально изучены биология и распространение янтарки *Succinea putris* (L., 1758), которой и следует отдать предпочтение для целей биоиндикации. Это улитка с тонкой прозрачной раковиной. Высота раковины – 16 - 22 мм, ширина – 8 - 11 мм. Населяет сырые овраги, влажное мелколесье, высокотравные влажные луга, пойменные заросли кустарников, берега водоемов. В горных районах встречается в верхней полосе лесного пояса. Палеарктический вид. Ареал – Европа, Северная Азия, Закавказье, Северный Иран.

На основе анализа размерной структуры популяции *S. putris* в разные периоды вегетационного сезона определена общая продолжительность жизни этой улитки в Англии, составившая 15 мес. (Rigby, 1965). Половая система развита при длине раковины 12 мм, а размеры размножающихся особей равны 14 - 16.5 мм. Отдельные особи, достигающие размера 18.5 мм, встречающиеся в начале лета, имеют, по мнению автора, большую продолжительность жизни. У *S. putris*, обитающих в Зауралье, пик выхода молодежи приходится на середину июля. В исследованном нами место-

обитании популяции этой улитки представлены семелпарными особями, погибающими после откладки яиц. Общая продолжительность жизни *S. putris* в Зауралье составляет три года. Качественных различий в составе рациона у обитающих совместно *S. putris* и *Br. fruticum* не выявлено.

Приведенные выше данные по биотопической приуроченности и географическому распространению данных видов показывают, что они удовлетворяют требованиям к организмам, используемым для целей биоиндикации. Кроме того, их популяционная биомасса составляет существенную часть от биомассы совместно обитающих видов наземных моллюсков, что обеспечивает возможность регулярного взятия проб даже в периоды снижения численности. Величина биомассы *Br. fruticum* в исследованных местообитаниях в Зауралье варьирует от 0.082 до 0.787 г сухого веса/м². У *S. putris* в районе Черновицкого озера (Польша) этот показатель составляет 0.220 - 0.684 г сухого веса/м² (Kalinowska, Grzybowska, 1983).

Моллюски, предназначенные для анализа микроэлементного состава, содержания полихлорбифенилов и других поллютантов, собираются вручную и помещаются в пластмассовые сосуды, где они содержатся в течение двух суток для очистки пищеварительного тракта от остатков пищи. Коутри и Мартин (Coughtrey, Martin, 1976) умерщвляли животных, помещая их в герметично закрытый сосуд с кипяченой деионизированной водой, содержащей несколько капель хлоралгидрата. Анализируемые объекты (моллюски, их мягкие ткани или отдельные органы) помещают в сушильный шкаф и сушат в течение суток при 65 - 70°C. Для анализа содержания ртути необходимо, чтобы температура не превышала 40°C. При наличии соответствующего оборудования возможно обезвоживание образцов путем лиофилизации тканей. Содержание воды в слизнях, находящихся в лабораторных условиях, в среднем составляет 85.7%; с увеличением размера животных относительное содержание влаги снижается. В естественных условиях содержание воды в слизнях варьирует в пределах 81.2 - 90.0% (Lyth, 1982). Относительное содержание воды в улитках в значительной степени зависит от размеров и массивности раковины и в среднем составляет 58%. Высушенные образцы помещают в пакеты из пергаментной кальки или пластмассовые бюксы. В подобном виде образцы могут храниться до момента анализа методами атомно-абсорбционной спектrophотометрии, газо-жидкостной хроматографии и радиоавтографии. Перед проведением анализов образцы растворяют. Состав реактивов и точная их дозировка зависят от конкретных методик.

В связи с большой подвижностью слизней и поступлением поллютантов в их организм не

только с пищей для анализа представителей этой жизненной формы требуется большая выборка, чем для улиток. Кроме того, при одинаковой концентрации в почве или растительности слаботоксичные для наземных моллюсков поллютанты накапливаются в организме в значительно большем количестве, чем высокотоксичные (Edwards, 1976). Ряд данных по химическому составу видов, предложенных в качестве объектов биоиндикации, приведен в обзоре А.Д. Покаржевского (1985).

Первый этап исследования данных видов наземных моллюсков включает определение их химического состава в разных частях ареала. На втором этапе уже возможно выделение зон загрязнения путем сравнения данных по химическому составу животных с фоновыми показателями. Только такой подход делает возможным использование полученных данных в практических целях. Подход, основанный на анализе влияния загрязнений на популяционную структуру и численность наземных моллюсков, пока не представляется целесообразным, поскольку даже исследования по влиянию естественных природных факторов на динамику популяций наземных моллюсков являются единичными. При возрастании числа подобных результатов, по-видимому, появится возможность оценки влияния загрязнений на данном уровне. Создание карт распределения наземных моллюсков на территории России и сопредельных стран сделает возможным и анализ влияния загрязнения на основе данных по изменению состава малакофауны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дмитриенко В.К. Изменение численности крупных беспозвоночных животных в таежных участках, обработанных ММЭ-ДДТ // Проблемы почвенной зоологии. Вильнюс, 1975. С. 146 - 148.

Зейферт Д.В. Некоторые аспекты биоэнергетики наземных моллюсков // Энергетика роста и развития животных. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. С. 76 - 88.

Зейферт Д.В. Количественные аспекты питания наземных моллюсков // Энергетика питания и роста животных. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1990. С. 105 - 130.

Лихарев И.М., Виктор А.Й. Слизни фауны СССР и сопредельных стран (*Gastropoda terrestria nuda*). Л.: Наука, 1980. 437 с. (Фауна СССР. Моллюски / АН СССР. Зоол. ин-т. Новая сер. № 122; Т. 3. вып. 5).

Покаржевский А.Д. Геохимическая экология наземных животных. М.: Наука, 1985. 300 с.

Стриганова Б.Р. Питание почвенных сапрофагов. М.: Наука, 1980. 244 с.

Стриганова Б.Р., Чернов Ю.И. Трофические отношения почвенных животных и их зонально-ландшафтные особенности // Структурно-функциональная организация биогеоценозов. М.: Наука, 1980. С. 269 - 288.

Шиков Е.В. Зависимость распределения слизней рода *Deroceras rafinesque*, 1820 в поймах крупных рек Вал-

дайской возвышенности от направления господствующих ветров // Экология. 1978. № 5. С. 97 - 99.

Шулейко А.А. Система отряда Geophila (-Helicida) (Gastropoda: Pulmonata) // Морфология, систематика и филогения моллюсков: Труды Зоол. ин-та. Л., 1979. Т. 80. С. 44 - 69.

Beeby A.N., Eaves S.L. Short-term changes in Ca, Pb, Zn and Cd concentrations of the garden snail, *Helix aspersa* Müller from a central London car-park // Environ. Pollut. 1983. V. A30. № 516. P. 233 - 244.

Bless R. Beitrag zur Ernährungsweise ausgewählter Nackschneckenarten des Naturparks Kottenforst-Ville // Anz. Schädlingkunde, Pflanzenschutz. 1977. Bd. 50. № 5. P. 73 - 74.

Coughtrey P.J., Martin M.H. The distribution of Pb, Zn, Cd and Cu within the terrestrial mollusks *Helix aspersa* Müller // Oecologia. 1976. V. 23. № 4. P. 315 - 322.

Edwards C.A. The uptake of two organophosphorus insecticides by slugs // Bull. Environ. Contam. and Toxicol. 1976. V. 16. № 4. P. 406 - 410.

Forsyth D., Peterle T., Goodwin M.K. Uptake of 36 Cl-DDT residues by slugs and isopods in the laboratory and field // Environ. Pollut. 1982. V. A29. № 2. P. 135 - 143.

Haque A., Ebing W. Uptake, accumulation and elimination of HCB and 2,4-D by the terrestrial slug, *Deroceras reticulatum* (Müller) // Bull. Environ. Contam. and Toxicol. 1983. V. 31. № 6. P. 727 - 733.

Ibanez M., Alonso M.R., Alvares I. El cartografiado de los seres vivos en Espana // Trab. y monogr. Dep. zool. Univ. Granada. 1976. № 2. P. 1 - 10.

Kalinowska A. Lead Concentrations in the slug *Arion rufus* from sites at different distances from a tourists road // Ecol. Bull. 1984. V. 36. P. 46 - 49.

Kalinowska A., Grzybowska D. Concentration of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in plants and population phytophagous snail *Succinea putris* L. in meadow biocenoses around the Zamowieckie Lake // Ecol. 1983. V. 31. № 1. P. 201 - 216.

Kerney M. The mapping of non-marine mollusca // Malacologia. 1982. V. 22. № 112. P. 403 - 407.

Kerney M.P., Cameron R.A.D. A Field guide to the land snails of Britain and North-West Europas. London: Verlag Colline, 1979. 228 p.

Lyth M. Water contents of slugs (Gastropoda: Pulmonata) in natural habitats, and the influence of culture conditions on water contents stability in *Arion ater* (Linne) // J. moll. Stud. 1982. V. 49. № 3. P. 179 - 184.

Moser H., Wieser W. Copper and nutrition in *Helix pomatia* (L.) // Oecologia. 1979. V. 42. № 2. P. 241 - 251.

Popham J.D., D'Auria J.M. *Arion ater* (Mollusca: Pulmonata) as an indicator of terrestrial environmental pollution // Water, Air and Soil Pollution. 1980. № 14. P. 115 - 124.

Reischutz P.L., Seidl F. jun. Gefährdungsstufen der Mollusken Österreichs // Mitt. Zool. Ges. Braunau. 1982. Bd. 4. № 4 - 6. S. 117 - 128.

Rigby J.E. *Succinea putris*: a terrestrial opisthobranch molluscs // Proc. zool. Soc. London. 1965. V. 144. № 4. P. 445 - 486.

Seifert D.V., Shutov S.V. Consumption of leaf litter by land molluscs // Pedobiologia. 1981. V. 21. № 3. P. 159 - 165.

Williamson P. Opposite effects of age and weight of cadmium concentrations of a gastropod mollusc // AMBIO. 1979. V. 8. № 1. P. 30 - 31.