

КООРДИНАЦИОННЫЙ
ЦЕНТР СТРАН-ЧЛЕНОВ СЭВ И СФРЮ
ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОЛОГИИ
И ЭКОЛОГИИ ЦБЭН САН

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КООПЕРАЦИЯ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
ПО ПРОБЛЕМЕ III
„ОХРАНА ЭКОСИСТЕМ (БИОГЕОЦЕНОЗОВ)
И ЛАНДШАФТА“

2

БРАТИСЛАВА

1986

First two pages of the common paper,
Carabidae and Staphylinidae are dealt with on p.61 - 78 see below

БИОИНДИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ
ПРИ ПОМОЩИ ВЫБРАННЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭДАФОНА

Антон Шалы, Станислав Калуз, Збёншек Шустек

Институт экспериментальной биологии и экологии Центра
биологическо-экологических наук Словацкой Академии наук
в Братиславе (ЧССР)

При применении пестицидов против целевых организмов в рамках интегрированной охраны растений и минеральных удобрений с целью оптимизации условий питания растений мы постоянно вносим в агробиоценозы огромное количество чужеродных веществ. В основном исследуется первичный эффект этих веществ, т.е. их биологическое воздействие на возбудителей болезней, животных-вредителей, сорняки или же их влияние на размер урожая. Обнаруженные остатки применяемых химикатов или их эпоксидов в почвах, сельскохозяйственной продукции, в грунтовых водах и т.д., привлекли наше внимание к отдаленным последствиям применения пестицидов и минеральных удобрений. Для проведения этих исследований было разработано много физических и химических методов. Большинство из них с технической и исполнительной точек зрения весьма сложны, требуют дорогостоящего оборудования, обладают ограниченной точностью и, главное, не регистрируют последствия, оказывающие влияние на взаимодействие живых компонентов.

На изменения условий окружающей среды, вызванные химизацией почв, почвенные организмы реагируют путем изменения состава и численности сообществ, например, группы животных реагируют изменением структуры, полового индекса и т.п. Эти изменения, особенно в начале, до возникновения резистентности, как правило, являются постоянными, повторяемыми. По их интенсивности можно судить о степени нарушения естественных процессов в почве, о

взаимодействии между компонентами эдафона, носителях ее урожайности, естественных источниках органического вещества и его энергетическом запасе. Одновременно можно получить необходимые данные для решения вопросов оздоровления нарушенной почвенной среды.

В связи с этим появилась необходимость разработать биоиндикационные методы с использованием выбранных систематических групп эдафона в качестве дополнительной составной части аналитических методов определения остатков загрязняющих веществ в почвах: пестицидов, минеральных удобрений, эмиссий, тяжелых металлов и т.д. С этой целью были начаты исследования в рамках СЭВ по теме III.6, а также в рамках двустороннего чехословацко-советского научно-технического сотрудничества по теме 2, по изучению биологии почв. В рамках указанных программ были интегрированы усилия специалистов заинтересованных институтов, и исследовательские коллективы начали совместное изучение данной проблемы. Кроме того, они продолжали ее исследование самостоятельно — в рамках государственного плана фундаментальных исследований в своих организациях.

Современное состояние проблемы биоиндикации

Изучение отрицательных воздействий химизации почв при помощи избранных групп почвенной фауны в Чехословакии, Советском Союзе и других странах характеризуется интенсивным накоплением данных о влиянии ее отдельных компонентов на модельные организмы. При проведении этих исследований, в основном, используются статические методы. В области биоиндикационных наблюдений отсутствует обширная и необходимая взаимосвязь с исследованиями на уровне целых геосистем. Это обусловлено, главным образом, тем, что к работе по данной проблематике подключены лишь отдельные организации с небольшими мощностями. Разработке динамических методов биоиндикации на уровне теоретических математических моделей на современ-

Zalom, F.G., Hoy, M.A., Wilson, L.F., Barnett, W.W., 1984: Sampling Mites in Almonds: II. Presence-Absence Sequential Sampling for Tetranychus Mite Species. *Hilgardia*, 7, 14-24.

Затямина В.В., Черненко В.Ю., 1982: Зитомофауна зерновых культур и влияние на неё гербицидов. *Форм. животн. и микробн. насел. агроценоз.*, Наука, Москва, 140-141.

part written by Z. Šustek

3. Биоиндикационные свойства жукалиц и короткокрылых

Жукалицы и короткокрылые представлены в евроазиатской области приблизительно 800 и 1600 видами соответственно, обитающими в большом количестве почти во всех видах наземных экосистем в этой области. Они встречаются на всех стадиях развития отдельных экосистем, включая антропогенно сильно измененные. Это обстоятельство создает хорошие предпосылки для типизации видового состава и свойств обеих семейств в отдельных типах экосистем и ее биоиндикационного использования.

Цель настоящей работы состоит в определении возможности биоиндикационного использования жукалиц и короткокрылых, некоторых биоиндикационных критериев, установленных при исследовании влияния химизации на жукалиц и короткокрылых в агроценозах, и изучении этих семейств в урбанизированных экосистемах. В биоиндикации следует исходить из основной предпосылки, что любое, полученное и правильно интерпретированное познание имеет биоиндикационную ценность. Поэтому предлагаемые биоиндикационные критерии, а также способ их интерпретации нельзя считать обязательной нормой и неизменной догмой. Скорее всего их следует понимать как фиксирование уже применяемых подходов и методов биоиндикации, которые сами по себе представляют лишь весьма начальную стадию развития этой дисциплины и являются, прежде всего, стимулом для поиска новых методов и для их проверки.

Метод сбора

В исследованиях экологического направления для сбора жукалиц и короткокрылых в большинстве случаев используются земные ловушки. Их большим преимуществом является автоматическая деятельность в течение всего исследуемого периода, малая зависимость от погоды, кратковременных колебаний температуры, времени суток и т.д. Недостатком в некотором аспекте является кумулятивность сбора, его значительная зависимость от активности и способа движения отдель-

ных видов, от способности уходить из ловушек и т.д. Использование в качестве ловушек большого количества различных типов сосудов существенно снижает возможность сравнения данных, полученных в разных странах, об абсолютной численности особей, пойманных в ловушки. Приведенные недостатки земных ловушек чаще всего компенсируются путем параллельных сборов квадратным методом и ручной разборкой взятого почвенного материала. Эффективность этого метода, однако, гораздо ниже, и статистически показательное количество материала можно получить лишь ценой больших усилий.

Для размещения ловушек на отдельных опытных участках невозможно дать однозначную и обязательную инструкцию о количестве ловушек и их расположении. В принципе, нужно исходить из пространственной структуры исследуемых геобиоценозов, из падения предполагаемого градиента свойств среды, из необходимости компенсировать ошибки, возникшие вследствие повреждения ловушек, и, прежде всего, из местных различий в относительной численности, которые даже в естественных биоценозах на небольшом пространстве часто достигают высоких значений. В общем, шесть ловушек достаточно для установления доминантных видов, и десяти-двенадцати ловушек необходимо для охвата около 80 процентов спектра. Однако, даже эти значения не являются во всех экосистемах одинаковыми и, в частности, в сообществах с низким альфа-диверситетом для установления доминантных видов достаточно иметь гораздо меньшее количество ловушек.

Вторичная продукция жуужелиц и короткокрылых в качестве биоиндикационного критерия

Вторичную продукцию жуужелиц и короткокрылых целесообразно выражать одновременно как групповую биомассу и групповую относительную численность. Вторичная продукция в качестве биоиндикационного критерия проявляет себя двойным способом. При кратковременных стрессах, которые не позволяют в достаточной мере использовать селекционные механизмы и которые часто превышают предел экологической терпимости отдельных видов, можно ожидать весьма кратковремен-

ное снижение групповой относительной численности и биомассы всех видов. Опыт показывает, что в таких случаях пропорция соотношения отдельных видов существенным образом не меняется. Различия, вызванные кратковременными стрессами, являются у обоих семейств кратковременными и сравнительно быстро (через 3-4 недели) выравниваются, благодаря, прежде всего, иммиграции из окружающей среды. Нужно, однако, заметить, что эти данные были получены при действии некоторых стрессов (например, применение пестицидов, косыба и т.п.) на небольших площадях. Остается, однако, открытым вопрос о реакции вторичной продукции при действии стресса на большой площади.

В случае незначительного воздействия вредных факторов (глобальное загрязнение, кислотные дожди, имиссии и т.д.), которое не угнетает селекционные механизмы, вторичная продукция резко падает лишь в самом конце деградации сообщества. На существенно низком уровне она сохраняется в чрезвычайно сильно деградированных или в хронически пионерных сообществах. В таких случаях ее можно интерпретировать как конечный результат весьма антиципированных латентных изменений на более низких уровнях организации живой материи.

Использование оценочных показателей вторичной продукции в качестве биоиндикационного критерия, безусловно, связано с весьма подробной, регионально специфической типизацией этих показателей в отдельных типах экосистем. Эта типизация необходима также для интерпретации других индикационных критериев, поскольку установлено (Шустек, 1984), что низкие показатели вторичной продукции отражают очень схожие состояния сообществ, которые могут быть вызваны, как естественными дестурбациями экосистем, так и антропогенными факторами.

Использование вторичной продукции в качестве индикационного критерия является проблематичным без одновременного исследования основных групп, находящихся на одинаковом трофическом уровне. В

противном случае может оказаться, что изменения, приписываемые действию некоторого антропогенного фактора, на самом деле являются результатом конкурентных отношений. Например, это показано для одного вида — *Silpha obscura* из семейства *Silphidae* (Шустек, 1982) при изучении влияния осадков никелевых отходов на жукалиц и короткокрылых в окрестностях г. Середь. При изучении влияния триазиновых гербицидов на пауков в культуре кукурузы были обнаружены различия в дисперсии пауков, вызванные присутствием жукалиц (Шустек, 1985). Наоборот, при исследовании влияния на жукалиц и короткокрылых некоторых инсектицидов, применяемых на культуре табака, вторичная продукция оказалась хорошим критерием (Шустек, 1985), подтвердившим предыдущие лабораторные опыты (Вейссман, Шватаракова, Шустек, 1984).

Структурные изменения сообществ жукалиц и короткокрылых в качестве биоиндикационного критерия

Долговременно действующие ноксы, интенсивность которых опасно не превышает пределы терпимости видов, селективно проявляются в вытеснении из сообщества чувствительных видов, которые освобождают экологические ниши более терпимым видам. Эти виды впоследствии приобретают необыкновенно высокую численность в сообществе. Указанные изменения приводят к упрощению трофических отношений в сообществе и, при определенных условиях, к снижению стабильности сообщества. Охарактеризовать эти изменения можно, в принципе, лишь двумя способами.

Первый способ включает биоиндикационное использование индексов разнообразия, которые позволяют характеризовать возникшие изменения одним числом. Второй способ исходит из аппроксимации распределения значимости отдельных видов в сообществе при помощи некоторого теоретического распределения вероятности и оценки его адекватности в качестве модели для эмпирического распределения. Параметры этих распределений (стандартное отклонение, среднее

значение, коэффициент и т.д.) можно также интерпретировать как индексы диверситета. Математическая трактовка и описание этих методов выходит за рамки возможности предлагаемого отчета; она содержится в многочисленных справочниках по экологии.

Преимуществом биоиндикационного использования индексов разнообразия является несложный математический аппарат, внешняя наглядность и кажущаяся простота интерпретации. Недостатком является некоторая потеря информации, поскольку большинство индексов разнообразия не зависит непосредственно от величины исследуемой пробы, и одно и то же значение индекса может соответствовать нескольким пробам с различной структурой. Преимущество второго способа состоит, наоборот, в сохранении информации о вторичной продукции сообщества. Недостатком теоретических распределений является большая трудоемкость и сложность вычислений. В принципе, однако, нужно считать оба метода дополняющими друг друга.

Разнообразие сообщества (альфа-диверситет) представляет весьма изменчивый и многозначный биоиндикационный критерий. Его адекватная интерпретация является весьма сложной и должна основываться на хорошем знании автоэкологии отдельных видов сообщества. Причиной является то обстоятельство, что каждое значение альфа-диверситета может соответствовать любому состоянию сообщества (Шустек, 1980). Возможно, что решением этого состояния может быть только общая типизация сообщества и определение, какому типу сообщества соответствует каждый альфа-диверситет. В наземных экосистемах средней Европы можно принять более или менее общепринятым то, что для естественных сообществ характерным является высокий альфа-диверситет при относительно высокой вторичной продукции сообщества. Для средне нарушенных сообществ свойственно низкое значение альфа-диверситета при относительно высокой вторичной продукции. Для сильно нарушенных или хронически пионерных сообществ характерным является высокий альфа-диверситет и

эквите при весьма низкой продукции. Эти изменения, однако, не являются в такой четкой форме при кратковременном действии какой-нибудь стресса. Поведение альфа-диверситета в этих условиях прояснит пока еще в значительной степени открытый вопрос.

С точки зрения выбора отдельных индексов разнообразия практически не существует значительной разницы между функциями Шаннона-Винера и Бриллиона. На основании исследуемых материалов (Шустак, 1984) получается, что индексы, базирующиеся на энтропии 2-го ранга (индексы Симпсона и Джибсона), являются более подходящими для измерения сообществ с низким диверситетом. По практическим соображениям при использовании функций Шаннона-Винера и Бриллиона удобно использовать логарифмы с как можно меньшим основанием. Это удобство состоит в том, что таким путем можно получить большие различия между наименьшими и наибольшими значениями. Однако, вопрос о том, какому материалу отдать предпочтение, остается спорным.

Из теоретических распределений вероятности для характеристики сообществ жуков и короткокрылых мы использовали и сравнили распределения лог-нормальные, лог-геометрические и лог-пуассоновские. Выяснилось, что лог-нормальное распределение является весьма хорошей моделью для естественных сообществ в благоприятных условиях продукции. В условиях антропогенного давления или в худших условиях продукции адекватность лог-нормального распределения очень быстро падает. Наоборот, возрастает адекватность лог-геометрического распределения, которое является лучшей моделью для средне- и сильно нарушенных сообществ. По мере роста нарушения увеличивается значение его коэффициента. В очень сильно нарушенных или хронических сообществах несколько возрастает адекватность лог-пуассоновского распределения, которое в естественных и средне нарушенных сообществах представляет полностью неадекватную модель (Шустак, 1984). Оказалось, что распределение Дирихле является во всех случаях полностью неадекватной моделью.

Биоиндикационное значение ареографической структуры сообществ жуков и короткокрылых

Относительно недостаточные знания по аврзоэкологии отдельных видов жуков и короткокрылых, с одной стороны, и необходимость искать новые индикационные критерии и способы сокращения данных, с другой стороны, привели к попытке биоиндикационного использования ареографической структуры сообщества (Шустак, 1981, 1982).

Кроме качественной характеристики отдельных ареографических типов, одновременно исследовали численность и перекрытие обоих сообществ. Оказалось, что в естественных сообществах средней Европы наблюдается относительно высокое число видов с небольшими ареалами, и что спектр ареографических типов в них является сравнительно богатым. Взаимное перекрытие ареографических типов колеблется в пределах 70 процентов от их общего числа. В средне нарушенных сообществах резко возрастает число видов с большими ареалами и исчезают виды с небольшими ареалами. При этом оказалось, что число видов с большими ареалами растет тем значительнее, чем большим является перекрытие распространения вида с расширением населяемого биотопа. Перекрытие качественного и количественного представления отдельных ареалов падает в средне нарушенных сообществах приблизительно до 50 процентов. В сильно нарушенных сообществах сохраняются почти исключительно виды с большими ареалами, возникновение отдельных ареалов является мало предсказуемым, однако, почти всегда наблюдается большое перекрытие качественного и количественного представления разных ареографических типов (80-100 процентов).

В средне нарушенных низинных арбореальных сообществах жуков в средней Европе увеличивается число видов западнопалеарктических и европеизированных. В сообществах культурной степи увеличивается число транспалеарктических и евросибирских (или же южносибирских), а в незональных сообществах в аллювиальных рек - число транспалеарктических и голарктических видов. В арбореальных сообществах быстрее возрастает численность эндемиков того или иного горного массива. Эти

свойства, однако, оказываются специфическими свойствами жуелиц. У короткокрылых во всех типах исследуемых нарушенных сообществ проявлялась большая приспособленность видов, имеющих большие ареалы (голарктические, палеарктические и транспалеарктические).

Биоиндикационное использование структуры по величине сообществ жуелиц и короткокрылых

Структура сообщества по величине в качестве характеристики сообщества привлекла внимание целого ряда авторов (Грушвиц, 1981; Ранга и Ас, 1983; Бозр, 1977, и Чеховски, 1981). Упомянутые авторы использовали при ее изучении более или менее произвольно выбранные классы по величине. Несмотря на это, они в полном согласии отмечают большую выгодность малых и средне великих видов в нарушенных сообществах. Произвольно установленные границы размерности классов могут, однако, в некоторой степени исказить действительную структуру сообщества по величине, особенно у мелких видов, и не позволяют поэтому определить ни действительные границы между отдельными классами, ни количество этих классов.

С целью уточнения характеристики структуры сообщества по величине была предложена модель, базирующаяся на предположении однородного распределения величины вида (Шустек, 1983), и улучшенная модель, исходящая из гауссовского распределения величины (Шустек, 1984, в печати). Ее использование позволило характеризовать некоторые свойства по-разному нарушенных сообществ.

В естественных сообществах жуелиц больше всего представлены виды, находящиеся в первой трети диапазона по величине всего семейства (1,5–40 мм), причем, в направлении к нижним и высшим группам количество видов особей плавно падает. Наибольшие классы всегда заняты, и кривая, характеризующая распределение по величине в сообществе, является всегда непрерывной. Перекрытие качественного и количественного распределений по величине составляет около 60–70 процентов. По мере роста нарушения увеличивается ко-

личество особей из средних или нижних классов размерности. Падает число особей в наивысших классах по величине. В локальных минимумах кривой распределения между высшими классами появляются разрывы и высшие классы постепенно освобождаются. Перекрытие качественного и количественного распределений падает приблизительно до 40–50 процентов. В заключительных фазах нарушения кривая распределения не заполняет весь диапазон семейства по величине. Вторично исчезают разрывы в локальных минимумах, и все виды концентрируются в нижних классах размерности. Перекрытие качественного и количественного распределений снова возрастает до 80–90 процентов.

Между кривыми распределений структуры жуелиц и короткокрылых по величине имеются, наряду с уже описанными общими свойствами, некоторые различия, вытекающие из пищевой конкуренции представителей обоих семейств. Локальные максимумы распределения по величине часто сдвинуты относительно друг друга.

Ввиду того, что короткокрылые имеют в большинстве случаев существенно меньшие размеры, чем жуелицы, у них наблюдаются при использовании структуры по величине несколько худшие индикаторные свойства.

Изучение последовательности изменений размерности структуры сообществ (от естественных до очень сильно нарушенных) показывает постепенное упрощение пищевых связей и ограничение сосуществования видов в сообществах вплоть до полного разрушения межвидовых отношений и случайности состава сообщества.

При подходе с общей точки зрения, однако, нужно отметить, что в большей чувствительности крупных видов к антропогенному нарушению у жуелиц в средней Европе важное значение имеет их бескрылость и неспособность летать.

Биоиндикационное значение полового индекса жуелиц

Различная физиологическая конституция и чрезмерная предрасположенность обоих полов к другим биологическим функциям создают предпосылки для различных реакций на одни и те же внешние раздражения. Этот факт, подтвержденный различными и неспецифическими реакциями самцов и самок во многих опытах по испытанию токсичных веществ, а также разительное преимущество самок у отдельных видов в полевых сообществах, вместе с наблюдениями Миллера (1970) привели к попытке использования полового индекса жуелиц в качестве биоиндикатора (Шустек, 1984а, б).

Выяснилось, что в естественных условиях, благоприятных для жизни, половой индекс отдельных видов является в значительной степени непредсказуемым. Преобладание самцов или самок у отдельных видов отражает, главным образом, естественные флуктуационные циклы отдельных видов и скорее всего указывает на тенденцию к временному уменьшению или увеличению преобладания того или иного вида в сообществе.

Наоборот, в средние нарушенных сообществах у наиболее многочисленных видов проявляется разительное преобладание числа самок, в то время как у менее многочисленных видов половой индекс выравнивается, или даже наблюдается преобладание числа самцов. Тем же свойствами, как и средние нарушенные сообщества в низменностях, обладают естественные сообщества в более высоко расположенных местах, где преобладание числа самок можно понимать как проявление необходимости выравнивать повышенное давление среды на популяции отдельных видов повышенной плодовитостью.

В сильно нарушенных сообществах почти у всех видов проявляется значительное преобладание числа самцов. Это вызвано, по-видимому, их большей подвижностью и, следовательно, большей успешностью при иммиграции в незаселенные биотопы.

Приведенные четыре основных типа распределения полового ин-

декса, детально охарактеризованные автором (Шустек, 1984а, б), совпадают с большим генетическим разнообразием и серологической неоднородностью популяций в центре города и в антропогенно сильно нагруженных типах среды, наблюдаемой Штейнгером (Миллер, 1975) в ФРГ и косвенно доказанной Эммом (персональная информация) у *Pterostichus oblongopunctatus* в зонах отдыха г. Воронежа. Изменения полового индекса жуелиц, вызванные антропогенным давлением, одинаково хорошо совпадают также с изменениями ареографической структуры, структуры по величине и альфа-диверситета.

С учетом определенной протандрии при выведении нового поколения и изменения активности самок во время носки яиц, невозможно использовать для изучения полового индекса жуелиц кратковременные сборы. Открытым остается вопрос, в какой степени описанные изменения полового индекса характерны для использованного метода сбора и как они изменились бы при использовании другой техники сбора.

Практическая применимость полового индекса в качестве индикационного критерия была проверена при изучении урбанизированной фауны г. Братиславы и г. Брюно, а также при исследовании влияния осадков отходов никелевого производства на жуелиц и короткокрылых в окрестности г. Середь (Шустек, 1983, 1984а, б). При изучении влияния осадка отходов никелевого производства половой индекс проявлялся как наиболее чувствительный среди использованных биоиндикационных критериев (вторичная продукция, количество видов, альфа-диверситет).

Важное значение полового индекса в популяционной динамике отдельных видов создает предпосылки для его прогностического использования. Для этой цели было предложено простое рекуррентное уравнение, использующее массу особей в качестве меры их взаимной иммиграции и половой индекс в качестве характеристики внутреннего роста популяции (Шустек, 1984). Применимость этого уравнения

была практически проверена на жукелицах из естественных лесных сообществ на Павловских вершинах (южная Моравия). Сообщество, зафиксированное в этом регионе в 1971 году, служило исходным для прогноза, и сообщество, зафиксированное в том же месте в 1981 году, использовалось для контроля прогноза. Несмотря на свою простоту, предлагаемый метод позволяет в основных чертах оценивать тенденции развития сообщества на период 5–10 лет. По мере углубления автоэкологических знаний об отдельных видах можно будет, однако, этот прогностический метод уточнять дальше. В этом отношении весьма необходимо определить длительность естественных флуктуационных циклов отдельных видов.

Биоиндикационные свойства жизненных форм жукелиц

Жизненные формы в качестве проявления морфоэкологического приспособления к жизни в различных условиях являются важным показателем для изучения структуры сообществ организмов и естественной, экологически обоснованной классификации видов. Совершенная система жизненных форм жукелиц, предложенная Шаровой (1981), создает весьма солидный фундамент для биоиндикационного использования жизненных форм жукелиц. Их значение для биоиндикации было доказано Шаровой и ее сотрудниками (Шарова, 1981, 1982; Душенков, 1983).

В распределении жизненных форм в нарушенных различных образом сообществах жукелиц в средней Европе были обнаружены большие различия.

В естественных аллювиальных сообществах преобладают зоофагные стратобионты, живущие на поверхности почвы, и зоофагные стратобионты, зарывающиеся в почву. По мере роста нарушения уменьшается число зарывающихся форм, которые почти отсутствуют в наиболее сильно измененных местах. Наиболее стабильную жизненную форму здесь представляют виды, живущие на поверхности почвы. Растущее

нарушение дальше проявляется увеличением числа миксофагных стратобионтов, проживающих в трещинах.

В лесных сообществах I–II – 4–II вегетационной степени в сообществах жукелиц преобладают зоофагные шагающие эпигеобионты, широко представлены зоофагные стратобионты, зарывающиеся в почву и подгребные подстилки. По мере роста нарушения быстро падает доля зоофагных шагающих эпигеобионтов и растет доля более терпимых зоофагных стратобионтов, которых в более поздние фазы нарушения сообщества начинают сопровождать, так же как и в аллювиальных сообществах, миксофагные стратобионты.

В агроценозах низинных областей средней Европы (I–3–я вегетационная степень) до последнего времени (20–50 лет назад) спектр жизненных форм был еще очень богат. В настоящее время в этих сообществах частично или полностью отсутствуют зоофагные шагающие эпигеобионты. Преобладают миксофагные стратобионты, живущие в трещинах, и зоофагные стратобионты, зарывающиеся в почву и подгребные подстилки. Их взаимное отношение подчиняется, главным образом, межвидовой конкуренции и экологическим запросам отдельных видов. Весьма важное значение имеет также совпадение сроков агротехнических мероприятий и циклов размножения отдельных видов. Однако, по отношению к нарушению среды антропогенными факторами, по-видимому, более терпимыми являются миксофагные стратобионты. Но доказать это могут лишь исследования в других областях. Вышеописанное распределение жизненных форм характерно для средне нарушенных сообществ.

В сильно нарушенных сообществах культурной степи распределение жизненных форм является весьма изменчивым и непредсказуемым. Характерно, однако, сбалансированное распределение существующих здесь жизненных форм и отсутствие зоофагных шагающих эпигеобионтов. Это состояние характерно также для сильно нарушенных, или хронически пионерных сообществ в лесах и аллювиях.

Во всех типах сообществ обнаруживается одинаково высокая чувствительность зоофагных шагающих эпигеобионтов, что обуславливается их почти полной неспособностью летать и усиливается большими размерами тела.

При исследовании перекрытия качественного и количественного распределения жизненных форм жуков можно наблюдать те же самые изменения, как и у других приведенных критериев. В естественных сообществах перекрытия колеблется в пределах от 70 до 80 процентов; в средне нарушенных – около 50 процентов (в особых случаях до 30 процентов), и опять поднимается в экстремально нарушенных сообществах до 90–100 процентов. Изменения перекрытия качественного и количественного распределения жизненных форм (но также ареографических типов и других критериев) тесно связаны с изменениями альфа-диверситета, или же эквитета, и представляют, в сущности, лишь иной способ их измерения. Преимуществом этого способа является его более наглядное отношение к некоторым внешним факторам или свойствам видов и, следовательно, лучшей интерпретируемость.

Заключение

Изучение свойств относительно разнообразной шкалы разных сообществ жуков и короткокрылых с весьма различной степенью антропогенного нарушения помогло хотя бы частично выяснить, какие проявления отдельных биоиндикационных критериев соответствуют отдельным ступеням нарушения. Одновременно нам удалось определить временную последовательность и совпадение этих проявлений. Выяснилось, что одни и те же значения одного и того же критерия могут иметь в других условиях совсем иные причины и интерпретацию. Поэтому следует считать отдельные критерии взаимно дополняющими друг друга и их одновременное исследование единственным способом, обеспечивающим их надежную интерпретацию. Односторонняя ориентация на некоторые из них при ограниченном знании процесса деградации сообществ и их огромной изменчивости могла бы создать опас-

ность фальшивых заключений, и при их некритическом внедрении в практику – опасность дискредитации всей научной дисциплины.

Нами установлено, что явно деградированные сообщества и сообщества, которые, согласно историческим данным, находятся в определенной стадии реконституции (реабилитации, регенерации), представляют в идеализированном виде зеркальные отражения и отличаются одинаковыми свойствами. Однако, скорость и пути развития того или иного общества, могут в конкретных случаях весьма существенно отличаться (Шустек, 1980, 1984; Широко, 1983, 1984). К сожалению, ни один из описанных методов не позволяет на основе кратковременных наблюдений определить, находится ли исследуемое сообщество в процессе деградации или реконституции. С этой точки зрения нестатистической составной частью биоиндикационных исследований оказывается детальное историческое изучение, которое обеспечило бы для них более глубокий интерпретационный фон.

Крупным вкладом в адекватную интерпретацию биоиндикационных исследований было бы изучение пока еще недостаточно известных флуктуационных циклов индифферентных видов и их амплитуды. Их знание позволит избежать многие проблематичные или даже ошибочные интерпретации изменений в плотности популяции некоторых видов, которые внешне совпадают с гипотетически предполагаемыми изменениями в наблюдениях различного направления. Первые весьма интересные данные в этом направлении приводит Де Воэр (1982).

Обобщенно можно сказать, что получение теоретических познаний и достаточно представительного сравнительного материала, а также поиск дополнительных биоиндикационных критериев, будет, по-видимому, еще долго представлять комплекс проблем, решение которых позволит приступить к выбору надежных биоиндикационных методов и к их определенной унификации и стандартизации в соответствии с потребностями практики. Долговременность решения

указанных проблем, обусловленная их сложностью, не должна стать стимулом для отвлечения внимания от развития биоиндикационных методов, поскольку им принадлежит ничем незаменимая роль в повышении эффективности всех мероприятий по улучшению окружающей среды. Жужелицы и короткокрылые представляют для этих целей одну из наиболее подходящих модельных групп животных.

Литература

- Balogh, J., 1958: *Lebensgemeinschaften der Landtiere*, Budapest-Berlin.
- Boer, P.J. Den, 1977: Dispersal power and survival of Carabids in a cultivated countryside, Wageningen.
- Boer, P.J. Den, 1982: On the stability of animal populations or how to survive in a heterogenous and changeable world in Moszakowski, D. and Roth, G. (eds.): *Environmental Adaptation and evolution*, 211-230. Stuttgart - New York.
- Burmeister, F., 1939: *Biologie, Ökologie und Verbreitung der europäischen Käfer*, Band I., Krefeld.
- Душенков В.М., 1982: Основные закономерности сложения комплексов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в агроценозах. Докл. Акад. наук СССР, сер. зоол., 264: 250-252.
- Гильров М.С., 1975: *Методы почвенно-зоологических исследований*, Москва.
- Górný, M., Grím, L., 1981: *Metody stosowane w zoologii gleby*. Warszawa.
- Хотько Е.И., Ветрова С.Н., Матвеев А.А., Чумаков Л.С., 1982: *Почвенные беспозвоночные и промышленные загрязнения*, Минск.
- Кржановский О.Л., 1983: *Муки подотряда Aderhaga*. Фауна СССР, Жесткокрылые, том I, вып.2, Ленинград.
- Larsson, S.G., 1939: *Entwicklungstypen und Entwicklungszeiten der dänische Carabiden*. Ent. Medd. 20, 277-560.
- Lindroth, C.H., 1945-49: *Die Fennoskandischen Carabiden I - III*. Göteborg.
- Szyzsko, J., 1983: State of Carabidae (Col.) fauna in fresh pine forest and tentative valorisation of this environment. Warszawa.
- Szyzsko, J., 1983: Analysis of the Carabidae fauna in fresh coniferous forest habitats in Poland. Verh. SIEEC X. Budapest.
- Шарова И.Х., 1981: *Жизненные формы жужелиц*, Москва.
- Шарова И.Х., Матвеева В.Г., 1974: *Комплексы жужелиц пойменных лугов в ландшафтных зонах европейской части СССР*. В: Наумов С.П. (ред.): *Фауна и экология животных*, с. 3-18, Москва.
- Sustek, Z., 1980: Použitie Shannon-Wienerovej funkcie k porovnaniu narusenia ekosystémov. in Paule, L., (ed.): *Lesnícky výskum a výchova vedeckých pracovníkov v CSSR*. 1-15. Zvolen.
- Sustek, Z., 1981: Některé souvislosti zeměpisného rozšíření střevlíkovitých (Col. Carabidae) a jejich schopnosti pronikat do ekosystému urbanizované krajiny. *Zpravy Geogr. ust. CSAV*, řada 18, 30-40.
- Sustek, Z., 1983: An attempt at a possible application of zoogeographical criteria in bioindikation. *Zborník Živocísstvo ako indikátor zmien životného prostredia*. Bratislava 1982, 167-172.
- Sustek, Z., 1983: The bioindikative significance of body size structure of Carabidae. *Prace Slov. ent. spol. SAV Bratislava* 3, 215-227.
- Sustek, Z., 1983: Zeitkorrelierte Veränderungen der Alpha-Diversität verschiedener Carabiden-Zönosen in Mitteleuropa. *Biologia (Bratislava)*, 959-970.
- Sustek, Z., 1984: Bioindikative and prognostic significance of sex ratio in Carabidae. *Ekológia (CSSR)* 3, 3-22.
- Sustek, Z., 1984: Bioindikacne vlastnosti bystruskovitých a drobníkovitých (Coleoptera, Carabidae et Staphylinidae) stred-

európskeho veľkomesta. (Dizertacia), ÚBEV ČSĽV SAV Bratislava, 360 pp.

Шустек З., в печати: Биоиндикационная роль размерной структуры сообщества. Экол. кооперация.

Sustek, Z., v tlači: Theoretical distributions of the species (abundance relation in Carabid and Staphylinid communities as a measure of urbanisation pressure. Zborník Fauna urbanných a suburbanných systémov so zvláštnym zreteľom k Bratislave.

Thiele, H.U., 1977: Carabid beetles in their environments. Berlin - Heidelberg - New York.

Weismann, L., Svatarakova, L., Sustek, Z., 1984: The effect of four selected pesticides on the behaviour of caterpillars in Scotia vegetum Den. et Schief. Biológia (Bratislava) 39, 129-135.

МАСШТАБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОДЕНТИЦИДОВ, ИХ ТОКСИКОЛОГИЯ И ПУТИ ПРОНИКНОВЕНИЯ В БИОЦЕНОЗЫ

Р.И.Дмитриев

Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны природы и заповедного дела МСХ СССР, Садки-Знаменское, СССР

Наряду с известными положительными сторонами химизации сельского хозяйства имеет место и отрицательная, представляющая собой неэкологическое воздействие на нецелевых животных.

Одним из путей проникновения пестицидов в биоценозы являются систематические и широкомасштабные мероприятия по регулированию численности грызунов в различных зонах страны.

Представители семейства Мышьи (*Muridae*), подсемейства Ёмши (*Cricetinae*), подсемейства Полёвки (*Microtinae*), подсемейства Суслики (*Marmotinae*) становятся вредителями при увеличении численности популяций. Четыре вида сусликов из Ю, обитающих в СССР, причиняют наибольший вред агроценозам: малый (*Citellus pygmaeus* Pallas), крапчатый (*C. pusillus* Goldenst.), краснотопкий (*C. erythrogenus* Brand.), длиннохвостый (*C. undulatus* Pall.). Мышевидные грызуны систематически приносят урон сельскому хозяйству на территории 3-5 млн. га /8/.

Увеличение площадей, подлежащих обработке родентицидами, в настоящее время происходит за счет синантропизации звероценозов видов /34/, расширения ареалов грызунов при распашке целинных земель, обводнения степей, заимки пастбищ /7/, необходимости ограничения численности экзотропных серых крыс (*Rattus norvegicus* Berk.) /5, 26, 37/. Использование авиации позволяет уменьшать очаги вредности грызунов в короткие сроки и на больших территориях /11/. Так, ограничение численности песчанок полуденной (*Meriones meridianus* Pall.) и гребенчуковой (*M. tamariscinus*