

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

НАУЧНЫЕ  
ДОКЛАДЫ



БИОИНДИКАЦИЯ  
НАЗЕМНЫХ  
ЭКОСИСТЕМ

СВЕРДЛОВСК

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
Уральское отделение  
= = = = =  
Институт экологии растений и животных

Препринт

БИОИНДИКАЦИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Свердловск, 1990

УДК 591.5 + 502.5

БИОИНДИКАЦИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ.

Препринт. Свердловск: УрО АН СССР, 1990.

Рассматриваются результаты полевых и лабораторных методов исследования млекопитающих, амфибий, почвенных беспозвоночных с целью их использования биоиндикации и экологическом мониторинге. Обсуждаются особенности различных показателей, их реакция на антропогенные воздействия в зависимости от видов и принадлежности, возраста, физиологического состояния, стадии развития и т.п. Работа представляет интерес для широкого круга биологов, специалистов в области охраны природы, мониторинга окружающей среды, студентов медицинского профиля и биологических факультетов университетов.

Ответственный редактор д.б.н. О.А.Пястолова

Рецензент к.б.н. Л.А.Добринская

Б 21008 - 73(90) БО - 1990. © УрО АН СССР, 1990  
055(02)7

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БИОИНДИКАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АМФИБИЙ

Вершинин В.Л

Уровень развития производства и человеческой деятельности уже давно достиг глобальных масштабов. Еще Вернадский (1977) писал, что "...впервые в истории человечества мы находимся в условиях единого исторического процесса, охватившего всю биосферу планеты". Биосфера стала глобальным переносчиком последствий этого процесса. Самые удаленные биоценозы испытывают воздействие антропогенного пресса из-за фонового загрязнения, выпадения химически активных дождей, колебаний климата и т.д. В связи с этим растет осознание социальной значимости "первоичных" условий человеческого существования (Янилкий, 1987).

Наблюдаемые нами трансформации биогеоценозов в изменяемой человеком среде и примеры быстрой эволюции популяций показывают, что происходящие процессы, строго говоря, нельзя назвать деградацией, т.к. эти изменения представляют собой естественную реакцию сообществ на флюктуации среды (Шварц, 1976). Новые сообщества наиболее соответствуют созданной среде. Наша задача состоит в том, чтобы облегчить формирование продуктивных и стабильных биогеоценозов с необходимыми свойствами при антропогенных изменениях среды. Это значит, чтобы некоторая часть видов могла существовать в антропогенном ландшафте, нам также придется менять свои традиционные приемы хозяйствования. Для поддержания общего баланса биосфера на уровне, обеспечивающем оптимальное развитие человеческого общества, необходимо внедрение экологической экспертизы и экологического мониторинга в промышленное и сельское производство.

Наиболее широко применим и удобен экологический мониторинг

на усов, популяций и экосистем. В антропогенных ландшафтах уже сейчас на громадных территориях господствует несколько видов-убийц, выполняющих ведущую роль в поддержании природного баланса, т.е. в функционировании современной биосфера популяционные механизмы поддержания биогеоценологического равновесия играют большую роль, чем в нетронутой природе. Это и определяет главные направления научных исследований (Шварц, 1976).

Земноводные – удобный для мониторинга объект, их численность в местах обитания довольно велика, икра и личинки чувствительны к загрязнениям; в течение всей жизни они привязаны к относительно небольшой по площади территории. Продолжительность жизни амфибий в природе 4–7 лет (в отличие от мышевидных грызунов, живущих один сезон), что дает возможность изучать эффекты длительно-го действия антропогенных факторов.

Для сопоставления и оценки получаемых результатов все места обитания земноводных городской черты группируются по степени антропогенного воздействия. Приводимая типизация городских ландшафтов разработана нами на основе литературных данных и собственных материалов (Вершинин, 1983). В основе подразделения лежит этажность, плотность и другие особенности застройки, учитывается наличие бытового и промышленного загрязнения.

I зона – центральная часть города с многоэтажной застройкой, массивными асфальтовыми покрытиями, забранными в трубы реками.

II зона – районы многоэтажной застройки, примыкающие к центру города, включая территории с несложившимся окончательно архитектурным обликом; высок уровень бытового и промышленного загрязнения.

III зона – малоэтажная застройка, частные дома с садами и огородами, окраина города, пустыри, парки. Часто местообитания этой зоны смыкаются с лесопарками.

IV зона - лесопарковый пояс города. Находится, главным образом, под воздействием рекреационной нагрузки.

Для подробного исследования батрахофауны были выбраны те местообитания амфибий в городской черте, где численность позволяла проводить регулярные наблюдения и сборы материала. Размеры исследуемых участков определялись таким образом, чтобы охватывалась практически вся группировка, населяющая данное местообитание. Под местообитанием мы понимаем участок, ограниченный пространственно и заселенный группировкой амфибий одного или нескольких видов, отделенный от других подобных группировок территорией, лишней земноводных.

Для каждого местообитания, где проводились регулярные исследования, было составлено подробное описание. Гидрохимические особенности водной среды определялись шестикомпонентным анализом воды из основных водоемов в разных зонах города. Анализ проводился после окончания икрометания и по завершении личинками метаморфоза. Определяли также pH, биологическое потребление кислорода - НК<sub>5</sub>, перманганатную окисляемость, содержание нефтепродуктов и масел, количество поверхностно-активных веществ и тяжелых металлов. Все анализы были выполнены в ПТБ при УралНИИВХ. В работе использованы данные, собранные с 1977 по 1989 гг.

Объективная оценка состояния среды немыслима только на основе определения концентраций токсических соединений в воздухе, воде и почве, т.к. необходимо знать пути и механизмы действия тех или иных загрязнений на экосистемы. Окончательное заключение можно сделать лишь на основе обширных многолетних исследований.

Исходя из приведенной выше типализации мы условно называем уровень трансформации экосистем в зоне IV начальным, в зоне III - средним и в зоне II значительным.

#### I. Признаки начального уровня изменений.

### а) Изменение видового состава.

Хорошим показателем начальных стадий деградации среди является изменение видового состава земноводных. Так, в лесопарковой зоне практически отсутствует такой типично лесной вид как серая жаба (Вершинин, Топоркова, 1981). При оценке изменений видового состава необходимо ознакомиться с литературными сведениями о видовом составе изучаемой территории в прошлом.

### б) Падение численности и плотности.

Благодаря многолетним систематическим учетам количества кладок амфибий установлено падение численности фоновых для лесопарка видов амфибий в участках с растущей рекреационной нагрузкой (Вершинин, 1982; 1989). Учеты плотности животных проводились на пробных площадках размером 10x10 м и свидетельствуют о ее существенном снижении, в сравнении с контрольными участками (Вершинин, Криницаин, 1965; Вершинин, 1987). Для сравнения плотности кладок в однотипных водоемах неплохим показателем можно считать число кладок на 10  $m^2$  водной поверхности.

### в) Негативные изменения в популяциях лесных видов.

В популяции сибирского углозуба из участка лесопарка с растущей антропогенной нагрузкой и наибольшим уровнем загрязненности по тяжелым металлам отмечено падение среднего количества икринок в штуре со 102-97 в 1977-78 гг. до 56-71,3 в 1986-88 гг., которое последовало за снижением общего числа размножающихся животных. Средняя длина тела самок при этом существенно не изменилась. Пределы изменчивости числа яиц в штуре в популяциях лесопаркового пояса оказались шире, чем в загородной популяции 0-198 и 28-119 шт. суммарно за все годы наблюдений (Вершинин, 1989а). Различия в размахе изменчивости отражают, по-видимому, негативные изменения в группе производителей, т.к. минимальное количество икринок в штуре здесь доходит до 0-4 шт., а в заго-

родной популяции не бывает ниже 28. Доля таких кладок невелика (от 0,37 до 3,2%), но указанная тенденция сохраняется в течение ряда лет и наиболее ярко выражена в популяции с усиливающимся антропогенным воздействием. Известно, что в условиях загрязнения и трансформации среди обитания уже в популяциях лесопарковой зоны появляется ряд физиологических адаптаций на уровне особей (Вершинин, Терешин, 1989), что приводит к дополнительным энерго затратам (Шварц, 1980), факт резорбции части икры в условиях значительных антропогенных нагрузок отмечается в популяциях рыб (Кошелев, 1988).

Хорошим показателем того, что определенные изменения в состоянии популяции уже происходят и в дальнейшем могут иметь место более существенные необратимые изменения является рост величины асимметрии (Захаров, 1987). Мы использовали степень асимметрии кладок сибирского углозуба, вычисляемую путем деления меньшего числа икринок в одном из мешков к большему в другом мешке кладки (Басарукин, Боркин, 1984). В популяции из участка лесопарка с наибольшим загрязнением среди отмечается тенденция к увеличению доли асимметричных кладок (с различием между шнурами более 30%) до 16,2% против 10,2-11,7% в других популяциях пригорода. Различия между мешками могут достигать 89-100% (когда один из шнурков не содержит яиц или содержит аномально низкое их количество), в абсолютном выражении максимальная разница составляет 93 икринки. У углозубов с Сахалина (Басарукин, Боркин, 1984) различия между шнурами доходят до 45% и в абсолютном выражении равны 1-34 икринкам.

#### г) Аккумуляция загрязнений.

Известно, что длительность жизни земноводных позволяет, благодаря аккумуляции поллютантов, оценивать опасность существующе-

го уровня загрязнения для разных трофических ступеней экосистем (Hall, Kolbe, 1980; Buge, Kosta, Stegnar, 1975). Изучение содержания фтора в лесных экосистемах в районе криолитовых и алюминиевых заводов Урала показало, что амфибии концентрируют фтор в большей мере, чем другие зоологические компоненты экосистем — до 580 мкг на грамм сухого вещества (Любашевский и др., 1985).

Таким образом, для оценки начальных этапов трансформации экосистем удобно использовать изменения видового состава амфибий, численности фоновых видов, плотности, снижение плодовитости, рост асимметрии кладок, аккумуляцию загрязнений.

## 2. Средний уровень Изменений.

При данном уровне изменений в связи с ростом загрязненности и коренным изменением растительной компоненты сообществ исчезает сибирский углозуб; в популяциях амфибий заметно начинают преобладать негативные тенденции.

а) Рост встречаемости морфологических аномалий и появление аномальных кладок.

У всех обитающих здесь видов земноводных растет общая встречаемость морфологических аномалий (Вершинин, 1982, 1989), сюда относится постметаморфический отек, антимальная регенерация, аномалии развития, новообразования, аномалии генетической природы. О возможности использования частот встречаемости таких отклонений в биоиндикации свидетельствует целый ряд работ (Барановский, Кудоковев, 1988; Плисс, Худолей, 1979; Cooke, 1981; Dupert, 1986; Meyer-Rothow, Asashima, 1988; Rose, Harshberger, 1977). Отмечается повышение мутационного фона, так у остромордой лягушки с одной лишь мутацией проявляющейся в депигментации радужки, встречаемость на городской территории в целом более чем на порядок превышает ее частоту в контрольной популяции — 1,39 ( $n = 5050$ ) против 0,03% ( $n = 307$ ). У бурых лягушек на всей го-

родской территории отмечается кладки со значительным числом икринок без зародышей и без индивидуальных белковых оболочек (Вершинин, 1982; Вершинин *in litt*), частота встречаемости таких кладок от 0,3 до 12,5%.

б) Появление физиологических адаптаций на уровне особей.

В зонах Ш и П в связи с ростом фактора беспокойства отмечается достоверное ( $p = 0,01$ ) увеличение индекса  $Cor\%$  у сеголеток бурых лягушек (Вершинин, 1985). С помощью биофизических методов исследований (Терешин, 1979) нервно-мышечных препаратов взрослых самцов остромордой лягушки установлено, что животные из зон П и Ш обладают низкой мышечной возбудимостью (высоким порогом возбуждения) в сравнении с контрольными – 2,8–3,0 против – 1,9 м.сек, что говорит о наличии адаптивных изменений на уровне особей. Константа аккомодации нервных тканей у животных из зоны Ш и ее динамика в зоне IV оказалась достоверно ниже (3,4 и 2,4 против 5,2 и 4,2 м.сек в контроле соответственно), что также говорит о наличии адаптивных физиологических изменений на уровне особей при отсутствии ярко выраженных достоверных различий на популяционном уровне по другим показателям (Вершинин, 1987). Сходные результаты получены и по аккомодационной способности мышечной ткани. На наш взгляд, мышечная возбудимость может отражать степень беспокойства и уровень загрязненности в условиях урбанизации, а аккомодационная способность позволяет определить глубину адаптивных изменений в популяциях при антропогенной трансформации среды (Вершинин, Терешин, 1989).

Таким образом, средний уровень трансформации и загрязненности экосистем хорошо оценивается по росту встречаемости всех типов морфологических аномалий, повышению мутационного фона, появлению аномальных кладок у бурых лягушек и наличию физиологических адаптаций.

### 3. Значительный уровень изменений.

Амфибии, обитающие в зоне значительно преобразованной среды, характеризуются появлением ряда адаптивных особенностей популяционного ранга.

#### а) Специфика динамики численности.

На примере бурых лягушек установлено наличие высокой смертности на ранних этапах развития и резкое ее снижение в период метаморфического климакса (Вершинин, 1985). Dunson W.A., Connell J.

(1982) и Cecilia G., Just J.J. (1979) также рекомендуют использовать уровень смертности эмбрионов и личинок для оценки уровня загрязнения.

#### б) Фенотипические особенности.

На остромордой лягушке установлено укрупнение размеров тела сеголеток в группировках зоны II, что объясняется, с одной стороны, изменением поверхностно-объемного соотношения в пользу относительного уменьшения поверхности кожи, через которую поступают токсичные вещества, с другой стороны, - большей энергоемкостью, а следовательно, и лучшей выживаемостью крупных сеголеток (Шварц, 1980; Сгирь, 1981).

#### в) Специфика генетической структуры.

Изменение пространственной структуры, высокая локальная плотность при низкой численности производителей (Вершинин, Криницын, 1985) приводят к существенным изменениям генетической структуры. Возрастает частота морф стриата и других редких морф (Вершинин, 1980, 1982, 1985, 1987; Лебединский, 1984). Увеличение частоты близкородственных скрещиваний в этих условиях приводит к проявлению рецессивных мутаций, как правило, снижающих жизнеспособность особи (Гершензон, 1985; Flindt, 1985; Вершинин, 1987), проявляющихся в ряде случаев морфологически. Например - постаморфический отек с летальным исходом, необычная пигментация

отсутствие век, разные степени редукции элементов стопы и т.п.

г) Появление видов-интродуцентов.

Благодаря тепловому загрязнению среды в зоне II в результате интродукции появились и осуществляют воспроизведение две группировки озерной лягушки (Вершинин, 1981).

Значительный уровень трансформации экосистем определяется по специфике динамики численности личинок и сеголеток бурых лягушек с повторными отловами. Мечение личинок производится раствором нейтрального красного (Cooke, 1978; Смирнов, Сурова, 1979) на 44 и 49-й стадиях (Дабагян, Слепцова, 1974), а мечение сеголеток — массовой меткой отрезанием дистального фаланга пальца (Вершинин, 1987). Допускается использование других методов мечения сеголеток и личинок (Cecil, Just, 1978; Honegger, 1979). Существенные изменения генетической структуры выявляются благодаря учетам встречаемости редких морф и мутаций. Изменения среды вызывают укрупнение размеров тела сеголеток остромордой лягушки и приводят к возникновению популяций видов-интродуцентов, способных существовать только в измененной человеком среде.

В настоящей статье мы не даем подробных рекомендаций, т.к. большинство наших результатов получено традиционными зоологическими методами. Гораздо важнее, на наш взгляд, выделить основные направления работы, позволяющие правильно и быстро осуществлять мониторинг и бионикацию. Приведенные выше показатели и методы сознательно даны вместе с конкретными результатами, полученными с их применением, поскольку мы считаем, что в зависимости от конкретных целей исследований и регионов, в которых они проводятся, необходим выбор оптимальных методик и видов, наиболее адекватно отражающих антропогенные изменения среды. С одной стороны, это должны быть широкораспространенные массовые виды, с другой — виды, обладающие достаточной чувствительностью к транс-

формации биогеоценозов. Необходим постоянный поиск новых методов, позволяющих проводить экопрессо-оценку состояния экосистем.

## ЛИТЕРАТУРА

- рановский А.Э., Кудокоцев В.П. Влияние некоторых загрязнителей на процессы регенерации наружных органов у водных позвоночных и перспективы расширения круга объектов для биоиндикации токсичности воды // Рад. использ..., охрана, воспр-во биол.ресурсов и экол.воспитание. - Запорожье, 1988. - С.209.
- сарукин А.М., Боркин Л.Я. Распространение, экология и морфологическая изменчивость сибирского углозуба, *Hypobius keyserlingi*, на острове Сахалин // Труды Зоологического института АН СССР. - Т.124. - Л.: 1984. - С.12-54.
- рнадский В.И. Размышления натуралиста. М., 1977. Кн.2: Научная мысль как планетарное явление. - С.63.
- ршинин В.Л. Предварительная оценка влияния антропогенных факторов на амфибий Свердловска // Проблемы экологии, рационального использования и охраны природных ресурсов на Урале. - Свердловск, 1980. - С.117-118.
- ршинин В.Л. *Rana ridibunda* в черте города Свердловска // Вопросы герпетологии. Л., 1981. - С 32-33.
- ршинин В.Л. Городские группировки земноводных как критерий оценки состояния мелких водоемов // Проблемы экологии Прибайкалья. Ч.1. Иркутск, 1982. - С.8.
- ршинин В.Л. Видовой состав и биологические особенности амфибий промышленных городов Урала /Автореф. канд. дисс. ... биол. наук. Свердловск, 1983. - 27 с.
- ршинин В.Л. Материалы по росту и развитию амфибий в условиях большого города // Экологические аспекты скорости роста и развития животных. - Свердловск, УНЦ АН СССР, 1985. - С.61-75.

- Вершинин В.Л. Динамика численности личинок и сеголеток остромордой лягушки в условиях промышленного города // Вопросы герпетологии. - Л., 1985а. - С.46-47.
- Вершинин В.Л. Активные особенности группировок остромордой лягушки в условиях крупного города // Экология, 1987. - № 1. - С.46-50.
- Вершинин В.Л. Влияние изоляции на встречаемость морфологических aberrаций у амфибий города // Областная молодежная научно-практическая "кола-конференция "Экологические системы Урала: Изучение, охрана, эксплуатация" - Свердловск, 1987а. - С.II.
- Вершинин В.Л. Встречаемость депигментации радужины в городских группировках остромордой лягушки // Экология популяций. Ч.1. - Новосибирск, 1988. - С.89-91.
- Вершинин В.Л. Морфологические аномалии амфибий городской черты // Экология, 1989. - № 3. - С.58-66.
- Вершинин В.Л. Изменчивость числа яиц в кладках сибирского углозуба в зоне рекреации // Вопросы герпетологии. - Киев, 1989а. - С.45-46.
- Вершинин В.Л., Топоркова Л.Н. Амфибии городских ландшафтов // Фауна Урала и Европейского Севера. - Свердловск, 1981. - С.48-56.
- Вершинин В.Л., Криницын С.В. Плотность в группировках остромордой лягушки в зависимости от степени урбанизации // Проблемы экологического мониторинга и научные основы охраны природы на Урале. - Свердловск, УНЦ АН СССР, 1985. - С.9-10.
- Вершинин В.Л., Терешин С.Ю. О возможности использования теста на функциональное состояние возбудимых тканей амфибий для контроля качества среди // Актуальные проблемы эколо-

- гии: Экологические системы в естественных и антропогенных условиях среды. - Свердловск, УрО АН СССР, 1989. - С.15-16.
- Гершензон М.С. Микроэволюция, полиморфизм и доминантные мутации // Природа, 1985. - № 4. - С.86-89.
- Дабагян Н.В., Слепцова Л.А. Травяная лягушка *Rana temporaria* L. // Объекты биологии развития. - М., 1975. - С.442-462.
- Захаров В.М. Асимметрия животных (популяционно-генетический подход). М., 1987. - 216 с.
- Кошелев Б.В. Особенности адаптивных преобразований популяций, кинетика рыбных сообществ и изменение индивидуального развития особей в разных условиях обитания // Экология популяций. Ч.2. - Новосибирск, 1988. - С.159-161.
- Лебединский А.А. Земноводные в условиях урбанизированной территории (на примере г.Горького) / Автореф.канд.дисс. ... биол. наук. М., 1984. - 23 с.
- Любашевский Н.М., Садиков О.Ф., Полов Б.В. и др. Техногенный фактор в лесных экосистемах Урала // Биохимическая экология и медицина. Вып.2. - Свердловск, УНЦ АН СССР, 1985. - С.234-272.
- Плисс Г.Б., Худолей В.В. Онкогенез и канцерогенные факторы у низших позвоночных и беспозвоночных животных // Экологическое прогнозирование. - М., 1979. - С.167-185.
- Северцов А.С., Сурова Г.С. Влияние хищников на популяцию голодающих травяной лягушки (*Rana temporaria*) // Зоол. журнал, 1979. - Т.58. - Вып.9. - С.1374-1379.
- Терешин С.Ю. Сравнительная характеристика компонентов озера Молтаво // Актуальные вопросы физиотерапии и курортологии в условиях Западной Сибири. - Тюмень, 1979. - С.41-42.
- Шварц С.С. Экология человека: новые подходы к проблеме "Человек

- и природа"//Будущее науки: Международный ежегодник.  
-Вып.9. -М., 1976. -С. 165-172.
- Шварц С.С . Экологические закономерности эволюции. М.,  
1980.- 278 с.
- Яницкий О.Н. Экологическая перспектива города. М.,1987.-  
278с.
- Byrne A.R., Koste L., Stegnar P. The occurrence of mercury in  
amphibia//Environ.Lett.-1975.-8, № 2. P.147-155.
- Cooke A.S. Marking tad poles with neutral red// Brit.J.  
Herpetol.-1978.-5.-P.701-705.
- Cooke A.S. Tadpoles as indicators of harmful levels of  
pollution in the field//Environ.Pollut.,1981.,Ser. A. -  
25.-P. 123-133.
- Cecil S.G.,Just J.J. Use of acrylic polymers for marking of  
tadpoles (Amphibia Anura)//J.Herpetol.,1978.-V.12, № 1.  
-P.95-96.
- Cecil S.G.,Just J.J. Survival rate, population density and  
development of a naturally occurring anuran larvae (*Rana*  
*catesbeiana*)//Copeia,1979.-№ 3.-P.447-453.
- Dumpert K. Tests with the South African clawed toad  
(*Xenopus laevis*) for detecting chemical causes of the  
decrease of amphibians//Chemosphere,1986.-V.15, № 6. -P.  
807-811.
- Dunson W.A.,Connell J. Specific inhibition of hatching in  
amphibian embryos by low pH//J.Herpetol., 1982.-V.16, №  
3.-P.314-316.
- Flindt R. Untersuchungen zum aucretein von mißgebildeten  
wechselkröten (*Bufo viridis*) in einen steinbruch in  
Valingen - Roßwag//Jahresh.Ges.Naturk.Württemberg, 1985.

- № 140.-P.213-233.

Hall R., Kolbe E. Bioconcentration of organophosphorus pesticides to hazardous levels by amphibians//J. Toxicol.and Environ.Health, 1980.-V.6, № 4.-P.853-860.

Honegger R.E. Marking amphibians and reptiles for future identification//Int.Zoo.Yearb. V.19.- London,1979. -P. 14-22.

Myer-Rochow B.V., Adashima M. Naturally occurring morphological abnormalities in wild populations of the Japanese newt *Cynops pyrrogaster* (Salamandridae; Urodea; Amphibia)//Zool.Anz.,1988.-V. 221, № 1-2. -P. 70-80.

Rose P.L., Harshberger J.C. Neoplastic and possibly related skin lesions in neotenic Tiger salamanders from a sewage lagoon//Science,1977. -V.196, № 4287.-P. 315-317.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ В БИОИНДИКАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

О.А.Пястолова, Е.А.Трубецкая

Земноводные – самый малочисленный класс позвоночных (в мировой фауне 3373 вида). На территории СССР обитает всего 33 вида (Банников и др., 1977), большинство из которых является узкоареальными, имеет небольшую численность и подлежит охране. По-видимому, это явилось одной из причин немногочисленных исследований по применению этой группы животных в качестве индикаторов окружающей среды. Однако в последние годы появился ряд работ, авторы которых, используя различные подходы и методы, обосновывают положение о возможности использования земноводных для целей мониторинга (Вершинин, 1983; Кубанцев, Жукова, 1982; Бугаева, 1963; Шарыгин, 1979 и др.). Анализируя имеющиеся литературные и собственные материалы, рассмотрим критерии, по которым определяется пригодность амфибий как биоиндикаторов.

## Критерии отбора видов амфибий для биоиндикации

1. Широкое распространение. Ареал должен охватывать различные ландшафтно-климатические зоны, включая лесотундровую и лесостепную. Узкоареальные, исчезающие, подлежащие охране виды не могут быть использованы.

2. Обитающие на нашей территории виды имеют в основном небольшие размеры (15–20 г), поэтому их численность должна быть достаточной для сбора необходимых материалов. Здесь также надо учитывать разрешающую возможность метода. Для микроэлементного анализа минимальная величина навески должна составлять около 5 г сухого веса (? 3 г золы) какой-либо ткани организма.

3. В силу биологических особенностей (несовершенное строе-

ние наземных органов дыхания, постоянное испарение влаги с поверхности кожи и др.) ограничивающим фактором для земноводных является влажность, а отсюда их приуроченность к влажным биотопам, отсутствие больших миграций. Это позволяет использовать амфибий в качестве объекта исследований степени загрязненности организмов в соответствии с развитием определенного вида промышленности.

4. Принадлежность к нескольким звеньям трофодинамической цепи. В этом плане амфибии занимают особое место. Взросле животные являются хищниками. Они поедают те объекты, которых в данной местности много. В их рацион входят насекомые (комары, москиты, оводы, слепни и их личинки), моллюски, черви и даже позвоночные. Сами земноводные являются пищей для некоторых видов пресмыкающихся и млекопитающих (Шварц, 1948). Личинки амфибий питаются, в основном, растительной пищей (диатомовые и зеленые водоросли и другие водные растения). Животный корм в их рационе составляет небольшой процент. Являясь консументами I, II, III порядков, земноводные выполняют связующую роль между трофическими звеньями водных и наземных экосистем (Гаранин, 1977). Как правило, отходы промышленности распространяются на значительные территории и весной с помощью талых вод и осадков смыкаются в понижения, где концентрируются в почве, или, в водной и прибрежной растительности, и развивающиеся там личинки земноводных могут явиться первым звеном в транспорте токсикантов в вышеупомянутые звенья трофической цепи.

5. Непременное условие используемых для целей мониторинга видов - это их принадлежность к естественным сообществам. Поэтому не следует отлавливать животных в садах, огородах, вблизи поселков, на урбанизированных территориях и т.д. В результате длительного контакта с человеком у животных могут вырабаты-

ват ся определенные приспособления к действию различных токсикантов, а также выведению их из организма.

6. Для сбора материала по амфибиям не требуется сложных и дорогостоящих приборов и инструментов. При достаточной численности взрослых животных можно ставливать без каких-либо приспособлений или с помощью канавок и цилиндров; головастиков – с помощью сачка.

#### Выбор показателей, пригодных для индикации

При выборе органов и тканей, пригодных для взятия проб на загрязненность, следует учитывать размещение животных на территории, особенности развития, функциональное значение органов и тканей, их способность аккумулировать различные токсиканты.

Следует также иметь ввиду, что в воде токсические вещества способны находиться в растворенном виде и проникать в организм через кожные покровы.

В качестве критерия оценки загрязненности организма можно использовать содержание, распределение и динамику микроэлементов в отдельных органах и тканях и в целом организме. У взрослых амфибий для определения содержания микроэлементов используют кости, мышцы, печень, гонады. С помощью методики полу涓оличественного эмиссионного спектрального анализа можно определить до 40 химических элементов (Шаригин, 1979). Однако при определении микроэлементов для одной пробы требуется не менее 10 особей из одного пункта. По понятным причинам в антропогенном ландшафте сделать это не только трудно, но и нежелательно. Следует учитывать и реакцию животных на возмущающие факторы: взрослые особи менее чувствительны, чем организмы в период закладки формирования органов и систем (Айверсон, 1979). Поэтому полагаем, что наряду со взрослыми животными (где это возможно)

следует использовать в качестве биоиндикаторов личинок амфибий.

Используя яйца и личинок амфибий в качестве тест-объекта также имеется в виду возможность параллельной постановки модельных опытов и наблюдений в природе. Кроме того характерные изменения, происходящие у амфибий в течение постэмбрионального развития, осуществляющиеся путем метаморфоза, легко поддаются качественному и количественному определению. Поэтому для оценки влияния загрязнений на отдельные организмы и состояние популяций в целом в качестве параметров можно использовать: выживаемость яиц и личинок, морфофизиологические (размеры печени), цитологические (размеры гепатолитов, их ядер, цитоплазмы, наличие или отсутствие липосом) показатели и уровень обмена сеголеток.

I. Для учета эмбриональной смертности амфибий лучше всего использовать икру лягушек, которые откладывают ее в виде комка. Как правило, развитие яиц в кладке проходит дружно и к концу эмбриогенеза легко подсчитывать количество нормально развивающихся, недоразвившихся и погибших яиц. В подверженных загрязнению водоемах смертность бывает значительно выше (иногда в 2-4 раза), чем в норме. Однако при этом необходимо учитывать колебания температуры воды. Длительное воздействие низких температур ( $0^{\circ}\text{C}$ ) оказывает губительное действие на развивающиеся яйца даже северных популяций лягушек (Herreid, Kinney, 1966).

Используя в качестве показателя личиночную смертность следует учитывать такие факторы, как наличие хищников, плотность личиночных популяций, стадии развития. Личиночную смертность в естественных условиях учесть трудно. Она малоизвестна и проявляется лишь в случаях массовой гибели. Однако, присутствие в воде повреждающих факторов сказывается на внешнем облике головастиков

ког. К концу личиночного периода развития они имеют не характерную для них грушевидную форму тела, отечные и гиперемированные задние конечности, сильно выступающий осевой скелет. Встречаются животные с искривленными хвостами, с белыми пятнами на коже, со сплюзающим с хвостового плавника эпидермисом. Наиболее распространенные изменения у головастиков из загрязненных водоемов – отечность брюшной полости и вздутий, заполненный слизью кишечник. Такие животные к концу личиночного периода развития, при смене среды обитания элиминируют из популяции.

2. Наряду с антропогенными факторами на темпы роста и развития личинок амфибий оказывают влияние температура и химизм воды, сроки икрометания, плотность популяции, продукты метаболизма животных, кормовые ресурсы, в результате действия которых увеличивается вариабельность исследуемых показателей. Высокий коэффициент вариации или его резкое снижение в середине личиночного периода развития может служить лишь сигналом неблагоподучного состояния популяции. Поэтому использование скорости роста и развития в качестве самостоятельных параметров для оценки степени загрязнения среди не представляется возможным. Однако, экспериментальные и полевые исследования, проведенные нами, позволяют считать, что изучение в комплексе скорости роста, относительного прироста и вариабельности размеров тела на протяжении всего периода личиночного развития с учетом внешних факторов может служить оценкой состояния популяции.

3. Печень – мультифункциональный орган, выполняющий экскреторную, трофическую, защитную, кроветворную и др. функции. Токсические вещества, попадающие в организм, в первую очередь накапливаются в печени и богатых липидами тканях (Барбье, 1978). Одним из наиболее чувствительных показателей, реагирующим на

повышенное содержание в среде микроэлементов, С.С.Шварц (1954) считает относительные размеры печени. При этом отмечена неоднозначность действия различных микроэлементов на весовые показатели в период раннего онтогенеза. Так, повышенное содержание в воде меди вызывает резкое увеличение, а никеля — торможение роста печени у головастиков остромордой лягушки. Наблюдения, проведенные в природе, в условиях техногенного ландшафта показали что относительные размеры печени могут увеличиваться до 60-70%, что превышает контрольные показатели на 20-30% (Пистолова и др., 1981). Учитывая, что большинство личинок амфибий развиваются в небольших водоемах и лужах, питающихся в основном за счет талых вод и атмосферных осадков, и способность их печени концентрировать токсикианты, считаем возможным использовать относительный вес печени в качестве критерия опаски загрязнения организма.

4. Из ранних работ (Самохвалова, 1929) известно, что внешние и внутренние факторы, нарушающие физиологическое состояние организма, оказывают влияние на размер клеток. Однако сведений о влиянии химических веществ на размеры гепатопитов, ядер и их соотношение крайне мало (Вермель, 1940). Под влиянием промышленных загрязнений клетки печени могут изменяться, при этом увеличивается размер ядра, а цитоядерное соотношение уменьшается. В благоприятных условиях клетки имеют тенденцию сохранять постоянное отношение между цитоплазмой и ядром. Экспериментально установлено, что в слабых растворах некоторых химических соединений (сульфат меди, сульфат натрия, хлористый натрий) в среднем клетки печени сеголеток больше варьировали, чем у контрольных животных, и количество клеток более крупных размерных классов было выше. В растворах этих же солей, но сильных концентраций, средние размеры гепатопитов меньше. По-видимому, это связано с более жестким отбором, высоким уровнем обмена и интенсив-

ним расходованием питательных веществ. Цитологический анализ животных из загрязненных водоемов подтвердил результаты экспериментов.

Таким образом цитологические исследования печени выходящих на сушу голеток являются хорошим показателем состояния популяции, подверженной влиянию антропогенных загрязнений. Увеличение ядер в первую очередь свидетельствует о загрязнении водоемов, и для скорости проверки состояния популяции можно использовать только этот показатель.

5. К началу метаморфического климакса в гепатоцитах увеличивается содержание гликогена, полисахаридов, липидов (Quetant, 1973 и др.). Также была высказана мысль о том, что под личинки не сделают минимального запаса энергии, их метаморфоз невозможен (Сгиря, 1981). Исследуя клетки печени, нетрудно проследить за содержанием в них липидов и использовать этот показатель в качестве индикатора загрязнения среды. Исследованиями Е.А.Бугаевой (1983) обнаружено начало образования жировых включений в гепатоцитах головастиков юстромордой лягушки в "чистых" водоемах на 25–26 стадиях развития, в водоемах, подвергнутых антропогенному загрязнению, позднее – на 26–28 стадиях. В период метаморфического климакса, когда животные не питаются, затраты энергии в связи с перестройкой личиночных органов и тканей "увеличиваются", идет интенсивное расходование жировых запасов. В клетках животных из "чистых" водоемов липиды сохраняются после окончания метаморфоза. Таким образом развитие животных под воздействием неблагоприятных факторов сопровождается замедлением процесса накопления и интенсивным расходом липидов в период метаморфического климакса. Это снижает жизнеспособность молодых особей, рекрутируемых в популяцию.

6. Наряду с генеративными параметрами при выборе кри-

териев оценки загрязненности среды и ее влияния на биоту может быть использован уровень обмена веществ. Показано, что интенсивность обмена животных, развитие которых проходило в антропогенном ландшафте, выше, чем у гамалеток из "чистых" районов. Это в свою очередь ведет к увеличению энергозатрат и отражается на выживаемости животных.

#### Методики отбора проб

Для оценки состояния популяций амфибий в районе действия промышленных предприятий прежде всего необходимо подобрать водоемы, которые являются местами икрометания. Они должны находиться на различном расстоянии от источника загрязнений. Это позволяет проводить анализ в сравнительном плане. Необходимо давать полное описание водоемов (форма, площадь водного зеркала, глубина, освещенность, температура воды, характер грунта, происхождение, месторасположение относительно источника загрязнения, видовой состав растений и животных, гидрохимический анализ воды и грунта)

Лягушки обычно откладывают икру в неглубокие, хорошо прогреваемые солнцем водоемы или заводы, где нет сильного течения. Кладка икры около суток может лежать на дне; затем вслыхивает. За развитием икры легко проследить и в природе, и в условиях лаборатории. В зависимости от возраста и вида самки откладывается от 500 до 2750 яиц. В оптимальных условиях выклет личинок происходит на 4–5 сутки. В этот момент кладку следует взять из водоема, поместить в кристаллизатор и подсчитать соотношение вылупившихся личинок, недоразвившихся и погибших яиц. Обычно из одного водоема исследуются не менее 5 кладок. Затем исследуемые кладки возвращаются в водоем.

Начальная плотность (число личинок на 1 л воды) определяет-

ся с помощью следующих параметров: примерного объема воды в водоеме, количества кладок и среднего числа яиц в кладке с учетом их выживаемости. В конце периода, перед метаморфозом плотность личинок определяется с помощью биоценометра. Подсчитывается количество личинок, попавших в объем воды биоценометра в момент измерения. Плотность можно определять и с помощью мечения головастиков нейтральным красным (Северцов, Сурова, 1979).

Количественный учет завершивших метаморфоз и выходящих на сушу животных сопряжен с большими трудностями. Для их учета мы использовали все подручные средства, укладывая по периметру водоема доски, палки, ветки, под которыми обычно прячутся первые 10-12 часов после выхода на сушу животные. Под этими укрытиями их достаточно легко можно учесть. Подсчет следует проводить не менее трех раз в сутки и таким образом можно установить пропент вышедших на сушу животных по отношению к отложенной икре, процентное соотношение морфотипов, морфологические аномалии, динамику сроков развития всей популяции личинок.

Для получения данных по динамике роста и развития личинок ежедельно из разных участков водоема сачком берется проба не менее 30 особей. Длина тела каждого животного измеряется штангенциркулем с точностью до 1 мм, взвешивание производится на торсионных весах с точностью до 1 мг. Предварительно каждое животное обсушивается фильтровальной бумагой. Величину относительного прироста массы тела личинок за каждые 7 дней определяли по формуле:

$$R = \frac{V_2 - V_1}{\frac{1}{2} (V_2 + V_1)}$$

где  $V_1$  и  $V_2$  — средний вес выборки животных в начале и в конце периода соответственно (Шмальгаузен, 1935). Стадии развития определяются по классификации Н.В. Терентьева (1950). После взятия

промеров животные возвращаются в водоем. После разборки хвоста и выхода животных на сушу из каждого водоема берется проба 30 особей для морфофизиологических исследований. Сеголетки взвешиваются, измеряются, умерщвляются декапитацией, вскрываются, спределяется вес печени, готовятся ее препараты. Работа выполняется в соответствии с "Правилами проведения научных исследований с использованием экспериментальных животных", утвержденными распоряжением Президиума АН СССР от 2 апреля 1980 г. № 12200-496.

Печень сеголеток - самый крупный, хорошо препарируемый орган в норме темно-красного цвета. Взвешивание производится на торсионных весах, индекс печени определяется как отношение веса печени к весу тела, выражается в промилях.

Исследование цитологических показателей производится по следующей методике. На чистое обезжиренное предметное стекло наносится отпечатки печени (мазки или растирание между стеклами) приводят к сильному повреждению и деформации клеток) и 5 минут фиксируют метанолом. Препараты окрашиваются по методу Романовского (Ромейс, 1953). По этой методике препараты изготавливаются быстро и сохраняют свои истинные качества несколько лет.

С помощью рисовального аппарата РА-4 при увеличении светового микроскопа 10x20 с каждого препарата зарисовывается 100 клеток. Измерение цитоплазмы и ядра производится по двум перпендикулярным диаметрам, вычисляется площадь проекции клеток по формуле  $\pi$  круга.

Определение сроков исчезновения липосом производится следующим образом. Из каждого водоема отлавливали 50 особей 30 стадии развития, через сутки животных, достигших 31 стадии развития, помещали в отдельный кристаллизатор. Животных не кормили и содержали при температуре 20°C, ежедневно вскрывали, готовили

проплачи печени и определяли наличие липосом.

Газообмен у сеголеток определяли по количеству выделенного  $\text{CO}_2$  с помощью оптико-акустического газоанализатора ОА-550I (Добринский, Малафеев, 1974). Учитывая существенные различия размеров сеголеток, три вычисления дыхательного обмена исходили из известного правила Рубнера (количество выделенного  $\text{CO}_2$  относили к величине, определяемой как  $\sqrt[3]{P^2}$  час, где  $P$  - вес животного). После измерения уровня метаболизма животных выпускали в район их изъятия.

Итак, для контроля за изменениями, происходящими в природной среде в результате хозяйственной деятельности человека в комплексе видов-индикаторов, наряду с другими группами животных целесообразно использовать амфибий. При этом следует учитывать влияние среды как на ранние этапы онтогенеза, так и на взрослых животных. Получение объективной оценки в каждой конкретной ситуации возможно только при использовании совокупности показателей.

## Л и т е р а т у р а

- Айверсон Р.Л. Использование биологических индикаторов для мониторинга загрязнения морской среды // Человек и биосфера. 1979. Вып.3. - С.75-85.
- Банников А.Г., Даревский И.С., Ищенко В.Г., Рустамов А.К., Щербак Н.Н. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР. - "Просвещение", 1977. С.II.
- Барбье М. Введение в химическую экологию. - М.: Мир, 1978. - С.150.
- Бугаева Е.А. Влияние антропогенных факторов на рост, развитие и выживаемость личинок остромордой лягушки / Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Свердловск, 1983. С.5.
- Бермель Е.М. Исследование о клеточных размерах // Уч. зап. Моск. гос. пед. ин-та. М., 1940. Вып.1. С.7-131.
- Вершинин В.Л. Материалы по росту и развитию амфибий в условиях большого города // Экологические аспекты скорости роста и развития животных. Свердловск, 1983. С.17.
- Гаранин В.И. О месте амфибий и рептилий в биогеоценозах антропогенного ландшафта // Вопросы герпетологии. Л., 1977. Вып.4. С.63-64.
- Добринский Л.Н., Малафеев Ю.М. Методика изучения интенсивности выделения углекислого газа мелкими полихилотермными животными с помощью оптико-акустического газоанализатора // Экология, 1974. - № 1. - С.73-78.
- Кубанцев Б.С., Жукова Т.И. Некоторые экологические результаты антропогенных воздействий на популяции и среду обитания озерной лягушки // Экология, 1982. - № 6. - С.46-51.
- Пастолова О.А., Бугаева Е.А., Большаков В.Н. Личинки амфибий как биоиндикаторы загрязнения среды // Вопросы герпетологии

- л. л., 1981. С. III2.
- Ромейс Б. Микроскопическая техника. М.: Иностранная литература, 1953. С.324.
- Самохвалова Г.В. Величина клетки и величина тела // Тр. лаб. эксперим. биол. Московского зоопарка. М., 1929. Вып.4. С.186-189.
- Северцов А.С., Сурова Г.С. Гибель личинок травяной лягушки и факторы, ее определяющие. - Зоол.ж., 1979. Т.УШ, вып.3. С.393-403.
- Терентьев П.В. Лягушка. М.: Советская наука, 1950. С.354.
- Шарыгин С.А. Микроэлементы в организме некоторых амфибий и рептилий и их динамика под влиянием антропогенных факторов / Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Свердловск, 1979. С.49.
- Шварц С.С. О специфической роли амфибий в лесных биоценозах в связи с вопросом об оценке животных с точки зрения их значения для человека. - Зоол.ж., 1948. Т.27, вып.5. - С.441-445.
- Шварц С.С. Влияние микроэлементов на животных в естественных условиях рудного поля // Тр. Биогеохим. лаб. АН СССР. 1954, т.10. С.70-81.
- Шмальгоузен И.И. Определение основных понятий и методика исследования роста // Рост животных. М.; Л., 1935. С.231.
- Crump M.L. Energy accumulation and amphibian metamorphosis. - *Oecologia*, vol. 49, N 2, 1981, p.167-169.
- Herreid C.F., Kinney S. Survival of *Alaskan* *v. odfrog* (*Rana sylvatica*) larvae. - *Ecol. gy*, 1966, vol.47, 6, p.1039-1041.
- Quetant R. Conséquences de l'effect de groupe chez le tetrad d'*Alytes obstetricans* Laur. variations pondérales et structurales .. - *Z Anat. und Entwicklungs*. 1973, vol.140, N.2, p.173-186.

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА  
НА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Л.С.Некрасова

Для целей зоологического мониторинга чаще берут таких животных, которые обильны и достаточно оседлы. Этими свойствами обладают многие виды почвенных и водных беспозвоночных животных.

Исследования по действию выбросов медеплавильного производства на почвенную мезофауну и личинок кровососущих комаров мы проводили около Карабашского комбината, который расположен в подзоне южной тайги Урала. В данной работе мы хотим показать, какие параметры при изучении мезофауны и комаров оказались информативны и пригодны для зоиндикации, как мы определяли их взаимосвязь с другими характеристиками экосистемы.

Почвенные беспозвоночные (мезофауна). Термин "мезофауна" применяется ... о отношении к крупным беспозвоночным животным (Количественные методы ..., 1987). Для их сбора мы ползовались стандартной методикой почвенных раскопок с последующей разборкой вручную. Пробы размером 50 x 50 x 30 см<sup>3</sup> брали : 10-кратной повторности на каждом исследованном участке. Животных взвешивали на торсионных и технических весах. При обработке материала использовали обычные статистические методы (Лакин, 1980; Количественные методы..., 1987).

В районе Карабашского комбината мы выбрали участки во вторичных злаково-разнотравных эсах. Четыре из них расположены в юго-восточном направлении, по направлению преобладающих в этом районе ветров, два - в противоположном, северо-западном направлении от МК. Все участки располагались на середине юго-восточ-

и... с тонов холмов. Почвы района - бурные горно-лесные (Фирсова, 1977; Черненъкова, 1985). Участок I расположен в 2,3 км от МК в зоне безлесных эродированных урочищ (по Макуиной, 1978). Участок 2 представляет собой изреженный угнетенный березняк, расположенный в 3,5 км от МК на юго-восток. Участок 3 выбрали в березняке Ильменского горного хребта в 9,5 км от комбината. Участок 4 расположен в злаково-разнотравном березняке в 15 км на юго-юго-восток от КМ вблизи границы Ильменского заповедника. Участки 5 и 6 выбраны в северо-западном направлении в 3,5 и 6,5 км от комбината в березняке с подростом листвы, пихты, сосны.

На рис. I и в табл. I видно, что различия между участками по численности и биомассе почвенных беспозвоночных оказались значительными. Проявилась четкая тенденция уменьшения общей численности и биомассы животных по мере приближения к источнику загрязнения. Такое же уменьшение числа и обилия отмечали и в других природных зонах около предприятий с аналогичными выбросами (Тихомирова и др., по Черненъковой, 1965; Большаков и др., 1986; Степанов, 1986; Рябинин и др., 1988). Участки 3 и 4 (9,5 и 15 км от МК) по численности и биомассе оказались ближе, чем другие участки, похожи на леса Ильменского заповедника (Коробейников, 1977), коренные и производные леса южной тайги Ярославской и Пермской областей (Перель, 1967; Воронов., 1987).

На разном расстоянии от МК различалась и изменчивость мезофауны. На рис. 2 показано, как меняется радиальность численности беспозвоночных. Судя по коэффициентам вариации, больше всего она была на безлесной горе. На более чистых участках изменчивость оказалась ниже. Таким же образом зависела от удаления от МК изменчивость биомассы животных. Считают,

Таблица I.

Численность и масса почвенных беспозвоночных в районе  
медицинского комбината

месяц	Направление и расстояние от МК (км участка), км				Северо-западное
	2,3 (I)	3,5 (2)	9,5 (3)	15,0 (4)	
май	7,6±3,6 60,2±39,6	14,0±4,0 234,2±70,0	62,0±8,4 3579,0±1869,8	175,2±38,1 63955,2±18596,7	20,4±4,5 295,2±54,0
июнь	6,0±3,0 43,0±22,5	10,0±2,6 166,6±66,8	43,6±9,6 1068,0±301,2	74,0±11,3 19408,2±4190,8	5,6±2,4 171,2±88,2
июль	5,6±3,4 7,4±4,7	22,4±6,9 1826,2±978,9	63,6±9,0 3167,6±517,2	181,6±29,0 60837,2±11854,4	14,8±3,3 321,8±102,9
август	5,6±3,9 106,0±96,3	9,6±1,7 542,2±32,1	38,0±8,4 1715,4±598,4	80,8±14,4 32355,4±9392,2	II,6±3,9 180,8±66,7
					I2,4±2,7 1100,8±658,9

Примечание: В числителе – численность (экз./м<sup>2</sup>), в знаменателе – биомасса животных (мг/м<sup>2</sup>)

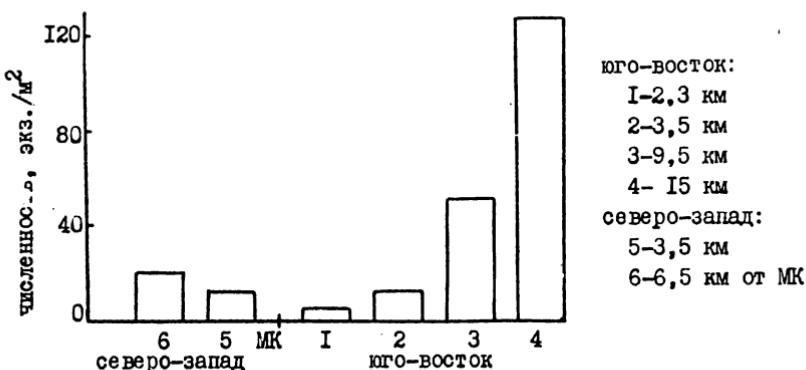


Рис.1. Численность животных на участках I-6 в районе медеплавильного комбината (1988 г.).

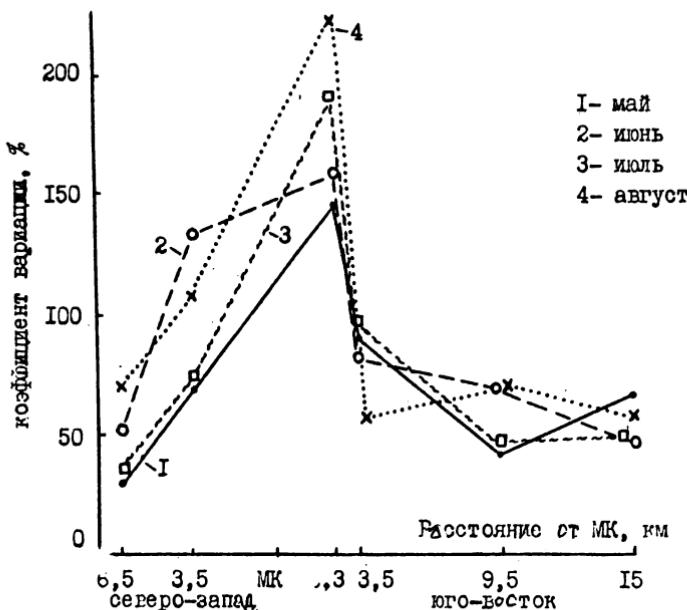


Рис.2. Изменчивость численности беспозвоночных на I-6 участках в районе медеплавильного комбината в разные месяцы 1988 года.

что вариабельность этих показателей на участке одного типа не должна превышать 20–25% (Коробейников, 1977). Для снижения их вариабельности обычно предлагают увеличить число площадок на участке. Однако на очень загрязненной территории, по-видимому, добиться такой выровненности невозможно из-за неравномерного распределения беспозвоночных. Поэтому вариабельность таких параметров как численность и биомасса животных может служить дополнительной характеристикой природной среды при антропогенном воздействии.

На всех участках больше всего животных обнаружено в верхних горизонтах почвы (рис.3). На участках I, 3, 4 и 6 в нижележащих слоях встретилось 10–19% особей. В отличие от них в 3,5 км на С–З и ю–В от комбината на глубине 10–20 см найдено около 30% особей, а на глубине 10–30 см – 38–46%. Вероятно, это отличие от других территорий большее количество животных на глубинах 10–30 см на участках 2 и 5 вызвано более неравномерной кислотностью слоев почвы (на глубине 0–5 см pH равно 3,6, 5–10 см – 6,0 и 15–30 см – 6,4). Сходное перераспределение мезофауны по почвенному профилю отмечено около предприятия, имеющего сернокислотные выбросы (Рябинин и др., 1988). Поэтому мы рекомендуем при изучении мезофауны особенно вблизи источников выбросов брать не только верхние слои почвы, а делать раскопки на большую глубину.

Рассмотрим соотношение основных систематических групп мезофауны на разных участках в районе медеплавильного комбината. На безлесном участке I в 2,3 км от МК преобладали муравьи (в среднем 76% от общего числа обнаруженных здесь животных). Реже отлавливали клопов, слоников, жужелиц (по 5% каждого). В 3,5 км от МК на ю–В и С–З в сборах преобладали жуки (соответственно 79 и 47% от всех особей), а среди них – шелкуны (51 и 24%,

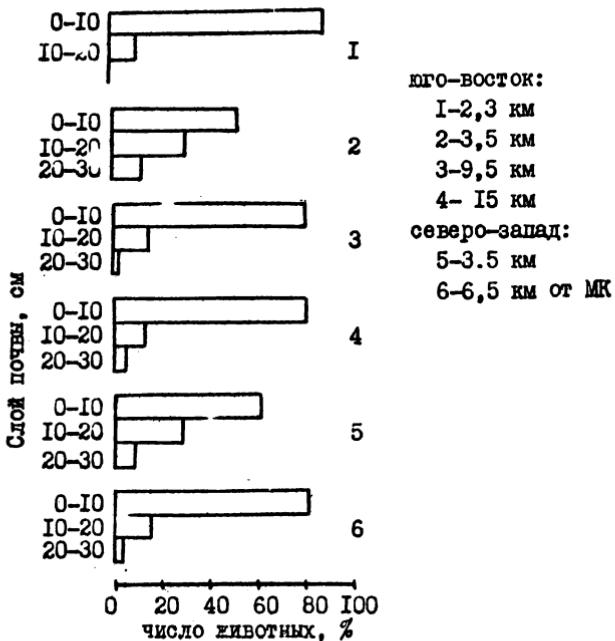


Рис.3. Относительное обилие беспозвоночных в разных слоях почвы на участках в районе медеплавильного комбината (1988 г.).

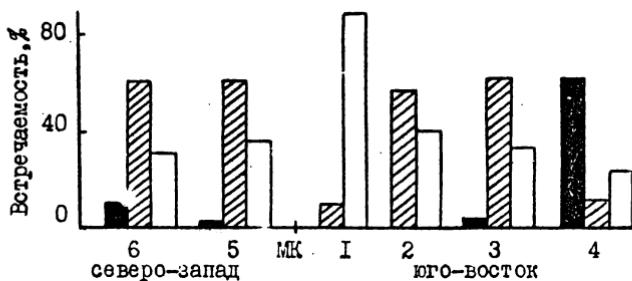


Рис.4. Процентное соотношение численности разных трофических групп почвенной мезофауны на участках в районе медеплавильного комбината (1988 г.).

■ сапрофаги, ▨ фитофаги, □ хищники

Расстояние от участков до комбината см.на рис.3.

личинки хрущей (15,7%), слоников (II,4%). В отличие от наибольшее загрязненного участка I здесь попадались и многоношки (3-3,6% от всех животных). На участках 3, 4 и 6 (в 6,5 и 15 км от МК) присутствовали дождевые черви. При обилии 1,6 экз./ $m^2$  их доля среди всех беспозвоночных на участках 3 и 6 составила 3,1 и 7,7%, а на участке 4 - 61,3%. Обилие дождевых червей на участке 4 в 15 км от МК ( $78,4 \text{ экз.}/m^2$ ) приближалось к обилию дождевых червей в южной тайге Пермской области ( $52,8\text{--}96,0 \text{ экз.}/m^2$ , Воронова, 1987) и в березняках Ильменского заповедника ( $31,6\text{--}52,6 \text{ экз.}/m^2$ , Коробейников, 1977). Численность многоношек на участках 3, 4 и 6 составляла в среднем 4,3, 10,0 и 1,8 экз./ $m^2$  (соответственно 8,3, 7,8 и 13,4% от всех животных на участке). Таким образом, наличие в почвенных пробах многоношек, щелкунов, дождевых червей может служить индикатором для определения границ загрязненной территории около южнотаежного медеплавильного комбината. Интересно, что в совсем другой экосистеме - северной тайге Кольского полуострова, загрязненной выбросами медно-никелевого комбината, эти же группы беспозвоночных вошли в список организмов-индикаторов (Степанов и др., 1984).

Изучение трофической структуры мезофауны в районе влияния комбината важно для того, чтобы найти относительно нормальные, устойчиво работающие соотношения структурно-функциональных групп экосистем в условиях загрязнения. Промышленные выбросы по-разному влияют на трофическую структуру почвенных беспозвоночных. Например, в черничных и мшистых березняках Белоруссии в I-I,5 км от производственного объединения "Азот" доля хищников в зависимости от типа леса была как меньше, так и больше контрольной (Хотько и др., 1982).

Соотношение трофических групп беспозвоночных в районе наших исследований показано на рис.4. В 15 км от комбината чис-

ленность сапрофагов была в 2,5 раза больше, чем хищников, и в 5,4 раза, чем фитофагов. По численности и биомассе этих групп структура данного участка была близка к трофической структуре мезофауны в разнотравно-папоротниковых березняках Ильменского заповедника (Коробейников, 1977), то есть являлась как бы контрольной, характерной для чистых территорий. На остальных участках возле комбината соотношение трофических групп было иным.

На ближайшей к МК безлесной горе преобладали хищники. На участке 2 (3,5 км на Ю-В) хищники составляли 42,5%. Участки 3 и 5, расположенные в 9,5 км на Ю-В и в 3,5 км на С-З, по трофической структуре мезофауны были очень похожи. Здесь преобладали фитофаги, а сапрофаги составляли лишь 2 и 3%. Можно сказать, что промышленные выбросы, особенно на юго-восток от комбината, вызвали резкое подавление сапрофагов, а на самом загрязненном участке оказалось большое число хищников. Доля фитофагов на четырех участках (кроме самого загрязненного № I и самого чистого № 4) была сходной (57,5–63,2%). Таким образом, наиболее загрязненные участки отличались по трофической структуре мезофауны от чистых примерно также, как степные от лесных участков: в том и другом случаях роль сапрофагов была резко сокращена.

Сезонная динамика численности и биомассы мезофауны тоже позволяет улавливать различия между загрязненными и чистыми участками. Для участков 2–5 характерны двухфазные колебания численности беспозвоночных с двумя максимумами в мае и июле (табл. I). В 3,5 км на Ю-В от комбината майский пик численности животных почти не был выражен, а на голой горе совершенно не были выражены колебания численности от месяца к месяцу. Сезонные колебания биомассы животных на более чистых участках похожи на колебания численности. Они были двухбазовыми, и максимумы биомассы тоже были в мае и июле. На самом ближнем к МК участке I сезонные колеба-

бания биомассы были малы и не существенны. На относительно чистом участке 6 (6,5 км на С-З) биомасса была наибольшей в мae. Приблизительно такие же, как здесь, сезонные изменения биомассы отмечены в сосновых и березовых лесах Ильменского заповедника (Коробейников, 1977). На участке 4, наиболее чистом и удаленном от МК, сезонные колебания численности мезофауны определялись в основном численностью и биомассой дождевых червей. В меньшей степени они зависели от численности жуков и двукрылых. На других участках они определялись динамикой численности и биомассы жуков, а в 9,5 км от МК – еще и личинками двукрылых.

Неплохой характеристикой антропогенных изменений мезофауны оказался сдвиг соотношения входящих в нее групп беспозвоночных. С помощью критерия "хи-квадрат" оценили, насколько меняется распределение обилия разных групп беспозвоночных по мере приближения к комбинату. На всех участках возле МК распределения обилия отличались друг от друга ( $p = 0,01$ ), в то время как на территории Ильменского заповедника распределение этих групп животных в 1973 и 1974 гг. не различалось (по данным Ю.И.Коробейникова, 1977). По-видимому, таким способом сравнения распределений групп мезофауны стоит пользоваться для того, чтобы находить границы загрязненной территории и косвенно оценивать степень загрязнения.

Для разграничения чистых и загрязненных промышленными выбросами участков можно использовать корреляционные связи между компонентами мезофауны. С помощью полного корреляционного анализа удалось пока учесть, что число корреляционных связей или корреляционных отношений между обилием разных групп беспозвоночных больше на загрязненных участках (Некрасова, 1989).

Используя данные Т.В.Черненковой (1986) о состоянии растительности возле МК и собственные данные по кислотности почвен-

ных слоев, мы рассчитали связи между этими параметрами и характеристиками мезофауны. Между фитоценологическими параметрами (общее проективное покрытие, фитомасса травяного яруса, количество видов растений), биомассой и численностью беспозвоночных корреляционные связи оказались сильными и значительными (коэффициенты корреляции от 0,7 до 0,96), а между обилием большинства групп мезофауны и кислотностью почв оказались сильнее всего в верхних слоях почвы. Распределение почвенных беспозвоночных возле МК, вероятно, определяется сочетанием нескольких условий — загрязнением почвы соединениями серы, тяжелыми металлами, повышенной кислотностью почв, ухудшением состояния почвы и фитоценозов.

В целом, удалось найти несколько количественных и качественных характеристик мезофауны, достаточно удобных для того, чтобы оценивать влияние медеплавильного комбината на экосистемы и выделять наиболее пораженные районы. Для участков, в разной степени загрязненных промышленными выбросами, характерна определенная картина распределения мезофауны. По мере приближения к МК численность и биомасса беспозвоночных уменьшаются, меняется соотношение систематических групп, уменьшается роль сапрофагов. Наряду с этим, становятся менее заметными сезонные колебания численности разных групп беспозвоночных, увеличивается изменчивость их распределения.

В основном картина распределения мезофауны по градиенту загрязнения достаточно однотипна в разные годы (сравни рис. 1, 2 и 5). Неполная ее воспроизводимость связана, главным образом, с неравномерностью распределения беспозвоночных вблизи МК. В целом, в разные месяцы одного года и в разные годы близость комбината сильно подавляет мезофауну. Участок, расположенный в 15 км на Ю-Ю-В от комбината, в разные месяцы и годы наиболее

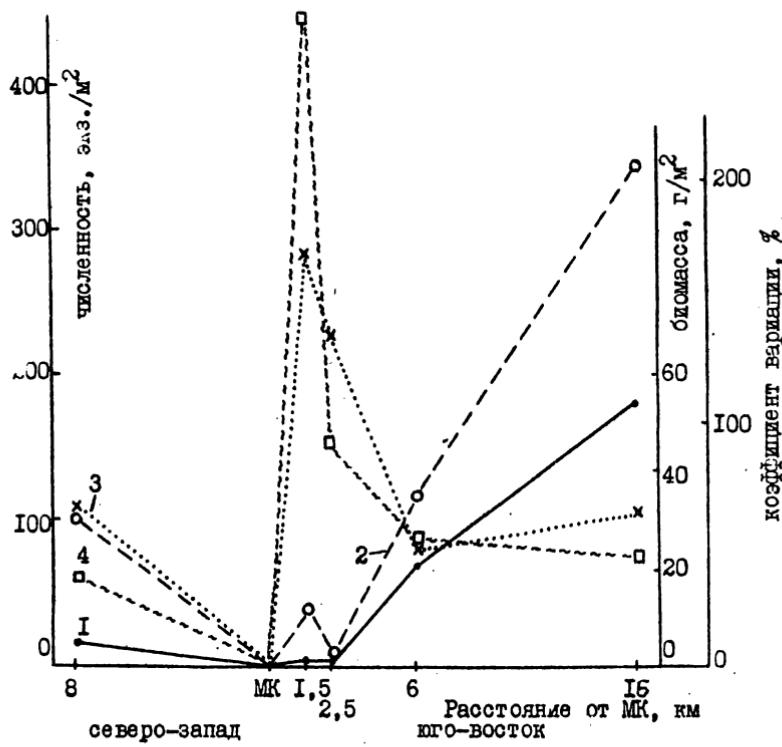


Рис.5. Влияние выбросов Медеплавильного комбината на почвенных беспозвоночных (1986 г.).  
 1 - биомасса,  $\text{г}/\text{м}^2$ ; 2 - численность,  $\text{экз.}/\text{м}^2$ ;  
 3 - коэффициент вариации биомасы, %;  
 4 - коэффициент вариации численности, %.

резко отличается от других участков. Характеристики его мезофауны (численность, биомасса, соотношение систематических групп) были ближе всего к данным, полученным на территории Ильменского заповедника (Коробейников, 1977). При биондикации изменений экосистем вблизи Карабашского медеплавильного комбината этот участок можно использовать в качестве контрольного.

Водные беспозвоночные – личинки кровососущих комаров. Рядом исследователей показано, что при воздействии человека на окружающую среду изменяется фауна и экология кровососущих комаров (Трухан, 1980; Шевченко и др., 1982 и др.). При изучении комаров в районе Карабашского медеплавильного комбината мы использовали в качестве попытационной характеристики морфологическую изменчивость личинок, а также сравнивали комаров по эколого-физиологическому показателю – времени гибели личинок в растворах хлорофоса. Действие хлорофоса хорошо изучено и касается важных физиологических звеньев насекомого – синаптической передачи и дыхания. Ранее было показано, что по времени гибели личинок в растворах хлорофоса различаются комары *Aedes* и *Culex*, выборки личинок комаров, выращенных при разной плотности населения (Некрасова, 1985). В установочных опытах мы подобрали концентрацию яда, равную 5 мг АДВ/л, которая была удобна для проведения экспериментов в полевых условиях (Некрасова, Лепешкина, 1989). Поэтому и было выбрано время гибели комаров в яде для косвенной оценки физиологического состояния насекомых, развивавшихся в водоемах, удаленных на разное расстояние от МК.

Эксперименты проводили на *Aedes caspius dorsalis* Mg. , *A.punctor Kirby* , *A.leucomelas* Mg . Остановимся подробнее на опыте, проведенном на *A.c.dorsalis*. Комаров отловили во временных водоемах в I км (территория города), 6 и 15 км на Ю-В

от комбината. Личинок IV стадии развития помещали в раствор хлорофоса (5 мг АДВ/л), через каждые 15 мин. отмечали число погибших особей. Затем их взвешивали (ВТ до 20 мг), измеряли длину, ширину головы и груди (микроскоп МБС-І, об.4<sup>X</sup>, ок.8<sup>X</sup>). Температура раствора равнялась 20,5-22,0° (в среднем 21,2°C). Всего измерили 234 экземпляра. Во всех трех выборках самок было в 2,6-3,5 раза больше, чем самцов.

Между расстоянием от МК и изученными характеристиками не было прямой зависимости. Различия между выборками проявились сильнее всего по времени гибели личинок в растворах яда. И самцы, и самки городских комаров гибли медленнее (среднее время отравления - 301,8 и 297,9 мин. соответственно), чем личинки, взятые в 6 км (151,4 и 158,3 мин.) и 15 км от МК (251,4 и 243,4 мин.). Личинки из водоема в 6 км от комбината гибли быстрее всех (рис.6). Они были мельче (самцы - 4,66 и самки - 4,32 мг), чем в двух других выборках (1 км - 5,15 и 5,55 мг, 15 км - 5,72 и 6,05 мг). Масса личинок, отловленных в 15 км от МК, была больше, а время гибели - достоверно меньше, чем у городских комаров. По длине и ширине головы различались лишь личинки (самцы) из города и самого удаленного от МК водоема: они были больше у городских комаров (сравни: длина головы-37,8 и 36,7, ширина головы-49,9 и 48,8 делений окуляр-микрометра) У личинок из города и водоема в 15 км от МК грудь была длиннее и шире, чем в 6 км от комбината (например, длина груди самцов 64,6 и 67,8 по сравнению с 57,5 делениями окуляр-микрометра).

При помощи поочередного корреляционного анализа более всего значительных и сильных связей ( $0,5 < r < 0,9$ ) между параметрами выявлено у личинок с загрязненной городской территорией. Общее их число для самцов и самок равнялось 17. В выборках в 15 и 6 км от МК они составляли соответственно 4 и 10. В основном

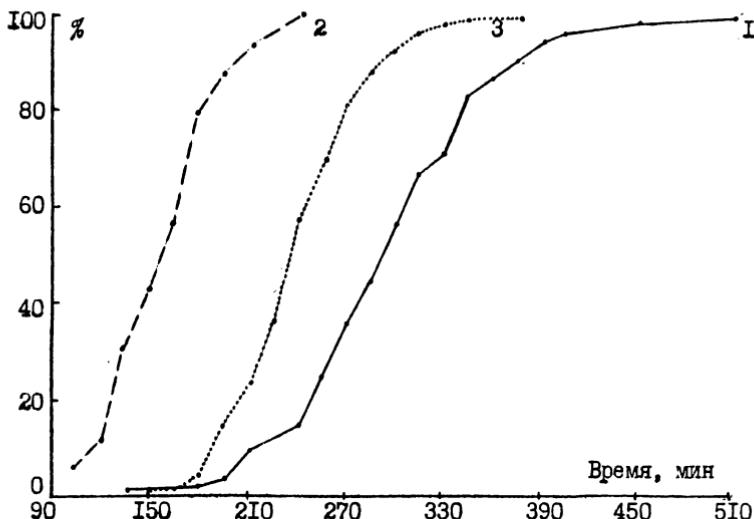


Рис.6. Гибель в хлорофосе личинок *A.c.dorsalis*, отловленных в I км (1), 6 км (2) и 15 км (3) от медеплавильного комбината (кумулятивные кривые)

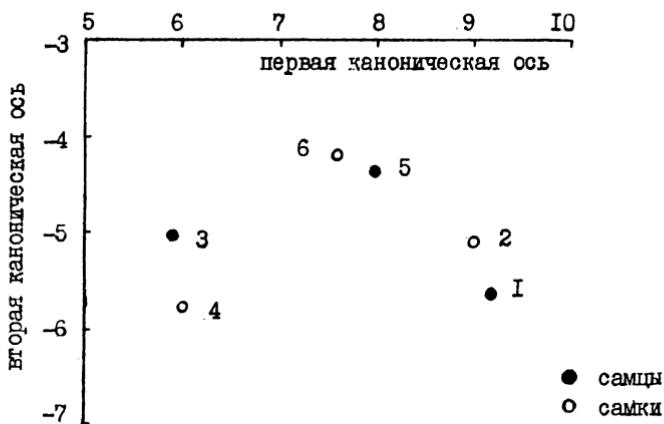


Рис.7. Расположение средних значений признаков личинок *A.c.dorsalis*, отловленных в I км (1 и 2), 6 км (3 и 4) и 15 км (5 и 6) от медеплавильного комбината, на плоскости двух канонических осей.

сильные связи были между массой тела и размерами груди, а также между длиной и шириной груди личинок.

Половой диморфизм был выявлен лишь по ширине головы и только у городских комаров. По остальным признакам между самцами и самками не было достоверных различий.

Судя по коэффициентам вариации, наиболее изменчивыми оказались время гибели личинок (14,2–21,2%) и масса тела (12,8–27,1%). Коэффициенты вариации линейных размеров были от 3,2 до 13,8%. Изменчивость груди (5,8–13,8%) оказалась выше, чем изменчивость головы личинок (3,2–5,4%). Длина головы и груди варьировала сильней, чем их ширина.

Различия изменчивости одного признака в разных выборках оценивали с помощью критерия Фишера. При сравнении комаров, взятых в I и I5 км от МК, достоверные различия ( $p < 0,01$  и  $p < 0,05$ ) выявлены по вариабельности четырех признаков у самок (время гибели от яда, масса тела, длина и ширина груди) и трех признаков у самцов (время гибели, длина и ширина груди). Во всех случаях изменчивость была выше у комаров с загрязненной территорией (I км от МК).

Для более комплексной (сразу по шести признакам и с учетом их сопряженности) характеристики комаров из водоемов возле МК мы воспользовались многомерным статистическим методом – каноническим анализом и расчетом расстояния Махalanобиса (Андерсон, 1963). Установили, что наибольшая доля (0,966) всей изменчивости комаров приходится на первые две канонические оси и наибольший вклад в изменчивость по осям вносят признаки – среднее время гибели личинок и хлорофос и длина их груди. По расположению средних значений признаков для выборок в пространстве двух канонических осей (рис.7) и по расстояния Махalanобиса показано, что между самцами и самкам одной выборки средние дистанции в

многомерном пространстве были на порядок меньше (0,675), чем между личинками одного пола в разных выборках (между самцами - 6,94, между самками - 5,9). Сильно различались самцы и самки из выборок, взятых в I и 6 км от МК (дистанции соответственно равны II,9 и 9,6).

Таким образом, по пяти морфологическим и эколого-физиологическим признакам было установлено различие и своеобразие личинок кровососущих комаров *A.c.doraealis*, обитающих на разном удалении от Карабашского медеплавильного комбината. На более загрязненной комбинатом территории личинки оказались и более выносливыми к хлорофосу.

Природа морфологического и физиологического своеобразия комаров на чистых и загрязненных комбинатом территориях заслуживает специального изучения. Интересно, в частности, выявить генетическую основу своеобразия и, благодаря этому узнать, к какой категории адаптационных явлений - акклиматации или акклиматизации - относятся эти изменения комаров.

Как бы то ни было, влияние выбросов МК хорошо заметны и на этой группе животных, лишь часть онтогенеза которых связана с водной экосистемой. Для того, чтобы всесторонне представить урон, который наносят промышленные выбросы живой природе, и все те режимы, в которых вынуждены работать загрязненные почвенные и водные экосистемы, необходимы комплексные исследования.

## Л и т е р а т у р а

- Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. - М.: ФизматГИЗ, 1963. - 496 с.
- Большаков В.Н., Мишевич Н.В., Передерий О.Г. Экологическая оценка деятельности предприятий цветной металлургии (учебное пособие). Свердловск, 1986. - 76 с.
- Воронова Л.Д. Почвенная фауна южной тайги Пермской области // Почвенная фауна Северной Европы. М.: Наука, 1987. С.59-65.
- Количественные методы в почвенной зоологии / Ю.Б.Бызова, М.С. Гиляров, В.Дунгер и др. М.: Наука, 1987. - 288 с.
- Коробейников Ю.И. Структура населения почвообитающих беспозвоночных в сосново-березовых лесах Ильменского заповедника/ Автореф. дис. ...канд.биол.наук. - Свердловск, 1977. -22с.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. - 293 с.
- Макунина Г.С. Антропогенная модификация низкогорного южнотаежного ландшафта в сфере влияния медеплавильного производства // Вестник МГУ, сер. география. 1978. - № 3.-С.61-68.
- Некрасова Л.С. О значении условий развития и видов их осенности кровососущих комаров при борьбе с ними на объектах сельского хозяйства // Биохимическая экология - сельскому хозяйству. Свердловск, ИЭРИИ УНЦ АН СССР, 1985. Вып.2. С.127-141. (Информационные материалы).
- Некрасова Л.С. Сопряженность компонентов мезофауны в районе медеплавильного комбината // Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учета животного мира (тезисы докладов). Уфа: Башкирское книжное изд-во, 1989. Ч.IV. С.200-202.
- Некрасова Л.С., Лепешкина С.Д. Прием выявления разнородности особей и специфики популяций личинок комаров с помощью отравления хлорофосом // Насекомые в биоценозах Урала.

- Свердловск, 1989. С.43-44.
- Перель Т.С. Почвенное население ельников южной тайги и его изменения в связи с рубкой леса и при смене пород // *Pedobiologia*. 1967. В.5. № 1-2. С. 102-121.
- Рябинин Н.А., Ганин Г.Н., Паньков А.Н. Влияние отходов серно-кислотного производства на комплексы почвенных беспозвоночных // Экология, 1988. - № 6. С.29-37.
- Степанов А.М. Методология биоиндикации и фонового мониторинга экосистем суши // Экотоксикология и охрана природы. М.: Наука, 1988. С.28-108.
- Степанов А.М., Тихомирова А.Л., Черненъкова Т.Г , Кулидов А.В. Почвенные животные как индикаторы уровня микроэлементов на заповедных территориях // Тезисы докладов на Всесоюзном совещании по почвенной зоологии. Алматы, 1984. Кн.2. С.II3-II4.
- Трухан М.Н. Изменение структуры фаунистических комплексов кровососущих двукрылых под влиянием осушительной мелиорации // Влияние хоз. деятельности человека на беспозвоночных. Минск, 1980. С.124-138.
- Фирсова В.П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья. М.: Наука, 1977. - 176 с.
- Хотько Э.И., Ветрова С.Н., Матвеенко А.А., Чумаков Л.С. Почвенные беспозвоночные и промышленные загрязнения. Минск: Наука и техника, 1982. - 264 с.
- Черненъкова Т.В. Влияние промышленных выбросов металлургических комбинатов на лесные фитоценозы./ Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1985. - 17 с.
- Черненъкова Т.В. Методика комплексной оценки состояния лесных биогеоценозов в зоне влияния промышленных предприятий // Пограничные проблемы экологии (сборник научных трудов).

Свердловск, 1986. С. II6-II7.

Шевченко А.К., Гоменко В.А., Титова Л.М. Сезонные и суточные изменения интенсивности нападения массовых видов комаров (Diptera, Culicidae) в зоне влияния Каховского водохранилища // Мед.паразитол. и паразитар. болезни. 1982. Т.60, № 4. С.35-39.

# МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Л.Е.Лукьянова, О.А.Лукьянов

Изучение состояния сообществ и популяций мелких млекопитающих в условиях техногенного воздействия проводили в течение полевых сезонов (июнь–сентябрь) 1987–1989 гг. Исследование проводили на территориях, прилегающих к предприятиям медеплавильного производства, в качестве контрольной зоны использовали заповедную территорию (региональный фонд), находящуюся на расстоянии свыше 20 км от источников воздействия. Для сбора мелких млекопитающих использовали метод ловушко-линий, проволочные давилки выставляли линиями (обычно по 50–200 ловушек) на расстоянии 10 м друг от друга на срок от 5 до 10 суток, проверку ячейк проводили ежедневно в утренние часы. Каждая ловушка имела порядковый номер, что позволяло регистрировать и картировать места поимок животных и служило основой для проведения дальнейшего количественного анализа обилия и пространственной структуры населения мелких млекопитающих.

Для характеристики сообществ мелких млекопитающих мы использовали следующие показатели: список видов, их долевое участие, суммарное обилие видов на 100 ловушко-суток, видовое разнообразие и долю редких видов. Анализ видового состава сообществ показал, что на сравниваемых территориях как число, так и состав видов различались. Использованный нами показатель сходства видового списка по Серенсену (Одум, 1986) ( $S = 2C/(A+B)$ ), где А – число видов на техногенной территории, В – число видов на фоновой территории, С – общее число видов) был равен 0,7, что говорит о различиях видового состава сравниваемых сообществ мелких млекопитающих.

Исследование видового разнообразия и доли редких видов мы провели, используя показатели, предложенные Л.А.Животовским (1980). Показатель видового разнообразия вычисляли по формуле (Животовский, 1980):  $\mu = (\sqrt{p_1} + \dots + \sqrt{p_m})^2$  где  $p_1, \dots, p_m$  - частота видов в сообществе,  $m$  - число видов. Этот показатель имеет размерность "число видов". В предельном случае, когда распределение частот равномерное (т.е.  $p_1 = \frac{1}{m}, \dots, p_m = \frac{1}{m}$ ), этот показатель принимает максимальное значение  $\mu = m$ . Если же распределение частот неравномерно, т.е. одни виды встречаются более часто, чем другие, значение показателя  $\mu$  будет меньше  $m$ .

Доля редких видов рассчитывается по формуле (Животовский, 1980):  $h = 1 - \frac{\mu}{m}$ .

Этот показатель аналогичен показателю выровненности Пилу (Pielou, 1966). Если распределение частот равномерное, то  $h = 0$  - редкие виды отсутствуют. При неравномерном распределении  $-h > 0$ . Доля редких видов дает новую (по сравнению с  $\mu$ ) информацию о характере видового разнообразия. Если  $\mu$  определяет степень видового разнообразия, то  $h$  дает определенную характеристику структуры этого разнообразия.

Результаты проведенного нами анализа показали, что для сообществ мелких млекопитающих техногенных территорий показатель видового разнообразия был вдвое выше по сравнению с фоновой территорией (6,96 и 3,42 соответственно,  $\alpha < 0,001$ ). Доля редких видов напротив, на техногенных территориях существенно сокращается (0,32) по сравнению с фоном (0,59,  $\alpha < 0,0001$ ).

Анализ суммарного обилия видов в сообществах мелких млекопитающих на сравниваемых территориях показал, что обилие животных различных видов значительно снижается на техногенных территориях (в нашем случае пятикратно с 31 особи до 6 особей на 100 ловушко-суток  $\alpha < 0,0001$ ).

На примере доминирующего вида на сравниваемых территориях -  
рыжей полевки покажем, какими методами был проведен анализ ос-  
новных популяционных показателей этого вида.

Для анализа обилия и пространственной структуры населения  
рыжей полевки мы использовали четыре показателя, которые, на наш  
взгляд, всесторонне описывают эти параметры (Лукьянин, Лукьянин-  
ва, 1990).

Общее обилие - I, выражаемое в числе отловленных особей на  
100 ловушко-суток, рассчитывалось обычным способом по формуле:

$I = \frac{C}{d} \cdot 100$ , где  $C$  - число отловленных особей на 5 суток,  $d$  -  
число отработанных ловушко-суток ( $d = a \cdot t$  , где  $a$  - общее  
число ловушек,  $t$  - число суток отлова, в данном случае  $t = 5$ ).  
Этот показатель отражает совокупное обилие животных на террито-  
рии, включающей все виды микроучастков, часть из которых непри-  
годна для обитания вида и не заселена им. Общее обилие выражает  
в некотором смысле емкость и пригодность среды обитания в целом  
для вида.

Частное обилие, A, этим термином мы обозначили обилие вида  
на микроучастках, заселенных животными, т.е., в микростациях.  
Частное обилие выражается числом отловленных особей на 100 ло-  
вушко-суток и рассчитывается по формуле:

$A = \frac{C}{f} \cdot 100$ , где  $C$  - количество отловленных животных за  
5 суток,  $f$  - число отработанных ловушко-суток в микростациях  
вида ( $f = b \cdot t$  , где  $b$  - частное число ловушек из общего коли-  
чества, отлавливавших животных - отражает число микроучастков  
территории, занятых зверьками,  $t$  - количество суток отлова).  
Этот показатель выражает мозаичное распределение животных по  
подходящим микроучасткам территории, которые они реально засе-  
ляют.

Оба предложенных нами показателя обилия отражают в первую

очередь характеристики численности вида. Для описания собственно пространственной структуры населения мы вводим показатели заселенности животными территории и агрегированности населения.

Заселенность территории,  $F$  - отражает долю (в %) от обследованной территории, заселенную животными. Заселенность рассчитывается по формуле:  $F = \frac{b}{a} \cdot 100$ , где  $a$  - общее количество ловушек,  $b$  - частное число ловушек, попавшее на территорию, заселенную животными. Этот показатель отражает совокупную емкость всей территории для особей данного вида. Показатель заселенности равен 0, если территория абсолютно непригодна для животных и 100 - в случае, когда животные осваивают всю территорию.

В качестве меры агрегированности,  $Ag$ , т.е. степени скученности населения, мы использовали индекс Уитфорда (Whitford, 1949), который в данном случае равен отношению частного обилия ( $A$ ) и встречаемости ( $F$ ):  $Ag = \frac{A}{F}$ . Этот показатель принимает наименьшее значение при выровненном размещении животных по территории и возрастает с увеличением мозаичности (когда небольшое число ловушек попадает в микроучастки, густо заселенные животными, а оставшиеся ловушки - на территорию, незаселенную зверьками).

Результаты проведенного нами исследования показали, что такие параметры, как общее, частное обилие и заселенность животными территории имели достоверно более низкие значения на техногенных территориях, показатель агрегированности, напротив, наибольшее значение имел на фоновой территории.

Для анализа демографической структуры рыжей полевки мы использовали такие показатели, как соотношение полов различных функциональных групп животных, участие этих групп в размножении

нии, интенсивность воспроизводства в популяции.

Интенсивность воспроизводства популяций ряжей полевки на исследуемых территориях мы оценили при помощи показателей реального  $P_1$  (число реально воспроизведенных потомков на особь популяции) и потенциального  $P_2$  (потенциальное число воспроизведенных потомков на особь популяции при условии, если все самки участвуют в размножении и их плодовитость максимальна) воспроизводства популяции, которые по смыслу близки к показателям, предложенным И.Г.Емельяновым и О.А.Михалевичем (1988). Используемые нами показатели отражают суть процесса воспроизводства в популяции и включают в себя частные показатели популяционного воспроизводства (плодовитость, соотношение полов, долю половозрелых самок среди общего числа самок популяции).

Предложенные показатели вычисляются по формулам:

$P_1 = \bar{x} \cdot n / N$ , где  $\bar{x}$  - средняя плодовитость самок,  $n$  - общее размножающихся число самок в выборке,  $N$  - общее число животных в выборке;

$P_2 = x_{max} \cdot m / N$ , где  $x_{max}$  - максимальная плодовитость самок;  $m$  - общее число самок в выборке,  $N$  - общее число животных в выборке.

Показатели воспроизводства для ряжей полевки в результате наших исследований были более высокими на техногенных территориях.

Таким образом, предложенные нами методы позволяют оценивать состояние природных сообществ и популяций мелких млекопитающих в условиях техногенного воздействия. Такие пеноидические и популяционные показатели, как видовой состав, суммарное обилие видов животных, а также показатели численности, пространственной структуры и популяционного воспроизводства являются наиболее чувствительными на негативное воздействие факторов техногенной природы.

## Л и т е р а т у р а

Емельянов И.Г., Михалевич О.А. Популяционные показатели интенсивности размножения у грызунов // Грызуны. М., 1988.  
Т.3. С.77-78.

Животовский Л.А. Показатель внутривидового разнообразия.  
// Журнал общ. биол., 1980. Т.41, №. С.828-836.

Лукьянин О.А., Лукьянинова Л... Динамика показателей обилия и  
пространственной структуры населения рыхлой полевки на  
фоновой и техногенных территориях.// Млекопитающие в экосистемах. Свердловск, 1990. С.39-41.

Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. Т.2. - 376 с.

Pielou E.C. The measurement of diversity in different types of  
biological collections // J.Theoret.Biol. - 1966.-N 13. -  
P.131-144.

Whitford P.B. Distribution of woodland plants in relation to succession  
and clonal growth // Ecology - 1949. - N 30. - P.199-  
208.

# ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ ОБЫКНОВЕННОЙ ПОЛЕВКИ В ЗОНЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

## 3.3. Гатиятуллина

Большое количество химических соединений, поступающих в окружающую среду с выбросами промышленных предприятий, обладает мутагенными свойствами (Криволушкий, Тихомиров, Федоров, 1987; Куриный, 1986; Саноцкий, Фоменко, 1979; Порошенко, 1987). Среди <sup>них</sup> значительную долю составляют тяжелые металлы. Эффекты на клеточное деление и индукцию хромосомных аномалий являются важнейшими критериями для идентификации повреждения генетических систем. Химические соединения, содержащие металлы, изменяя клеточное деление, могут привести к увеличению митозов, митотической активности, но чаще, к уменьшению частоты делений, митостатическом эффекту. Их воздействие на аппарат веретена клетки ведет к остановке деления или нарушению при расхождении хромосом. Повреждения хромосом могут включать изменения числа или структуры, либо оба типа нарушений одновременно. Агенты могут вызывать разрывы и обмены хромосомных сегментов. Общее направление действия металлов на хромосомы и клеточное деление у высших организмов связывают с соответствующим положением металлов в периодической системе элементов (Sharma, Talukder, 1987).

Чтобы оценить повреждения и их частоту, используют различные тесты. многими авторами подтверждена чувствительность методики микроядерного теста. Ана-телофазный тест используется для подтверждения гипотезы, что данное вещество способно вызывать генетические повреждения (Mudry de Pergament et al., 1987; Paradisi et al., 1987). Для мутагенного тестирования обычно используют лабораторные линии животных и очень редко в качестве

биологических индикаторов выступают дикие животные. В целях продолжительного мониторинга, количественной оценки повреждений, экстраполяции полученных цитогенетических данных на человека, более информативными оказываются исследования природных популяций животных, в частности, мышевидных грызунов (Воронова, Денисова, 1977; Бузель , 1985, 1987; Катаев, 1984; Куянный, 1986; Степанов, 1985; Степанов и др., 1987; Григоркина, Оленев, 1987; Paradisi et al. , 1987). Цитогенетические исследования обитающих в зоне промышленных загрязнений мелких млекопитающих практически отсутствуют (Катаев, 1984; Paradisi et al. , 1987). Однако необходимость и ценность подобных исследований подчеркивалась неоднократно (Криволукский и др., 1987; Степанов и др., 1987).

Для оценки влияния промышленных выбросов на клеточное деление и возникновение хромосомных перестроек мы исследовали эпителий роговицы обыкновенных полевок, отловленных в зоне действия Карабашского медеплавильного комбината.

Материал и методика. Для цитогенетического исследования была выбрана эпителиальная ткань роговицы. Это – одна из немногих меристических интактных тканей в животном организме, с довольно высокой интенсивностью клеточного деления, что является необходимым условием для количественного определения эффекта повреждающего фактора на митоз. Роговица непосредственно соприкасается с загрязняющими среду веществами, выполняет защитную функцию. Показано, что явления, наблюдаемые в роговице, отражают физиологическое состояние особи и протекающие во всем организме энергетические процессы (Брифанова, 1965). Наш выбор определила также относительная простота обработки объекта. Тотальные препараты роговицы готовили обычным способом (Гатиятуллина, 1975).

Результаты и обсуждение. Многочисленные данные свидетельст-

вуют о суточной ритмике митозов в тканях млекопитающих, связи волн митозов с двигательной активностью животных, их физиологическим состоянием; так, у полевок наибольшее количество митозов наблюдается в утренние часы при меньшей активности животных (Баранаускас, Кузнецов, 1986; Соколов, Кузнецов, 1978). При планировании патогенетической работы на мышевидных грызунах в естественных условиях важно учитывать морфофизиологическую специфику сезонных генераций грызунов (Шварц, Смирнов, Добринский, 1968), которая распространяется и на цитологический уровень (Амстиславская, 1975). Эти факторы мы принимали во внимание при анализе результатов влияния промышленных загрязнений на клеточное деление.

Животные отловлены в течение весны и лета 1986 года в четырех-пяти километрах от Карабашского медеплавильного комбината против направления господствующих ветров. Для контроля животных отлавливали в Ильменском заповеднике (биостанция "Миасово") и в окрестностях биостанции Уральского госуниверситета (Сысертский район, Свердловская область). Декапитацию зверьков, вскрытие их и морфометрию органов проводили в лаборатории. Автор благодарит Н.Ф.Черноусову за предоставленную возможность исследовать отловленных юнг животных.

По комплексу морфофизиологических показателей (вес тела, относительные размеры внутренних органов, величина тимуса, состояние репродуктивных органов) выделили физиолого-функциональные группировки (Оленев, 1980, 1981; Бузель, Оленев, 1989).

Первая физиолого-функциональная группировка (ФФГ I) - перезимовавшие зверьки, созревают весной, являются одоначальниками популяций.

ФФГ II - несозревающие в год рождения сеголетки, это представители последних и частично первых когорт, с низким уровнем

обмена веществ, для них характерно состояние "законсервированной молодости" (термин С.С.Шварца); живут I3-I4 месяцев, выполняют функцию переживания неблагоприятных условий зимы, служат основой популяции следующего года.

**ФГ III** - половозрелые, размножающиеся сеголетки, представители первых когорт, характеризуются высоким уровнем обмена, высокой скоростью созревания и старения, живут 3-4 месяца, выполняют функцию наращивания численности популяции.

У обследованных нами полевок обнаружены существенные различия на цитологическом уровне (табл.I, 2). Количество митозов

Таблица I

Митотическая активность эпителия роговицы  
обыкновенной полевки в техногенной и контрольных  
зонах

Место отлова	Митотическая активность	Количество животных	t	P
Окрестности комбината	32,3 ± 6,0	40		
Биостанция УрГУ	47,4 ± 2,4	74	2,331	0,02
Ильменский заповедник	50,2 ± 6,1	33	2,096	0,05

в эпителии полевок, отловленных вблизи медеплавильного комбината, значительно меньше, чем у животных на фоновых территориях (табл.I). Подавление клеточного деления (табл.2) под воздействием техногенного загрязнения выражено как у животных ФГ I (майские выборки), так и у животных ФГ III (июльские выборки). Различия между выборками из "чистых" и "грязных" зон высоко достоверны ( $P < 0,02$  и  $P < 0,002$ , соответственно). Наибольшая устойчивость к повреждающему фактору отмечена у животных ФГ II.

Митотическая активность (MA) эпителия роговицы обикновенной  
полевки

Место отлова	Физиолого-функциональные группировки									
	I			II			III			
	MA	n	t	P	MA	n	t	MA	n	P
Окрестности колхозного поселка Ургу	27,8±9,7	7			44,6±17,5	10		23,3±6,0	8	
Бюстгальти Ургу	57,8±7,7	22	2,429	0,02	37,5±15,6	6		46,2±4,4	32	3,I06
Ильменский заповедник	-				67,2±15,3	10	0,966	33,3±6,2	23	I,I2

n - количество животных

В популяции полевок, обитающих в окрестностях медеплавильного комбината, выше процент зверьков с аберрациями хромосом в клетках: 14% принадлежит к ФФГ I и 10% - к ФФГ III. Соответствующие показатели для контрольной зоны: 9,1% и 3,1%. Аномалии отмечены в виде одиночных и множественных мостов, фрагментации и отставаний хромосом в анафазе.

Таким образом, поступающие в окружающую среду поллютанты оказывают на мышевидных грызунов негативный цитогенетический эффект. В результате цитологического исследования грызунов обнаружены массивные нарушения хромосом в клетках эпителиальной ткани животных. Процент поврежденных зверьков выше вблизи источника эмиссии, что может свидетельствовать о высокой мутагенной активности выбросов медеплавильного комбината и потенциальной генетической опасности для человека, существующей в условиях химического загрязнения среди обитания. Вопрос о существовании пороговых доз и концентраций химических соединений, поступающих в окружающую среду с выбросами промышленных предприятий, в настоящее время не является решенным (Саноцкий, Фоменко, 1987; Степанов, 1985).

Результаты нашей работы показывают, что при использовании грызунов в качестве индикаторов промышленных загрязнений анализ целесообразно проводить с учетом функционального статуса обследуемых животных.

## Л и т е р а т у р а

- Амстиславская Т.С. Митотическая активность покровного эпителия у сезонных генераций полевок р. *Clethrionomys* // Дисс. ... канд. биол. наук. - Свердловск, 1975.
- Баранаускас К.С., Кузнешов Г.В. Сезонные изменения митотической активности в эпителии роговицы глаза полевки обыкновенной // Труды Академии наук Литовской ССР. Серия В. 1986. Т.3, № 95. - С.74-78.
- Безель В.С. Накопление тяжелых металлов грызунами на организационном и популяционном уровнях // Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду. М.: Наука, 1985. - С.28-36.
- Безель В.С. Популяционный подход к оценке последствий техногенного загрязнения для популяций грызунов // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. 1987. - С.296-301.
- Безель В.С., Оленев Г.В. Внутрипопуляционная структура грызунов в условиях техногенного загрязнения среды обитания // Экология. 1989, № 3. - С.40-45.
- Воронова Л.Д., Денисова А.В. Методические аспекты оценки опасности пестицидов для диких животных естественных экосистем // Влияние пестицидов на диких животных наземных и водных экосистем. М., 1977. - С.6-26.
- Гатиятуллина Э.З. Явления гипертрофии и гиперплазии при изменении скорости роста и развития личинок амфибий // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1975.
- Григоркина Е.Б., Оленев Г.В. Особенности некоторых механизмов радиорезистентности внутрипопуляционных группировок грызунов // Экологические механизмы преобразования популя-

- ший животных при антропогенных воздействиях. Свердловск, 1987. - С.22-23.
- Епианова О.И. Гормоны и размножение клеток. М.: Наука, 1965. - 243 с.
- Катаев Г.Д. Мелкие млекопитающие Лапландского заповедника и его охранной зоны // Мелкие млекопитающие заповедных территорий. М.; 1984. - С.32-45.
- Криволушкин Д.А., Тихомиров Ф.А., Федоров Е.А. Биондикация и экологическое нормирование // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. М.: Наука, 1987. - С.18-27.
- Куринный А.И. О тактике генетического контроля за применением пестицидов // Цитология и генетика. 1986. Т.20, № 6. - С.463-467, 476.
- Оленев Г.В. К вопросу о популяционных механизмах приспособлений к экстремальным условиям среды // Информационные материалы Института экологии растений и животных (Отчетная сессия зоологических лабораторий). Свердловск, 1980. - С.20-21.
- Оленев Г.В. Популяционные механизмы приспособлений к экстремальным условиям среды (на примере ржавой полевки) // Журнал общей биологии. 1981. Т.XI П, № 4. - С.506-511.
- Порошенко Г.Г. Возможна ли адаптация к мутагенам // Природа. 1987, № 3. - С.101-102.
- Саноцкий И.В., Фоменко В.Н. Отдаленные последствия влияния химических соединений на организм. М.: Медицина, 1979. - 230 с.
- Соколов В.Е., Кузнецов Г.В. Суточные ритмы активности млекопитающих. М.: Наука, 1978 - 263 с.
- Степанов А.М. Обоснование системы критериев для оценки химического загрязнения биосфера // Проблемы антропогенного

воздействия на окружающую среду. М.: Наука, 1985.-  
С. 5-12.

Степанов А. М., Попов И.Ю., Гацепин Т.С. Млекопитающие  
- индикаторы промышленных загрязнений // Влияние  
промышленных загрязнений на окружающую среду. 1987.-  
С.204-210.

Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л. Н. Метод  
морфофизиологических индикаторов в экологии наземных  
позвоночных // Труды Института экологии растений и  
животных. Свердловск. 1968. Вып.58. - 387 с.

Mudry de Pargament M. D., Labal de Vinuesa M. and Larrip I.  
Mutagenic bioassay of certain pharmacological drugs. 1.  
Thiabendazole ( TBZ ) // Mutation Research. 1987. v. 188.-  
P. 1-6.

Paradisi S., Corona E., Ieradi L. A. First application of  
the transplacental micronucleus test in wild  
rodents // Atti.Soc.ital. Sci. nat. Musco civ. Stor.  
nat. Milano. 1987. v. 127. № 3-4. P. 245-252.

Sharma A., Talukder G. Effect of Metals on chromosomes of  
Higher Organisms// Environmental Mutagenesis. 1987. v.9.  
№ 2. P. 191-226.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗООМОНИТОРИНГА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВЛИЯНИЯ  
ВЫБРОСОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА (на примере полевок)

Н.Ф.Черноусова

Предприятия цветной металлургии оказывают интенсивное разрушающее воздействие на окружающую среду. Установлено, что выбросы цветной металлургии, в том числе медеплавильного производства, влияют на видовой состав растительных ценозов, вызывают анатомические и физиологические изменения в растениях (Черненъкова, 1985; Krause et al., 1983; Keller, Beda, 1984; Miller, 1984; L'Hirondelle, 1985; Hinrichsen, 1986 и др.). В окрестностях медеплавильных предприятий происходит изменение минерального состава растений и почвы, нарушается ее структура (Judy, 1983).

Выбираемые для мониторинга виды животных обязаны отвечать ряду требований: они не должны быстро элиминироваться при действии загрязнителя, должны иметь широкое географическое распространение, не мигрировать, обитать в различных биотопах, быть достаточно многочисленными, легко отлавливаемыми и, желательно, занимающими промежуточные места в цепях питания. Среди млекопитающих грызуны представляются наиболее подходящим объектом для задач мониторинга. Они выполняют важную роль трансформации энергии в экосистеме (Hayward, 1979), поэтому любые воздействия, ухудшающие состояние грызунов, а следовательно и их численность, сказываются в верхних трофических звеньях. К тому же ряд видов грызунов – традиционные объекты токсикологических исследований, для которых разработаны различные методы. Но в большинстве случаев из-за специфики токсикологического эксперимента, по сравнению с природным, те очевидные аномалии внешнего облика и нарушения функций организма, которые наблюдаются в токсикологическом эксперименте, невозможно обнаружить в природе из-за быстрой естественной элиминации ослабленных особей. "Скрытая неустойчивость равновесия организма со средой обитания может быть выявлена с помощью функциональных на-

грузок" (Саноцкий, 1970; Рылова, 1964).

Основным объектом наших исследований были обыкновенные полевки с диплоидным набором хромосом  $2 = 46$ . Грызунов отлавливали живоловками в зоне выбросов КМК – Карабашского медеплавильного комбината, Челябинская обл. (на расстоянии 3–4,5 км против розы ветров) дальше в тексте обозначается С-З-К, и относительно чистом районе, выбранном для контроля: стационар-биостачция УрГУ (около 50 км на Ю-В от Свердловска). Животных отлавливали в теплое время года в 1983–1987 гг. В окрестностях КМК в 1984 г. была глубокая депрессия численности полевок, а в 1985 она лишь начала подниматься, поэтому в эти годы материала оттуда практически не было. В мае–июне 1986 г. дополнительно собран материал из более нарушенных биотопов, находящихся на расстоянии около 4 км (по розе ветров) на Ю-В от КМК (Ю-В-К). Животных привозили в Свердловск и обследовали в лаборатории института. В эксперимент брали только половозрелых особей, весивших не менее 20 г.

Первая группа признаков, изученных нами – морфофизиологические показатели, определенные как отношение весов внутренних органов: печени, селезенки, сердца, почек, надпочечников к весу тела в %. Для выявления действия функциональной нагрузки каждую выборку полевок делили на две группы, одну из которых примерно за 12 час. до начала эксперимента помещали в клетки с опилом без пищи. Вторая группа получала корм в изобилии. Реакцию на голод определяли как разницу между среднестатистическими значениями индексов сытых и голодающих полевок. У сытых полевок вычисляли индекс отношения длины к весу тела, используемый рядом исследователей (Heikura, 1977; Adamczewska-Andrzejewska, 1982 и др.) для характеристики состояния грызунов в природных популяциях. На перезимовавших обыкновенных полевках и полевках-экономках из "чистого" района и на сеголетках из "грязного" и "чистого" в 1987 г. мы поставили эксперимент по действию 12-часового голода на величину

потери веса и последующее его изменение в течение 45 дней. Отловленные в природе животные изначально различаются по весу. Поэтому, чтобы иметь возможность сравнивать их между собой, вес каждого перед опытом принимали за единицу и относительно этого веса пересчитывали все остальные веса. По вычисленным таким образом точкам строили кривые изменения относительного веса животных (рис.2).

Мы установили, что загрязнение среды выбросами медеплавильного производства КМК не влияет ни на морфофизиологические признаки, ни на их изменение под действием голода (табл. I). На упитанность полевок - индекс состояния - также, видимо, не оказывается загрязнение среды (рис. I). Реакция на голод с последующим изменением веса отчетливо различается у перезимовавших полевок и сеголеток (рис. 2). Отличались по реакции на голод и два изученных вида серых полевок. Поэтому особенно удивительным оказалось, что кривые, описывающие изменение веса после голодания, у сеголеток с биостанции и из С-З-К полностью совпали, в то время как токсикологами в экспериментах на морских свинках и белых мышах установлена различная реакция на голод и последующее восстановление веса у затравленных и контрольных животных (Рылова, 1964). Автор считает, "что такой метод позволяет выявить какие-то изменения организма, не обнаруживаемые пока другими методами, но несомненно возникшие под влиянием вредных веществ". В этой связи, исходя из наших результатов, можно предположить, что полевки, живущие в зоне выбросов КМК, не получают того уровня загрязняющих веществ, который является критическим для организма и вызывает снижение его жизнеспособности. Защитную роль в этом случае играет полог леса, несмотря на отмеченную ботаниками деградацию растительных сообществ (Черненъкова, 1985), это не повлияло на обеспеченность грызунов кормом и на их состояние. Поэтому численность и видовой состав грызунов в обследованных нами районах вполне соответствует численности и видовому составу в лесных со-

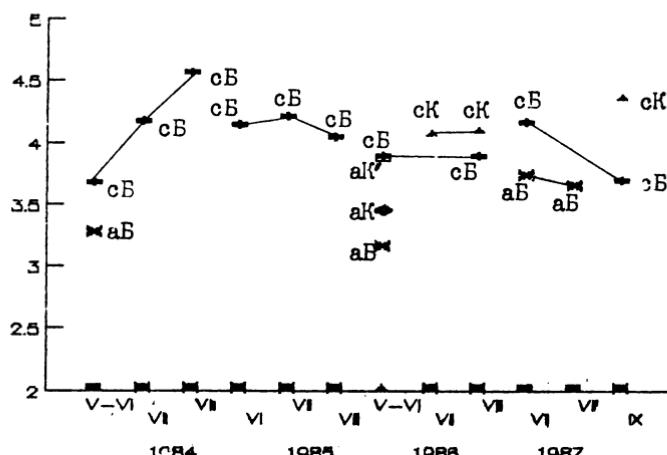


Рис.1 Индекс состояния обыкновенной полевки в разные годы динамики численности. По оси абсцисс: индекс состояния, по оси ординат: месяцы и годы исследования.

Условные обозначения: а - перезимовавшие полевки, с - сеголетки; Б - биостанция, К - С-З-К, К' - Ю-В-К /названия мест отлова расширены в тексте/.

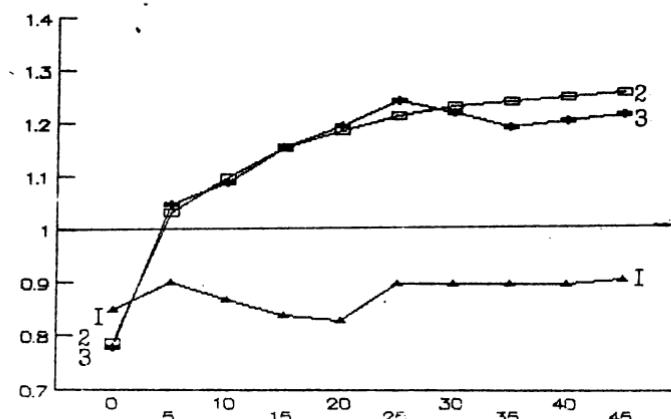


Рис.2 Динамика восстановления веса после голода у обыкновенной полевки. По оси абсцисс: дни взвешивания животных, отсчитанные от дня голода. По оси ординат: относительный вес животного.

Условные обозначения: I - перезимовавшие полевки и 2 - сеголетки с биостанции, 3 - сеголетки из С-З-К.

Таблица I

Морфофункциональные индексы, % 1986 г.

Вид	Время отлова	Место отлова		Печень	Селезенка	Сердце	Правая почка	Правый надпочечник % х10
ОБЫЧНОВЕННАЯ ПОЛЕВКА	конец мая - начало июня	Ю-В-К	с	7 5,9/1,2	3,2/1,4	6,1/1,0	7,3/1,2	3,7/1,1
			г	8 5,4/1,0	2,8/1,2	7,7/1,3	8,2/1,4	3,8/1,6
		биостанция	с	12 5,5/0,9	3,7/2,2	5,9/0,9	7,3/1,2	2,6/1,4
			г	9 4,8/0,7	3,0/1,6	7,5/1,1	8,5/2,1	2,7/1,7
	август	С-З-К	с	5 6,1/1,5	2,8/1,3	6,2/1,0	7,5/0,8	2,1/0,8
			г	10 5,0/1,1	1,8/0,4	6,3/1,4	7,5/0,9	2,1/0,9
		биостанция	с	13 6,0/1,1	3,8/1,6	6,3/2,2	8,3/0,6	3,4/1,1
			г	13 5,4/0,9	3,6/1,6	6,1/0,8	8,5/1,3	3,6/1,6
ПОЛЕВКА-ЭКОНОМКА	июнь	С-З-К	с	10 5,6/1,2	2,4/0,7	5,9/0,9	7,6/0,9	1,9/1,1
			г	5 4,7/1,8	1,7/1,1	7,5/1,1	8,2/1,2	1,6/0,6
	август	С-З-К	с	10 5,4/1,1	3,2/2,1	5,5/1,4	6,9/0,7	3,3/1,6
			г	10 4,9/0,4	2,7/1,1	5,6/0,4	7,3/1,2	1,5/0,8
	биостанция	с	8 5,0/0,7	1,7/1,1	5,3/0,4	6,8/0,8	2,2/1,3	
		г	8 4,9/0,6	2,3/0,9	5,7/0,9	7,3/1,2	2,5/1,1	

Условные обозначения: с - сытые, г - голодающие животные; над чертой - среднее значение признака, под чертой - дисперсия; сокращение мест отлова даны в тексте; к - отмечены сеголетки. Ни по одному признаку не обнаружено достоверных различий на 95% уровне значимости.

обществах территорий, не подвергавшихся таким сильным воздействиям.

Таким образом, мы полагаем, что полевки вряд ли подходят в качестве видов-индикаторов для мониторинга медеплавильного производства и, по-видимому, производств других цветных металлов. Наруженность растительных сообществ вызывает, главным образом, кислотные дожди, которые не оказывают большого влияния на грызунов.

## Л и т е р а т у р а

Рылова М.Л. Методы исследования хронического действия вредных факторов среди в эксперименте. - Л.: Медицина, 1964. - 228 с.

Саноцкий И.В. Методы определения токсичности и опасности химических веществ. - М.: Медицина, 1970. - 343 с.

Черненькова Т.В. Влияние промышленных выбросов на лесные фитоценозы. - Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. - М., 1985. - 17с.

Adamczewska-Andrzejewska K.A. Population structure of *Microtus arvalis* against the background of a community of rodents in crop fields.-Polish Ecological Studies, 1982, v.7, 2, p.193-212.

Hayward G.F., Phillipson J. Community structure and functional role of small mammals in ecosystems.- Ecol. Small Mammals.- London, 1979, p.135-211.

Heikura K. Effect of climatic factors on the field vole *Microtus agrestis*.- Oikos, 1977, 29, p.607-615.

Hinrichsen D. Multiple pollutants and forest decline.- "AMBIO", 1986, v.15, 5, p.258-265.

Judy A. Acid rain: a global problem gets wors.- World Wood, 1983, v.24, 7, p.18-19.

L'Hirondelle S.J. Eff cts of  $\text{SO}_2$  on leaf conductance, xylem tension, fructose and sulphur levels on jack pine seedlings.- Environ.Pollut., 1985, A39, 4, p.373-386.

Keller T., Beda H. Effects of  $\text{SO}_2$  on the germination of conifer pollen.-Environ.Pollut., 1984, A33, 3, p.237-243.

Krause G.H., Jung K.D., Prinz B. Neure Untersuchungen zu Aufklärung immisionsbedingter Waldschäden.- "VDI-BER," 257-266.

Miller H.G. Deposition - plant - soil interaction.- Phil. Trans-Roy Soc.- London, 1984, B305, 1124, p.339-351.

## С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Вершинин В.В. Методологические аспекты биоиндикационных свойств амфибий .....	3
Пистолова О.А., Трубецкая Е.А. Использование бесхвостых амфибий в биоиндикации природной среды .....	18
Некрасова Л.С. Влияние выбросов медеплавильного производства на беспозвоночных животных .....	31
Лукьяннова Л.Е., Лукьяннов О.А. Методы оценки состояния популяций мелких млекопитающих в условиях техногенного воздействия .....	50
Ратиатуллина Э.З. Цитологические методы оценки состояния популяций обыкновенной полевки в зоне промышленного загрязнения .....	56
Черноусова Н.Ф. Методические аспекты мониторинга при изучении влияния выбросов медеплавильного производства (на примере полевок) .....	65

## БИОИНДИКАЦИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Рекомендовано к изданию

Ученым советом Института экологии растений и животных  
и НИСО УрО АН СССР

Ответственный за выпуск: О.А.Пястолова

---

Подписано в печать 26.03.90 НС 17073 Формат 60x84/16

Печать офсетная. Бумага типографская Усл.печ.л. 4,5

Усл.-изд.л. 3,0. Тираж 200 экз. Заказ 473 Цена 30 коп.

---

Институт экологии растений и животных УрО АН СССР

Адрес института: 620219, Свердловск, ГСП-51, ул.8 Марта, 202.

Цех №4 п/о "Полиграфист", Свердловск, Тургенева, 20.