

БОЛГАРСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ

ПРОБЛЕМЫ ФОНОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Вторая школа биологического мониторинга
15 - 17.02.1984

Итоги сотрудничества стран-
членов СЭВ по проблеме
«Глобальная система монито-
ринга окружающей среды»

София. 1987

Издательство Болгарской академии наук

Электронный репринт: © Борис Фомин bn-fomin@yandex.ru, 2015

PROBLEMS OF THE BACKGROUND ECOLOGICAL MONITORING

SECOND SCHOOL OF BIOLOGICAL MONITORING

15-17.02.1984

PUBLISHING HOUSE OF THE BULGARIAN

ACADEMY OF SCIENCES. SOFIA. 1987

Фомин Б.Н. Некоторые теоретические предпосылки разработки методов фонового полевого биологического мониторинга.— В кн.: Проблемы фонового экологического мониторинга (Вторая школа биологического мониторинга, 15-17.02.1984). София, Издательство Болгарской академии наук, 1987. с. 7-24.

ПРОБЛЕМЫ ФОНОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Вторая школа биологического мониторинга, 15-17.02.1984

София, Издательство Болгарской академии наук, 1987

НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ ФОНОВОГО ПОЛЕВОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Б.Н. Фомин,
Лаборатория мониторинга природной среды и климата
Госкомгидромета и АН СССР, Москва

1. Основная цель и задачи фонового полевого мониторинга наземной биоты

Необходимость осуществления регулярного полевого контроля состояния биоты в условиях фонового загрязнения природной среды логически следует из нескольких соображений. По мере развития мировой экономики уровни, разнообразие форм и размеры полей антропогенного воздействия на биосферу постоянно увеличиваются, причем скорость увеличения степени воздействия с течением времени также растет [1,7,8]. Не имея возможности построить логико-математическую модель биосферы «в натуральную величину», человечество никогда не будет в состоянии предвидеть всех аспектов последствий своего воздействия на биосферу со стороны вновь возникающих форм производственно-экономической активности. С помощью прогностических моделей реального уровня сложности предсказать можно многое, но не все. Поэтому в дополнение в прогностических моделях типа модели «экзогенной сукцессии» [20,21,22,23] необходимо иметь систему оперативного выявления наметившихся антропогенно обусловленных тенденций изменения состояния биоты [33].

Основную цель работ, проводимых по программе полевого фонового биологического мониторинга в рамках создаваемой системы экологической службы СССР, можно определить как выявление и экологическую оценку антропогенно обусловленных сдвигов в состоянии биоты на ключевых участках, образующих сеть станции комплексного

(биологического, геохимического и геофизического) фоновое экологического мониторинга [1,17,29].

Подсистема биологического мониторинга с данной целевой установкой, используя наиболее удобную и практически реализуемую систему показателей и программу наблюдений, должна на уровне существующих возможностей обеспечить биологическую индикацию общих сдвигов в природной среде для того, чтобы информировать о них заинтересованные научные организации, аппарат управления и широкую общественность с целью предотвращения необратимых изменений состояния биоты.

Кроме того, полевой биологический мониторинг должен решать задачи, возникающие в рамках создания и функционирования прогностической модели экологического мониторинга. Эти задачи связаны с верификацией отдельных блоков модели, определением значений ряда параметров, например, коэффициентов межвидовых взаимодействий, и с проверкой адекватности контрольных прогнозов [14, 24].

2. Формальная постановка основной задачи полевого биологического мониторинга

Важнейшим свойством биологических видов, которое необходимо учитывать как при разработке прогностических моделей [21], так и программ долгосрочных полевых наблюдений, является их способность к эволюционным преобразованиям, направленным на повышение устойчивости к любому, вновь возникающему селективному давлению со стороны необратимых изменений окружающей среды. Так как интенсивность антропогенного воздействия на биосферу с начала эпохи техногенеза все время увеличивается, то следует предполагать, что популяции организмов, слагающих современные биоценозы, находятся в состоянии непрекращающегося переходного процесса адаптивных перестроек, пытаясь обрести ускользающее равновесие с непрерывно меняющимися условиями природной среды. Поэтому формирование наблюдаемого в природных условиях отклика биологического вида на антропогенное воздействие, который обычно выражают через снижение среднего уровня плотности популяции, произошедшее за период наблюдений, можно представить в виде следующего уравнения:

$$\Delta y = \Delta x - \Delta z \quad (1),$$

где Δy – выраженное в числе особей приходящихся на единицу про-

странства, снижение среднего уровня плотности популяции за период наблюдений;

Δx – выраженный в тех же единицах эффект воздействия при отсутствии адаптации;

Δz – выраженный в тех же единицах эффект адаптации к воздействию.

С помощью этой простой модели попробуем в общих чертах определить основной путь решения проблемы обнаружения и оценки эффектов антропогенного воздействия на биоту в фоновых условиях методами полевого биологического мониторинга.

Из рассмотрения уравнения (1) сразу же становится ясным, что задача полевого биологического мониторинга принципиально не может быть сведена только к регистрации и статистическому анализу временной динамики плотности природных популяций некоторого набора биологических видов в эталонных экосистемах, так как значение Δy может равняться нулю, при $\Delta x = \Delta z$, и отсутствие временного тренда в изменении плотности популяции вовсе не означает, что данный биологический вид не испытывает антропогенного воздействия. Эколого-экономическая значимость последствий адаптивных перестроек у вида может оказаться гораздо важнее эффекта снижения или увеличения его численности как таковой. Поэтому задача-минимум полевого биологического мониторинга должна состоять в определении всей правой части уравнения:

$$\Delta x = \Delta y + \Delta z \quad (2)$$

По-видимому, только в этом случае любые затраты на организацию полевого биологического мониторинга имеют надежду быть оправданными. К этому следует добавить, что оценка эффектов антропогенного воздействия на биоту в форме решения правой части уравнения (1) по сути дела входит в компетенцию прогностического моделирования и нет нужды ее дублировать методами полевого биологического мониторинга. Для иллюстрации последнего утверждения преобразуем уравнение (1) так, чтобы подчеркнуть его аналогию с постановкой задачи прогноза отклика биоты на антропогенное воздействие в схеме моделирования экзотенной сукцессии [21,22]. Исходя из того, что $\Delta y = y_n - y_1$, где n – число повторностей определения плотности популяции биологического вида через равные промежутки времени, имеем:

$$\check{k} = (y_n/y_1)^{1/n-1}, \text{ где } \check{k} - \text{среднегеометрическая}$$

оценка коэффициента размножения на интервале генераций от 1 до n , или $\Delta y = y_1^{k^{n-1}} - y_1$. Подставив последнее выражение в уравнение (1) и сделав некоторые преобразования получим: $\dot{y} = [1 + (\Delta x - \Delta z)/y_1]^{1/(n-1)}$. Все переменные в правой части полученного уравнения имеют информационное соответствие параметрам, используемым для прогноза результатов антропогенного воздействия на биоту в модели экзотенной сукцессии.

3. Качественная оценка величины эффекта, подлежащего определению методами полевого биологического мониторинга в фоновых условиях

Полевые методы в биологических исследованиях представляют собой довольно грубый «измерительный инструмент» с помощью которого, при разумном ограничении на число измерений, бывает трудно оценить очень слабые эффекты. Поэтому попробуем хотя бы на качественном уровне составить представление о вероятной величине эффекта Δx , подлежащего оцениванию в форме определения правой части уравнения (2) методами полевого биологического мониторинга в фоновых условиях. С этой целью сначала оценим примерное соотношение значений переменных, указанных в (1), которых они достигают у биологических видов в импактных и фоновых условиях загрязнения природной среды. В импактных условиях значение Δy обычно велико, так как легко наблюдаемо, тогда из уравнения (1) следует, что

$$\Delta y \approx \Delta x \gg \Delta z \quad (3)$$

В фоновых условиях у подавляющего большинства видов Δy мало, так как до сих пор не поддается достоверному обнаружению, и, по-видимому, выполняется соотношение

$$\Delta x \approx \Delta z \gg \Delta y \quad (4)$$

Очевидно, такого же мнения о соотношении этих переменных у большинства биологических видов в фоновых условиях придерживаются Ф.Н. Семевский и С.М. Семенов [21], полагая, что «скорость антропогенных изменений химического состава среды в глобальном масштабе сейчас невелика, а скорость адаптивных перестроек биоты, напротив, довольно значительна», то есть большинство видов успевает приспосабливаться к медленно меняющимся условиям среды.

Однако, не все биологические виды в фоновых условиях характеризуются малыми значениями наблюдаемого отклика на антропогенное воздействие. В случае особо чувствительных к загрязнению природной среды видов, например, эпифитных лишайников, и в фоновых условиях выполняется соотношение (3). По-видимому, это происходит потому, что эпифитные лишайники являются симбиотическими организмами и верхний предел скорости адаптивной эволюции у них на несколько порядков ниже, чем у прочих видов. Действительно, партнеры симбиоза не могут существовать друг без друга, однако имеют изолированные генетические аппараты наследственной изменчивости. Из этого следует, что число встречаемых, благоприятных для сохранения дальнейшего симбиоза, мутаций в расчете на одну генерацию, у них будет составлять величину порядка 10^{-2n} , по сравнению с 1^{-n} у одиночных видов. Поэтому, можно считать, что у эпифитных лишайников, которые демонстрируют реакцию угнетения там, где, судя по большинству других видов, на первый взгляд ничего не происходит, большое значение наблюдаемого отклика (Δy) формируется просто за счет малого значения Δz . Логично предположить, что в отсутствии способности к быстрым адаптивным перестройкам при одинаковом уровне антропогенного воздействия все биологические виды были бы не менее чувствительными, чем эпифитные лишайники. Следовательно, величина эффекта Δx , который подлежит оцениванию методами полевого биологического мониторинга, в форме определения правой части уравнения (2), то есть $\Delta y + \Delta z$, в фоновых условиях, у любого биологического вида, в определенном смысле, не меньше значения отклика (Δy), который демонстрируют в тех же условиях самые чувствительные к загрязнению виды эпифитных лишайников.

4. Биологическая индикация наличия экологически существенного антропогенного загрязнения природной среды

Задача полевого биологического мониторинга состоит не в том, чтобы регистрировать любые изменения биологических объектов в пространстве и во времени, а в выявлении именно антропогенной составляющей этих изменений. Поэтому, полевой биологический мониторинг должен основываться на наблюдении таких характеристик биоты, изменение значений которых, само по себе индицирует наличие экологически существенного антропогенного воздействия на природную среду.

Не касаясь проблемы биологической диагностики присутствия конкретных загрязнителей в природных средах, рассмотрим два универсальных подхода к обнаружению интегрального эффекта антропогенного воздействия на биоту. Первый основывается на учете вклада антропогенного воздействия в формирование любого неспецифического отклика биоты при изменении уровня загрязнения окружающей среды [26]. Основной проблемой применения этого метода в полевых условиях является необходимость и трудность учета, обычно очень высокого уровня шума, создаваемого воздействием естественных факторов окружающей среды [24]. Второй подход заключается в выявлении факта наличия адаптивных перестроек взаимоотношений биологических видов с окружающей средой. В качестве теоретического обоснования этого подхода можно выдвинуть следующие доводы:

1) До эпохи техногенеза, в течение длительного периода времени на протяжении последних примерно миллиона лет, на больших участках земной поверхности количество и качество независимых средообразующих факторов, определявших все возможное разнообразие существовавших природных условий, практически не менялось [19];

2) За это время у существующих биологических видов прошел и давно закончился процесс адаптивных перестроек, направленных на оптимизацию их взаимоотношений друг с другом и способов реагирования на флуктуирующие в пределах существовавшей факторной структуры, условия среды [3, 6, 10, 15, 25, 32, 34];

3) В современную эпоху факторная структура природной среды обогатилась еще одним независимым измерением – качественно новым фактором глобального проявления, не имеющим аналогии в прошлом – антропогенным загрязнением биосферы [1, 2, 7, 8, 19, 21];

4) Потенциально высокая экологическая существенность этого фактора, многократно проверенная в лабораторных экспериментах и подтвержденная полевыми исследованиями экологических эффектов загрязнения природной среды на импактных уровнях, не вызывает сомнений [5, 11, 12, 13, 16, 27, 30];

5) Качественное изменение условий природной среды, которое приносит с собой антропогенное загрязнение, с необходимостью должно вызвать у всех существующих биологических видов возобновление эволюционного процесса адаптивных перестроек, так как

качественно меняющаяся среда перестала быть оптимально соответствующей адаптивным реакциям видов на прежние условия, а биологические виды, по сути своей, являются непрерывно самоадаптирующимися системами [15,18,21];

6) Эволюционные изменения системы адаптивных реакций на среду обитания у биологических видов достоверно наблюдаются в импактных условиях загрязнения природной среды. При этом следует учесть, что районы импактного загрязнения, в некотором смысле, одновременно являются зоной пристального внимания человека ко всем изменениям, происходящим в биоте [12,16];

7) Морфо-функциональная конструкция особей, посредством изменения которой биологические виды могут перестраивать свою систему адаптивных реакций на среду обитания, внутренне довольно жестко скоррелирована [52]. Поэтому, за исключением почти невероятных вариантов, которые могут возникнуть в случае проявления актов прогрессивной эволюции у биологических видов, находящихся в процессе адаптивной эволюции, изменение хотя бы одного параметра системы адаптивных реакций, не может не сказаться на изменении других [21]. Это обстоятельство позволяет индицировать наличие антропогенного воздействия на биологический вид по наличию временного тренда в изменении всех параметров системы его адаптивных реакций на совокупность естественных, экологически существенных факторов среды, не принимая во внимание изменение его адаптивной реакции на само антропогенное воздействие.

К этому следует добавить, что, исходя из данных предыдущего раздела, шансы обнаружить полевыми методами в фоновых условиях эффект адаптации к антропогенному воздействию, по-видимому, не меньше, чем выявить временной тренд в угнетении популяций таких видов как лишайники.

5. Способ описания адаптивных реакций у контролируемых видов

Систему параметров адаптивных реакций у биологического вида можно определить как функцию, ставящую в соответствие каждой вектор-точке пространства экологически существенных факторов среды обитания определенное значение биологически существенной характеристики состояния его популяции, например, уровня плотности. При этом под термином «адаптивная реакция» подразумевается

эволюционно-сложившийся и генетически закрепленный характер изменения показателей жизненной активности особей или уровня плотности популяции биологического вида в ответ на изменение значений того или иного фактора среды. Графические изображения адаптивных реакций Шелфорд (Shelford, 1913) называл «кривыми толерантности» [36].

На основе многочисленных эмпирических данных установлено, что виды имеют, как правило, «колоколообразное» распределение плотности популяции вдоль градиента каждого фактора среды. У некоторых видов отмечается несколько пиков, отражающих центральные точки адаптации экотипов. В пространстве нескольких факторов, как и при измерении по одному фактору, видовые популяции широко перекрываются, но их центральные точки адаптации рассеяны по всему гиперобъему факторного пространства [28]. Вид зависимости между уровнем плотности популяции (y) и интенсивностью проявления какого-либо одного экологически существенного фактора среды (x) можно определить теоретически, исходя из следующих соображений.

Количество доступной энергии, которую извлекает каждая особь в единицу времени из среды обитания и может затратить на адаптацию к воздействию суммы всех экологически существенных факторов среды, ограничено. Поэтому, перераспределение энергии, направленное на усиление адаптации к воздействию одного фактора будет пропорционально уменьшать эффективность адаптации к воздействию суммы всех остальных факторов [15,16,21].

Морфо-функциональная конструкция организмов обладает определенной жесткостью, поэтому, по отношению к любому экологически существенному фактору среды существует такое значение α интенсивности проявления этого фактора, при котором особь затрачивает минимум энергии на поддержание своего существования. Логично предположить, что затраты доступной энергии организма на адаптацию к воздействию одного фактора при интенсивности его проявления равной x , прямо пропорциональны разности между α и x . Это количество энергии будет уже недоступно организму для адаптивной реакции на воздействие других факторов, поэтому общая защищенность особи уменьшается. Уменьшение защищенности каждой особи приведет к снижению уровня плотности популяции в целом. Это рассуждение позволяет нам связать интенсивность снижения уровня плотности популяции в окрестностях значения x , т.е. $\frac{dy}{dx}$ приходящееся на одну особь, т.е. $\frac{dy}{y \times dx}$ с затратами энергии организма на адап-

тивную реакцию к воздействию фактора при отклонении интенсивности его проявления от оптимума равном $\alpha - x$. Таким образом, мы можем записать:

$$\frac{dy}{y \times dx} = \alpha - \beta x$$

После интегрирования обеих частей этого уравнения получаем:

$$\ln y = \alpha x - \frac{\beta}{2} x^2 + a$$

или в более общем виде:

$$\ln y = A + Bx - Cx^2$$

где y - плотность популяции или другой биологически существенный параметр; x - средообразующий фактор; A - масштабный коэффициент; B и C - видоспецифические параметры. Графическое изображение функциональной зависимости такого типа представлено на рис. 1.



Рис.1 Форма кривой, аппроксимирующей адаптивную реакцию вида на изменение значений экологически существенного средообразующего фактора

Адаптационный оптимум вида на градиенте рассматриваемого средообразующего фактора соответствует такому значению $\mathbf{x}^*$, при котором значение биологически существенного параметра популяции достигает максимума. В данном случае $\mathbf{x}^* = \mathbf{B}/2\mathbf{C}$. Размах устойчивости вида по отношению к рассматриваемому средообразующему фактору ($\mathbf{L}$) можно оценить величиной отклонения от значения $\mathbf{x}^*$, при котором значение $\mathbf{y}(\mathbf{x})$ становится, например, вдвое меньше максимального:

$$L_{0,5} = \sqrt{-\frac{\ln 0,5}{\mathbf{C}}}$$

Адаптивная реакция популяции на некоторые факторы среды может быть редуцирована до зависимости вида: $\ln \mathbf{y} = \mathbf{A} + \mathbf{Bx}$, когда $\mathbf{C} = 0$. Несомненно, что одним из таких факторов является количество биологически доступных форм энергии или, другими словами, пищи. Адаптивный смысл такой реакции на этот фактор заключается, по-видимому, в том, что популяция за счет способности к экспоненциальному росту численности особой получает возможность использовать почти весь имеющийся в каждый момент времени ресурс, не давая повода обосноваться на данном ресурсе своим конкурентам.

Как отмечает Э. Пианка [15] со ссылкой на работу [35] в эволюционном масштабе кривые толерантности должны отчасти изменяться по мере того, как естественный отбор приводит их в соответствие с изменившимися внешними условиями.

Очевидно, что за долгий период эволюции каждый биологический вид выработал видеоспецифическую адаптивную реакцию по отношению к каждому фактору среды. Другими словами, каждый биологический вид обладает своей системой адаптивных реакций, которая по сути дела и выражает его качественную определенность и экологическую сущность.

6. Оценка параметров системы адаптивных реакций у биологических видов по результатам полевых исследований

Для того, чтобы оценить параметры адаптивной реакции вида по отношению к какому-либо фактору среды необходимо располагать данными по изменению значений биологически существенной характеристики популяции данного вида вдоль градиента данного фактора. Требуемую информацию можно получить в поле, проводя одновременные

учеты плотности популяции данного вида в нескольких типах местообитаний выделенных на ландшафтно-типологической основе. Набор типов местообитаний будет отражать комплексный градиент изменения условий природной среды в пределах того ключевого участка, в котором проводится исследование. Комплексный градиент изменения природных условий можно описать в пространстве многих характеристик, измерив их значения в каждом из местообитаний. Однако, как справедливо отмечает Макфедьен [12] «можно заметить, что факторы, имеющие биологическое значение, далеко не всегда соответствуют величинам, измеряемым при помощи приборов». Для того, чтобы обойти это затруднение, необходимо на основе полученной в поле информации построить регрессионную модель аппроксимирующей изменчивость плотности популяции контролируемого вида по всему ряду обследованных местообитаний. В качестве регрессоров в данной модели должно быть использовано минимальное число наиболее информативных характеристик условий природной среды или сочетаний этих характеристик.

Тогда в отношении отобранных характеристик мы сможем утверждать, что они коррелируют или являются образами экологически существенных факторов среды, от которых зависит уровень плотности популяции контролируемого вида. Коэффициенты регрессии при этих характеристиках будут соответствовать параметрам той части системы адаптивных реакций вида, которая ответственна за оптимальное реагирование на экологически существенные факторы, подверженные пространственной и пространственно-временной изменчивости в пределах ключевого участка. При этом, конечно, не следует забывать, что уравнение регрессии есть лишь средство для перевода информации одного вида в другой [31]. В процессе преобразования исходных данных с помощью регрессионной модели происходит потеря части полезной информации в силу частичной неадекватности модели. Однако, на эту жертву приходится идти сознательно для того, чтобы преобразовать исходные данные в форму, пригодную для дальнейшего анализа.

С учетом изложенной в предыдущем разделе функциональной зависимости между одним экологически существенным фактором и биологически существенным показателем состояния популяции, изменение плотности популяции интересующего нас вида организмов на многомерном градиенте пространственной изменчивости факторов среды обитания можно описать с помощью внутренне линейной регрессионной модели, представленной в форме следующего уравнения:

$$\ln(Y_j + r) = A_0 + \left[\sum_{i=1}^n (B_i x_{ij} + C_i x_{ij}^2) \right] + \varepsilon_j$$

где Y_j — расчетная плотность популяции в j -том местообитании;

r — бесконечно малая константа, искусственно добавляемая к каждому фактически наблюдаемому значению плотности популяции, для того, чтобы включить в расчеты факторные характеристики местообитаний с нулевой оценкой плотности популяции интересующего нас вида;

A_0 — свободный член;

B_i, C_i — коэффициенты регрессии на i -тый фактор;

x_{ij} — значение i -того фактора в j -том местообитании;

ε_j — величина отклонения фактически наблюдаемого значения плотности популяции в j -том местообитании от расчетного;

n — число средообразующих факторов, используемых в модели.

Построение регрессионных моделей осуществляется в начальный период исследования и требует, чтобы комплексный градиент природных условий ключевого участка был описан возможно большим числом разнообразных характеристик, значительная часть которых будет отброшена в процессе подбора наиболее информативных регрессоров. При последующем сборе данных модель уже не будет перестраиваться, так что необходимость в регистрации излишних характеристик отпадает. На первых этапах также придется затратить много усилий на производство различных вычислений, которые немыслимы без использования быстродействующих ЭВМ с большим объемом оперативной памяти.

В дальнейшем, при повторных обследованиях, использование регрессионной модели будет преследовать одну цель — оценку коэффициентов A_0 , B_i и C_i , позволяющих описать адаптивную реакцию контролируемого вида на каждый i -тый регрессор.

Через несколько лет наблюдений накопятся временные ряды значений коэффициентов, которые можно будет подвергнуть анализу на выявление трендов в их изменении. Наличие трендов будет указывать на перестройку системы адаптивных реакций контролируемого вида и, следовательно, на изменение степени его приспособленности к среде обитания.

7. Интерпретация результатов слежения за изменением параметров систем адаптивных реакций у контролируемых видов

Если после нескольких лет наблюдений не удалось выявить временного тренда в изменении параметров системы адаптивных реакций у контролируемого вида, то это дает основание утверждать, что данный вид не имеет тенденций к вымиранию. Если временной тренд обнаружен, то необходимо произвести оценку экологической значимости этого тренда следующим образом. Заменяем значения коэффициентов регрессионной модели, полученные в последний год наблюдений, теми, которые были получены в первый год, и рассчитаем, не принимая во внимание нулевой член, уровни плотности популяции по всему ряду типов ландшафтных выделов. Теперь сравним полученный ряд плотности с рядом, рассчитанным аналогичным образом по коэффициентам последнего года. В результате сравнения двух рядов могут быть выявлены две ситуации. Либо все или часть значений первого ряда больше второго, либо одни значения больше, а другие – меньше. В первом случае мы можем утверждать, что данный вид снижает приспособленность во всех или части своих местообитаний и, в общем, имеет тенденцию к вымиранию. Во втором случае следует говорить о том, что вид успевает перестроить оптимальным для него образом свои взаимоотношения с изменяющейся средой и имеет тенденцию к изменению своего экологического статуса в таком-то направлении.

В принципе этой информации будет достаточно для дальнейшего эколого-экономического анализа, рассмотрение которого не входит в рамки данной работы.

Заключение

Таким образом, полевой фоновый биологический мониторинг не ставит своей целью количественные оценки и прогноз влияния на биоту конкретных загрязнителей и их сочетаний или других форм антропогенного воздействия. Для осуществления биологического контроля состояния природной среды полевыми методами нет принципиальной необходимости в использовании информации, касающейся уровней концентрации загрязнителей в природных средах или других формах антропогенного воздействия на окружающую среду. Сущность предлагаемого подхода заключается в выявлении направленных сдвигов (трендов) в состоянии самой биоты по таким показателям, изменение зна-

чений которых может произойти только или вернее почти исключительно за счет антропогенно обусловленных изменений природной среды. Поэтому, полевой биологический мониторинг в рассматриваемом варианте не дублирует мониторинг загрязнителей и экспериментальных работ по выявлению «доза-ответных» реакций биоты, а лишь существенно дополняет их. Например, ни геофизический, ни геохимический мониторинг в сочетании с системой лабораторного токсикологического контроля предполагаемых загрязнителей не могут гарантировать полного учета на «входе в окружающую среду» всех форм и разновидностей антропогенных воздействий. Некоторые из до сих пор неизвестных и никак не учитываемых воздействий могут оказаться экологически существенными. Тогда их вклад в сумму со всеми известными воздействиями будет учтен по ответной реакции биоты методами полевого биологического мониторинга.

Общая методологическая установка предполагаемого здесь направления полевых исследований по программе биологического мониторинга антропогенно обусловленных сдвигов биоты заключается в смещении акцентов мониторинга на такие показатели биоты в целом и отдельных ее компонентов, которые характеризуют степень оптимальности взаимодействия биологических видов с окружающей средой.

С этих позиций в отношении возможностей оценки состояния биологических видов можно утверждать, что перестройка системы адаптивных реакций вида может происходить только в ответ на изменение стационарных значений экологически существенных характеристик природных режимов среды обитания. В свою очередь изменение стационарных значений характеристик природных режимов в течение ближайших нескольких десятилетий может произойти только в результате антропогенного воздействия, так как изменения за счет естественного саморазвития (эволюции) географической оболочки на столь малом отрезке времени пренебрежимо малы. Поэтому факт перестройки системы адаптивных реакций следует рассматривать как указание на наличие антропогенного воздействия, причем экологически существенного с точки зрения контролируемого вида организмов. Направление и степень перестройки системы адаптивных реакций позволяют, с одной стороны, получить исходную информацию для экологической оценки отклика биоты на антропогенное изменение при-

родной среды, с другой - получить информацию, косвенно указывающую на форму антропогенного воздействия (например, сдвиг оптимума адаптивной реакции какого-либо вида растений на градиент увлажнения в сторону большей засухоустойчивости может служить косвенным указанием на повышение уровня промышленного загрязнения приземного слоя атмосферы, так как имеются данные, что устойчивость растений к этой форме антропогенного воздействия повышается с увеличением степени ксерофильности [9]).

Таким образом, биологический мониторинг позволит выявить из всех возможных антропогенных воздействий факт наличия экологически существенного антропогенного воздействия, косвенным образом раскрывая его содержание, и дать биологическую оценку отклику биоты на воздействие в терминах направления к скорости изменения биологически существенных показателей состояния популяций контролируемых групп видов животных и растений.

Л и т е р а т у р а

1. Будыко М.И. Прошлое и будущее биосферы. Вестн. АН СССР, 1977, № 12, с.70-79
2. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере. Усп. совр. биол., 1944, т. 18, №2, с. 113-120
3. Гранд В. Эволюция организмов. М.:Мир, 1980, 407 с.
4. Герасимов И.П. Антропогенные преобразования природных экосистем и пути их изучения в биосферных станциях - заповедниках. В кн.: Биосферные заповедники. Л.: Гидрометеиздат, 1977, с. 25-33
5. Дажо Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975, 415 с.
6. Завадский К.М., Колчинский Э.И. Эволюция эволюции / историко-критические очерки проблемы/. Л.: Наука, 1977, 236 с.
7. Израэль Ю.А. Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка изменений состояния окружающей среды. Основы мониторинга. Метеорология и гидрология, 1974, №4, с. 3-8
8. Израэль Ю.А. Об оценке состояния биосферы и обосновании мониторинга. Доклады АН СССР, 1976, т. 226, №4, с. 955-957
9. Казанская Н.С. Поиски биоиндикаторов состояния (загрязнения) окружающей среды на экосистемном уровне. В кн.: Изучение загрязнения окружающей природной среды и его влияния на биосферу. Л.: Гидрометеиздат, 1979, с. 67-72

10. Левонтин Р. Генетические основы эволюции. М.: Мир, 1978, 351 с.
11. Леме Ж. Основы биогеографии. М.: Прогресс, 1976, 309 с.
12. Макфедьен Э. Экология животных. Цели и методы. М.: Мир, 1965, 375 с.
13. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975, 740 с.
14. О программе комплексного фоновое мониторинга состояния окружающей природной среды /Ю.А. Израэль, Л.М. Филиппова, Ф.Я. Ровинский, Г.Э. Инсаров, И.А. Колосков. Метеорология и гидрология, №9, 1978, с. 5-11
15. Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981, 399 с.
16. Риклефс Р. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979, 424 с.
17. Ровинский Ф.Я., Филиппова Л.М., Израэль Ю.А. Фоновый мониторинг: региональные и базовые станции, биосферные заповедники. В кн.: Мониторинг состояния окружающей природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1977, с. 116-130
18. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии. М.: Мир, 1969, 215 с.
19. Сватков Н.М. Основы планетарного географического прогноза. М.: Мысль, 1974, 197 с.
20. Семевский Ф.Н., Семенов С.М. Схема моделирования экзогенной сукцессии. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1978, т. I, с. 95-106
21. Семевский Ф.Н., Семенов С.М. Математическое моделирование экологических процессов. Л.: Гидрометеиздат, 1982, 280 с.
22. Семенов С.М. Математические основы моделирования экзогенной сукцессии. В кн.: Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Труды Международного симпозиума. Л.: Гидрометеиздат, 1980, с. 192-194
23. Семенов С.М., Филиппова Л.М. Прогнозирование состояния биоты в системе экологического мониторинга. В кн.: II международный симпозиум по комплексному глобальному мониторингу загрязнения природной среды. Тезисы докладов. Л.: Гидрометеиздат, 1981, с. 364-370
24. Теоретические и прикладные аспекты фоновое экологического мониторинга состояния биоты /Ю.А. Израэль, Л.М. Филиппова, Г.Э. Инсаров и др. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1980, т. 3, с. 7-23

25. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1977, 297 с.
26. Трунов Н.М., Короленко П.И., Дяттерев А.Ф. Неспецифическое тестирование вредных факторов среды. В кн.: Изучение загрязнения окружающей природной среды и его влияния на биосферу. Л.: Гидрометеиздат, 1979, с. 49-54
27. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. Количественный подход. М.: Мир, 1971, 463 с.
28. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980, 327 с.
29. Филиппова Л.М., Ровинский Ф.Я. Разработка принципов экологического мониторинга состояния природной среды биосферных заповедников /в рамках проекта №14 МАБ/. В кн.: Изучение загрязнения окружающей природной среды и его влияния на биосферу. Л.: Гидрометеиздат, 1979, с. 14-17
30. Фомин Б.Н. Ожидаемые эффекты хронического воздействия околофоновых концентраций хлорорганических соединений на позвоночных животных. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1981, т. 4, с. 155-168
31. Хейс Д. Причинный анализ в статистических исследованиях. М.: Финансы и статистика, 1981, 255 с.
32. Шмальгаузен И.П. Проблемы дарвинизма. Л.: Наука, 1968, 597 с.
33. Экологический мониторинг в связи с задачей регулирования качества окружающей природной среды /Л.М. Филиппова, Ф.Н. Семевский С.М. Семенов, В.А. Абакумов, Г.Э. Инсаров, М.Я. Антоновский. В кн.: Всесторонний анализ окружающей природной среды. Труды III Советско-американского симпозиума. Л.: Гидрометеиздат, 1978, с. 172-190
34. Эрлих, Холм Р. Процесс эволюции. М.: Мир, 1966, 330 с.
35. Brown J.H., Feldmeth C.R. Evolution in constant and fluctuating environments: thermal tolerances of desert pupfish (*Cyprinodon*).- *Evolution*, 1971, v. 25, p. 390-398.
36. Shelford V.E. The reactions of certain animals to gradients of evaporating power and air. A study in experimental ecology - *Biol. Bull.*, 1913, v.25, p. 79-120.

SOME THEORETICAL FUNDAMENTAL DEVELOPMENT METHODS IN FIELD BIOLOGICAL MONITORING

B. Fomin

Summary

The essence of the proposed approach is in the revelation of trends in biota state according to the indices which are entirely preconditioned by man-induced changes in the environment. Therefore, the variant of field biological monitoring under consideration does not duplicate the pollutant monitoring and trials aimed at revealing «dose-response» reactions of biota, but only adds to them.

The general methodology of the researches under consideration performed according to the program of biological monitoring of man-induced changes in biota implies a shift of monitoring accents onto the biota indices which characterize the degree of optimum interrelation of biological species with the environment. From this point of view the reorganization of the system of species adaptive reactions is caused only by the change in stationary values of ecologically important characteristics of natural regimes in habitats.

On the other hand, the change of stationary values may occur in the nearest decades only due to man, because the evolutionary changes of the landscape in such a short period are negligible. So the reorganization within the system of adaptive reactions can be considered as an indication of a man induced effect, and what is more, ecologically essential regarding the species under observation. The direction and degree of recognition enable one to obtain the initial information for the ecological-economic assessment of biota response to man-induced changes in the natural environment as well as the information indirectly indicating the type of man-made effect.

Thus the biological monitoring allows to distinguish ecologically essential effects and the assessments of the biota response on the direction and speed on the reorganization of biologically important indices.