

## Глава X. Биологические основы охраны природы

Охрана природы - одно из основных приложений биологических знаний. Ее главная цель - поддержание уровня биологического разнообразия, которое обеспечивает эволюцию популяций, а также экосистем разного ранга - от биогеоценозов до биосферы. Кроме того, к природоохранным мероприятиям относят восстановление используемых человеком биоресурсов.

Сохранение биологического разнообразия является составной и неотъемлемой частью стратегии устойчивого развития (§41).

Разнообразие живых существ используется человеком и для введения новых видов живых существ в культуру и в селекционном процессе (§51).

Для сохранения биологического разнообразия необходим представительный набор охраняемых территорий, совершенствование охраны отдельных видов живых существ и экосистем, их всестороннее исследование, а также использование различных методов сохранения видов и генофонда, как в природе, так и в искусственных условиях.

### § 57. Сохранение и поддержание биологического разнообразия на популяционно-видовом уровне

Вымирание многих видов и исчезновение отдельных популяций на протяжении последних нескольких тысячелетий явно связано с деятельностью человека. Нередко это сознательное истребление вида. Считается, что скорость вымирания видов в современную эпоху выше естественной в 1000-10000 раз. За последние 400 лет из-за человека исчезло не менее 600 видов животных и почти 400 видов растений.

Виды, подвиды и популяции, нуждающиеся в охране, вносятся в специальные списки, снабженные биологическими комментариями. Такие перечни обычно называют "**Красными Книгами**", так как в первом подобном официальном международном издании виды, которым угрожала опасность, были помещены на красных листах. Разработаны специальные критерии, позволяющие установить необходимые охранные мероприятия.

В России включение вида в "Красную Книгу" означает введение полного запрета на его изъятие из природы.

Можно привести довольно длинные перечни видов, внесенных в разнообразные "Красные Книги". Несколько примеров. В международный "Красный Список" внесены такие млекопитающие, как гепард, снежный барс, или ирбис, амурский тигр, большинство крупных видов китов, птицы - красноногий ибис (см. форзац), стерх, насекомые - бабочки-голубянки из рода макулинеа, аполлон. В России, кроме большинства перечисленных видов, строгой охране подлежат такие животные, как уссурийский леопард, калан (млекопитающие), гусь-сухонос, восточно-сибирские виды

журавлей, рыбный филин (птицы), реликтовый усач (см. форзац), уссурийский палочник, степная дыбка, многие шмели и дневные бабочки - парусник Маака, серецин (насекомые).

Довольно велик список "краснокнижных" растений, среди них - кирказон маньчжурский, женьшень, магнолия обратнойцевидная, лотос, многие орхидеи, в том числе башмачки настоящий и крупноцветковый (см. форзац), водяной орех.

Охрана отдельных видов живых организмов, их групп или (реже) популяций является традиционной. Запрет на изъятие отдельных видов накладывался еще в Древнем Египте, хотя, конечно, в те времена чаще всего мотивы охраны определялись религиозными воззрениями. Сейчас охрана видов, а также их отдельных популяций, широко распространена.

В 1994 г. Международный союз охраны природы предложил новую, очень подробную классификацию видов и популяций для переиздания "Международной Красной Книги". Эта классификация основана в первую очередь на популяционных критериях и включает следующих основные категории:

- вымершие виды (или таксоны),
- вымершие в природе,
- виды в крайне опасном положении,
- виды в опасном положении,
- уязвимые виды.

Помимо "Красных Книг" есть разнообразные ограничения на изъятие разных видов из природы. Эти ограничения могут носить как общероссийский, так и местный характер. Пример - это запрет отстрела многих промысловых птиц во время брачного сезона и выращивания птенцов или на отлов рыб во время нереста. Наиболее важны ограничения на международную торговлю, как особями охраняемых видов, так и продуктами, полученными из них.

Для охраны видов и популяций важно понимание причин вымирания.

В истории человечества такой причиной часто было интенсивное антропогенное воздействие. Один из наиболее ярких примеров уже исчезнувших видов - странствующий голубь (рис. 57 - 1). Его численность в Северной Америке еще в начале XIX в. была просто колоссальной, а в конце этого века в природе видели последних его представителей. В зоопарке последний экземпляр странствующего голубя погиб в 1914 г. Крупное морское млекопитающее - стеллерова корова (рис. 57 - 2) - было обнаружено русской экспедицией в 1741 г., а уже к 1768 г. она была полностью выбита моряками. Среди вымерших видов преобладают брюхоногие моллюски, птицы и млекопитающие.

Возможно, что охота древних людей сыграла важную роль в

исчезновении на севере Евразии и в Северной Америке мамонтов, шерстистых носорогов, лошадей (см. §43). Исчезновение того или иного вида стенобионтов (§43) может быть связано с уничтожением определенного типа экосистем. Резкое сокращение численности большой панды в Центральном Китае является результатом сведения девственных лесов, в которых растет их кормовое растение - бамбук.

Деятельность человека может привести и к существенному изменению популяционной структуры, например, к изъятию размножающихся или молодых особей. Иногда человек завозит более сильных конкурентов, мощное развитие которых приводит к исчезновению местных, локально распространенных форм. Завоз на Гавайские острова нескольких видов тропических растений из рода пассифлора привел к вытеснению одним из них многих местных эндемичных растений. Это привело к сокращению области распространения своеобразных гавайских лесных экосистем.

Непосредственная причина вымирания - это, как правило, превышение смертности над пополнением популяции (см. §32). Отсутствие каких-либо ограничений на отлов, отстрел и сбор приводит к резкому сокращению численности многих промысловых видов, например, рыб. Сейчас разработаны правила, регулирующие изъятие. Часто они допускают отлов или отстрел только самцов, либо особей определенного размера.

Сокращение численности многих видов связано с заболеваниями. Реальную угрозу представляют возбудители сибирской язвы, ящура, миксоматоза и некоторых другие. Свои болезни есть и у растений. Источником распространения возбудителей часто являются одомашненные животные и растения, популяции которых из-за высокой плотности могут быть очагами распространения возбудителей.

Сейчас в качестве одной из причин вымирания популяций часто рассматривается фрагментация, т.е. расчленение единой популяции на более мелкие. Это значительно увеличивает вероятность исчезновения таких групп особей благодаря случайным факторам, а также инбридингу (см. § 46).

Существует математические модели, которые позволяют оценить численность **минимально жизнеспособной популяции**, т.е. такой популяции, в которой убывание генетического разнообразия за одно поколение крайне мало и которая может существовать долго.

Вспомните, что для этого важно не только общее число особей в популяции, но и то, какие это особи и каков их реальный вклад в будущие поколения. Для оценки числа размножающихся особей используют такой показатель, как **генетически эффективный размер** популяции (или ее **эффективная численность**). Чем ближе реальный и генетически эффективный

размер популяции, тем больше вероятность ее выживания.

Есть несколько моделей оценки эффективной численности:

Первая из них позволяет учесть соотношение разных полов:

$$N_e = 4N_1N_2/(N_1+N_2),$$

где  $N_e$  - генетически эффективный размер популяции,  $N_1$  и  $N_2$  - соответственно число самок и самцов.

Если известна эффективная численность и задано соотношение числа самцов и самок, то по этой формуле можно приблизительно оценить реальную численность минимально жизнеспособной популяции ( $N_1+N_2$ ), которую можно использовать при природоохранных мероприятиях. Причем речь идет только об особях, способных размножаться! Уменьшения же скорости утраты изменчивости в популяции в подобной ситуации часто можно добиться только за счет ее разделения на несколько поселений меньшего размера.

Другая модель предназначена для оценки эффективной численности для тех случаев, когда наблюдаются резкие флуктуации размера реальной популяции:

$$\frac{1}{N_e} = \frac{1}{t} \left( \frac{1}{N_1} + \dots + \frac{1}{N_t} \right),$$

где  $t$  - количество поколений,  $N_i$  - количество особей в  $i$ -ом поколении.

Численность многих видов и популяций настолько мала, что реально выработать меры по их сохранению в живой природе очень сложно. Часто это осуществимо только в границах охраняемых территорий, где экосистемы охраняются полностью. Вместе с тем при выделении участков для охраны каких-то конкретных видов необходимо помнить, что многие из них распространены пятнисто и что для длительного существования популяции необходимо достаточно большое число особей, обычно связанных со значительной территорией.

Печальная судьба многих уже исчезнувших видов, например странствующего голубя, заставляет задуматься над другими возможными способами сохранения отдельных видов. Один из них - это **реинтродукция** (лат. re- приставка, означающая повтор, и *introductio* - введение) вида в те экосистемы, где они ранее были, но потом по тем или иным причинам исчезли. Так, успешным было возвращение одного из видов бабочек-голубянок в своеобразные меловые экосистемы Англии. Численность и ареал европейского зубра были частично восстановлены после Второй мировой войны в некоторых европейских заповедниках, в частности, в знаменитой "Беловежской пуще". Сейчас предпринимаются попытки реинтродуцировать лошадь Пржевальского в пустынные районы Монголии и Китая, а аравийского орикса - в пустыни Аравийского полуострова.

Сохранение генофонда может осуществляться за счет

искусственного разведения вида. Например, некоторые виды копытных (олень милу, или Давида, лошадь Пржевальского, антилопа аравийский орикс) сохранились только в зоопарках. Общее число особей каждого из этих видов не превышает нескольких сот голов.

Семена растений можно длительное время сохранять в специальных коллекциях, как сохраняется уникальная коллекция культурных и близких к ним дикорастущих растений, собранная Н.И. Вавиловым и его учениками (§51). В последнее время предпринимаются попытки создать подобные коллекции и для животных. Однако клетки животных сохранить труднее. Их приходится подвергать глубокому замораживанию. Но путь этот вполне реален, хотя и дорог.

## Вопросы

- Какие виды, обитающие в вашем регионе, занесены в "Красные Книги"? А какие виды следовало бы еще включить?
- Какими способами можно охранять отдельные виды и популяции?
- Предложите методы сохранения генофонда какого-то редкого вида.
- Предположим, что в одном из зоопарков удалось сохранить несколько пар странствующих голубей. Как вы думаете, с какими последствиями столкнулись бы жители США при реинтродукции этого вида?
- Оцените генетически эффективный размер популяции (эффективную численность) для следующих случаев:
  - 50 самцов и 50 самок
  - 10 самцов и 90 самок
  - 10 самцов и 990 самок
  - 90 самок и 10 самцов.

О чем свидетельствуют полученные результаты?

- Для известной эффективной численности (100 особей) оцените численность минимально жизнеспособной популяции при следующих соотношениях самцов и самок: 1:1, 2:1, 1:4, 1:10, 99:1. О чем свидетельствуют ваши вычисления?
- Оцените эффективную численность для следующих случаев:

	Поколение (число особей)				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	100	1000	10	1000	100
Вариант 2	100	200	100	200	100

Вариант 3	1000	1000	10	1000	1000
-----------	------	------	----	------	------

Объясните полученные результаты.

### § 58. Сохранение и поддержание биологического разнообразия на экосистемном уровне

Поддержание биоразнообразия на экосистемном уровне частично достигается за счет традиционных природоохранных методов, направленных на регулирование либо изменение отдельных экологических факторов или форм антропогенных воздействий. Например, часто предлагается сокращение загрязнения, эрозии, соблюдение культуры земледелия и скотоводства. Однако основной способ сохранения и поддержания биоразнообразия на экосистемном уровне - это выделение участков (территорий и акваторий) с различным природоохранным режимом.

Такие участки обычно существенно различаются по природоохранному режиму. **Заповедники** - территории с наиболее жесткими ограничениями на деятельность человека. В России заповедники - научно-исследовательские учреждения. Их территории обычно включают ненарушенные или слабо нарушенные экосистемы. Здесь запрещена любая хозяйственная деятельность. Меньшие ограничения типичны для **национальных парков, заказников и памятников природы**.

Некоторые из таких участков охранялись на протяжении веков. Но подавляющее их большинство было создано в XX веке, когда вмешательство человека в жизнь природы во многих районах Земли стало катастрофическим. Один из современных подходов к выделению охраняемых участков - определение положения тех мест, где разнообразие видов наиболее велико.

Любая экосистема не может существовать без соседей. Как вы знаете (см. §36), нередко основные особенности экосистемы определяются потоками вещества и энергии из соседних экосистем. Именно поэтому при создании охраняемых природных объектов необходимо учитывать их взаимосвязь с окружением.

Важная черта всех экосистем - их динамичность. Невозможно законсервировать экосистему на какой-то стадии развития, даже климаксной. Развитие будет обязательно продолжаться. Это означает, что охраняемая территория должна включать в себя экосистемы, находящиеся на разных сукцессионных стадиях. Только в этом случае будут сохраняться виды, определяющие развитие экосистемы на том или ином этапе.

Каждый охраняемый участок ограничен по площади, поэтому в его пределах разнообразие может поддерживаться лишь на более

низком уровне, чем на исходной большей площади. По теоретическим оценкам, заповедник или резерват площадью 10 кв. км теряет 3 из каждых 10 видов, обитающих в его окрестностях на площади 100 кв. км. Это проявление так называемого эффекта **инсуляризации** (лат. *insula* - остров), связанного с ограничением площади и появлением преград, разрушающих естественные популяции видов.

Наиболее известный пример инсуляризации - это о. Барро-Колорадо, образовавшийся в 1914 г. при затоплении Панамского канала и почти сразу получивший статус заповедного. За полвека из 208 ранее гнездившихся здесь видов птиц исчезло 48. По теоретическим расчетам средний заповедник (около 4000 кв. км) через полвека должен потерять 11% видов крупных млекопитающих, а через 500 лет - почти половину (44%).

В общем виде эти процессы описываются моделью равновесия Мак-Артура и Уилсона для островных условий. В соответствии с этой моделью видовой состав изолированных участков находится в состоянии динамического равновесия между иммиграцией из районов, служащих источником заселения (например близлежащего континента), и вымиранием колонистов. Графическое отображение этой модели показано на рис. 58 - 1. Вы видите, что при увеличении числа видов на острове скорость успешного внедрения новых видов падает, а вероятность вымирания возрастает. На пересечении кривых есть точка S, соответствующая равновесному числу видов.

Сейчас во многих странах площадь охраняемых территорий достигает 10% от всей площади страны. В первую очередь это относится к развивающимся странам Африки и Южной Америки, а также к США и Канаде. В Европе общая площадь заповедников намного меньше, но их довольно много.

В России и других странах СНГ площадь охраняемых территорий далеко не достаточна. Самые большие по площади российские заповедники расположены в Сибири и на Дальнем Востоке. На юге Европейской России и в степях юга Сибири заповедников немного (форзац).

Среди заповедников есть биосферные. В России их 16 (на 1996 г.). **Биосферные заповедники** обладают международным статусом. Их размещение должно достаточно полно отражать все биомы Земли. Биосферные заповедники могут включать участки, на которых местное население ведет традиционное хозяйство, например, занимается отгонным скотоводством или подсечным земледелием. Если биосферный заповедник соседствует с интенсивно используемыми участками, то обычно он окружается территориями с менее жестким природоохранным режимом (рис. 58 - 2).

В национальных парках обычно разрешен туризм. Для этого отводятся специальные участки и размечаются тропы. Отдельные

участки подобных парков могут строго охраняться. Очень часто в национальных парках сохраняется разреженное местное население, которое ведет хозяйство традиционными способами. Часто национальные парки связаны с так называемыми буферными зонами заповедников, т.е. с участками, прилегающими к заповедникам и служащими для их защиты.

Заказники обычно предназначены для охраны какой-то группы биологических объектов, например, водоплавающих птиц. Разного рода резерваты и памятники природы обычно учреждаются местными властями. Их площадь невелика. Часто эти участки важны для функционирования местных экосистем либо для сохранения популяций разных видов. Нередко это просто территории интересные в эстетическом отношении.

Сходные типы охраняемых территорий есть и в других странах.

## Вопросы

- Какие охраняемые территории есть в вашем регионе? Сравните их по природоохранному режиму. Оцените необходимость их выделения и достаточность охранного режима.
- Какие еще охраняемые территории следовало бы организовать в вашем регионе? Обоснуйте необходимость их выделения и требуемые формы охраны.

## § 59. Биологический мониторинг и биоиндикация

Прогнозировать будущее как отдельных экосистем, так и всей биосферы позволяет **биологический мониторинг** (лат. *monitor* - тот, кто напоминает, предупреждает), т.е. система слежения и контроля за состоянием сообществ и популяций живых организмов. Задача биологического мониторинга - выяснение тенденций и закономерностей изменения сообществ и популяций, оценка перспектив их развития и разработка предложений по управлению экосистемами и популяциями.

Наблюдения за отдельными видами живых существ и состоянием некоторых сообществ - часто самый простой путь оценки изменений в экосистеме в целом. Изменение морфологии особей, численности, распределения видов и экологических групп обычно четко отражает перестройки на экосистемном уровне, в том числе в результате деятельности человека. Это, так называемая **биоиндикация**.

Биологический мониторинг и индикация могут осуществляться на разных уровнях. Одним из них является глобальный, охватывающий всю Землю и все типы экосистем.

В рамках Программы ООН по окружающей среде существует Глобальная система природоохранного мониторинга, в которой в компьютеризованном виде собираются различные данные, характеризующие состояние природы. Для получения данных используется специальное наземное и космическое оборудование. Передача данных осуществляется по быстродействующим линиям связи. Современные методы анализа информации уже позволяют оценить характер изменения загрязненности в различных районах.

Есть национальные и региональные системы биологического мониторинга, собирающие данные для какого-то конкретного участка земной поверхности.

Важной частью биологического мониторинга является биоиндикация, т.е. использование биологических объектов для оценки состояния экосистем. Дело в том, что многие физико-химические методы достаточно трудоемки. Но если наблюдать за изменениями состояния многих животных и растений, а также их популяций и сообществ, можно установить, как меняется их окружающая среда и даже прогнозировать эти изменения.

Основой биоиндикации является то, что каждый вид имеет определенные пределы существования - область толерантности. Многие живые организмы способны существовать в пределах очень небольших колебаний какого-либо фактора, например, солености. Именно они наиболее удобны для биоиндикации.

Если брать популяционный уровень, то и здесь можно выявить индикационные признаки. Например, для ряда видов хорошо известна связь между определенным фенотипом и состоянием окружающей среды. Нарастание доли темных (часто черных) особей березовой пяденицы обычно свидетельствует о повышении загрязнения местности (см. § 45).

Нередко чувствительным индикатором является и структура сообщества. Например, господство эврибионтов или видов, связанных с ранними стадиями сукцессий, обычно свидетельствует о значительных нарушениях в экосистеме.

Среди конкретных методов биоиндикации есть инструментальные, когда отобранные образцы приходится анализировать теми или иными физическими либо химическими методами, и есть визуальные, когда воздействие определяется по изменению морфологических, рисуночно-окрасочных и других явных признаков объекта-индикатора.

Например, хлороз - бледная окраска листьев между жилками (рис. 59 - 1) - обычно является результатом присутствия тяжелых металлов либо слабого воздействия газообразных выбросов

промышленности. Нередко наблюдаются некрозы (отмирание части тканей) (рис. 59 - 2), опадение листвы, изменения типичных форм и размеров, а также плодовитости. Очень четко на загрязнение воздуха реагируют лишайники.

Упомянутый выше хлороз, а также другие изменения в окраске листьев высших растений являются одним из типичных признаков, свидетельствующих о присутствии повышенных концентраций кислых газодымовых выбросов. Степень такого воздействия может быть оценена не только на глаз, но и с помощью некоторых химических методов (хроматография, спектрофотометрия), в частности благодаря тому, что в результате загрязнения хлорофилл начинает превращаться в другие соединения и соответствующие спектральные характеристики изменяются. При загрязнении часто нарушается и обычное соотношение каротиноидов.

Сейчас есть специально отобранные для биоиндикации формы живых существ. Так, сорт табака Bel W 3 очень восприимчив к содержанию озона. Даже при слабом его воздействии по всему листу образуются густые некротические серебристые пятна (рис. 59 - 3).

Многие растения и животные избирательно накапливают редкие химические элементы. В результате такой аккумуляции можно выявить интенсивность загрязнения экосистем, например, тяжелыми металлами (в первую очередь свинцом).

Биоиндикация в разных формах может быть использована во-первых, для оценки характера загрязнения воздуха. Так, некрозы у некоторых сортов гладиолусов, тюльпанов, петрушки свидетельствуют о повышенной концентрации фтористого водорода, межжилковые некрозы и хлорозы у люцерны, гречихи, гороха, большого подорожника - о присутствии двуокиси серы, деформация хлоропластов у фасоли и салата - хлора, отмирание цветочных почек петунии и закручивание листьев салата и томатов - о присутствии этилена.

Во-вторых, возможно широкое использование этого подхода для оценки загрязнения почвы. В этом случае особенно ценны виды, реагирующие на небольшие изменения химического и механического состава почвы, например, на засоление или вытаптывание. Так, на лугах появление пырея обыкновенного отражает разрушение дернины. Появление на распаханых участках хвощей свидетельствует о повышенной увлажненности почв.

## Вопросы

- Используя материалы учебника, разработайте схему биологического мониторинга на местном, региональном и глобальном уровнях: какие параметры, где, какими способами и как часто нужно отслеживать?
- Какие растения и животные, обитающие в вашей местности, можно использовать для биоиндикации?

