

ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИИ

ЦЕНТР ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ

В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий,
Н.Г. Кряжева, Е.К. Чистякова, А.Т. Чубинишвили

ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ: МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

Оценка состояния природных
популяций по стабильности развития:
методическое руководство для заповедников

МОСКВА
2000

Издание осуществлено в рамках проекта Глобального экологического фонда «Сохранение биоразнообразия Российской Федерации, компонент В: Охраняемые природные территории».

В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева, Е.К. Чистякова, А.Т. Чубинишвили.

Здоровье среды: методика оценки. — М.: Центр экологической политики России, 2000. — 68 с.

ISBN 5-93692-020-8

Цель публикации состоит в привлечении внимания к методологии оценки здоровья среды и обеспечении ее практического использования. Настоящая публикация представляет собой методическое руководство по одному из подходов к оценке здоровья среды — оценке стабильности развития по морфологическим признакам как наиболее простому и доступному для самого широкого использования.

Для широкого круга специалистов в области охраны природы и оценки среды.

ISBN 5-93692-020-8

ООО УМК «Психология»

ИД №00451 от 15.11.99

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ОЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ	7
РОЛЬ ОЦЕНКИ СРЕДЫ	7
Приоритетность биологической оценки	7
Современные задачи мониторинга	8
Требования к современным методам контроля среды	9
Необходимость новой системы оценки среды	11
Место оценки здоровья среды в общей системе мониторинга	11
МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ	12
Оценка здоровья экосистемы, популяции и особи	12
Гомеостаз — главная мишень здоровья среды	13
Основные подходы	14
Адекватность современным требованиям и задачам мониторинга	16
ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ	17
Интегральная и экспресс оценка среды	17
Оценка антропогенных воздействий	17
Оценка естественных изменений: фоновый мониторинг	19
Оценка всего комплекса воздействий	19
Мониторинг во времени и пространстве	20
Оценка нарастания и снижения воздействия	21
Синтез программ биоразнообразия и экотоксикологии	21
Здоровье среды и здоровье человека	22
МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	23
Значимость мониторинга здоровья среды	24
Мониторинг здоровья среды и летопись природы	24
Мониторинг здоровья среды и научные исследования	24
Мониторинг здоровья среды и развитие ООПТ	25

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО	27
ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	27
Стабильность развития и флуктуирующая асимметрия	27
Выбор объекта	27
Места сбора материала	28
Выбор системы морфологических признаков	29
Популяционные выборки	29
Получение данных и статистическая обработка	29
Интерпретация получаемых результатов	33
Значимость получаемых оценок	35
ОБЪЕКТЫ МОНИТОРИНГА	36
Растения	36
Рыбы	41
Земноводные	44
Млекопитающие	47
ПРИЛОЖЕНИЯ	51
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	64

ВВЕДЕНИЕ

Все возрастающее воздействие на окружающую природную среду диктует необходимость контроля ее состояния, обеспечения ее благоприятности для живых существ и человека. Эта задача все чаще звучит как обеспечение здоровья среды. Под здоровьем среды в самом общем смысле принимается ее состояние (качество), необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ. Это ставит на повестку дня необходимость разработки операциональных систем его оценки.

В настоящее время мы имеем большой арсенал методов для выявления эффекта различных воздействий на состояние среды. Основная проблема состоит не в разработке новых методов, а в создании методологии, обеспечивающей критерии того, как сделать правильный выбор. Методология оценки здоровья среды как раз и предлагает возможный путь для выполнения этой задачи.

С целью развития и практического использования методологии интегральной биологической оценки качества среды с 1989 г. работала Международная программа «Биотест». Предлагаемая методология неоднократно обсуждалась на международных и национальных встречах. Она апробировалась (как в лаборатории, так и в природе) в ходе практической деятельности национальных и международных групп экспертов по оценке качества среды и состояния отдельных видов в различных регионах. Впервые методология была опубликована в 1993 г. Она включает систему различных подходов для оценки состояния организма по гомеостазу развития для разных видов живых существ.

Настоящая публикация представляет собой методическое руководство лишь по одному подходу - оценке стабильности развития по морфологическим признакам, как наиболее простому и доступному для самого широкого использования.

Цель публикации состоит в привлечении внимания к предлагаемой методологии оценки качества среды и обеспечении ее практического использования.

Структура текста предусматривает рассмотрение следующих моментов. В первом разделе дана общая характеристика методологии и ее места в общей системе оценки среды. Второй раздел содержит рекомендации по использованию предлагаемого подхода при организации мониторинга в системе особо охраняемых природных территорий, где реализация методологии представляется особенно перспективной. К настоящему времени развитие этих работ поддержано Управлением заповедного дела Госкомэкологии РФ, создан первый Региональный центр мониторинга здоровья среды в Воронежском заповеднике. Третий раздел содержит собственно методическое руководство. Сюда включены как общие рекомендации, так и конкретное руководство по использованию отдельных объектов.

Мы будем считать цель настоящей публикации достигнутой, если она привлечет внимание специалистов в области охраны природы и оценки качества среды и окажется полезной в их практической работе.

Несомненно, как сама методология, так и в особенности набор конкретных методов должны совершенствоваться, что планируется отразить в последующих публикациях. В связи с этим авторы будут признательны за любые замечания, которые могли бы способствовать ее улучшению.

Авторы выражают благодарность всем тем, кто принимал участие в обсуждении и осуществлении практической реализации предлагаемой методологии, а также в подготовке настоящей публикации. Мы признательны Глобальному Экологическому Фонду, благодаря поддержке которого стало возможным завершение настоящей работы и подготовка этой публикации.

ОЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ

РОЛЬ ОЦЕНКИ СРЕДЫ

Проведение оценки качества среды, ее благоприятности для человека необходимо для:

- определения состояния природных ресурсов;
- разработки стратегии рационального использования региона;
- определения предельно допустимых нагрузок для любого региона;
- решения судьбы районов интенсивного промышленного и сельскохозяйственного использования, радиационно зараженных районов и др.;
- выявления зон экологического бедствия;
- решения вопроса о строительстве, пуске или остановке определенного предприятия;
- оценки эффективности природоохранных мероприятий, введения очистных сооружений, модернизации производства и др.;
- введения новых химикатов и оборудования;
- создания рекреационных и заповедных территорий.

Ни один из этих вопросов не может быть объективно решен лишь на уровне рассмотрения формальных показателей, а требует проведения специальной разносторонней оценки состояния среды. Таким образом, оценка качества среды оказывается узловой задачей любых мероприятий в области охраны природы и природопользования.

ПРИОРИТЕТНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

При всей важности проведения оценки качества среды на всех уровнях, с применением различных подходов (включая физические, химические, социальные и др. аспекты), приоритетной представляется именно биологическая оценка. Наиболее простым объяснением этому может быть то, что именно состояние, самочувствие различных видов живых существ и самого человека является ключевым моментом и в конечном счете волнует всех нас в наибольшей степени.

Разные подходы могут быть использованы для оценки качества среды. Очевидно, что прежде всего при этом необходима базовая информация о любых глобальных и локальных изменениях среды, содержании различных поллютантов в разных компонентах экосистем. Тем не менее, необходимо иметь в виду, что многообразие поллютантов и видов воздействия на среду уже сейчас исчисляется тысячами наименований и продолжает расти. Это означает, что определение содержания каждого поллютанта в различных компонентах среды и лабораторная оценка его токсичности, в особенности куммулятивного эффекта всего многообразия сочетаний различных воздействий, становятся невозможными. В такой ситуации получение интегральной информации о качестве среды при всем комплексе воздействий представляется наиболее важным. Достижение этой цели возможно посредством оценки состояния живых существ, что необходимо для получения информации о благополучии среды и ее пригодности для существования человека.

СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ МОНИТОРИНГА

Система оценки качества среды в настоящее время должна быть адекватной для решения комплекса различных задач. Прежде всего, используемые подходы и методы должны обеспечивать возможность для выявления последствий любых антропогенных воздействий. Главными видами антропогенных факторов являются различные химические и физические (главным образом, тепловое и радиационное) воздействия.

Отдельной задачей является оценка состояния среды и в особенности ее живых компонентов при ландшафтных изменениях. В результате деятельности человека существенно изменяются местообитания, что влечет к изменению состояния живых существ. Выявление последствий таких изменений также должно быть доступно используемым методам оценки.

Кроме оценки последствий антропогенных воздействий, необходима организация слежения за естественными изменениями в состоянии окружающей среды. Осуществление такого мониторинга представляется важным по ряду причин:

- для понимания общих тенденций в изменении среды как в локальном, так и в глобальном масштабе;
- для получения представлений о возможных изменениях среды в силу естественных причин для сравнения с результатами, получаемыми в районах интенсивного антропогенного воздействия;
- для интегральной оценки качества среды, ее состояния при всем комплексе воздействий.

При этом оценка среды необходима как в пространстве (путем выявления различий между различными местообитаниями), так и во времени (путем выявления изменений в состоянии среды в одном месте).

Отдельной задачей, роль которой сейчас постоянно возрастает, является обеспечение регистрации откликов окружающей среды не только на возрас-

тание, но и на снижение степени неблагоприятного воздействия. Возможность получения оперативной информации о появлении позитивных сдвигов в ответ на предпринимаемые усилия часто оказывается достаточно существенным затруднением для многих подходов.

ТРЕБОВАНИЯ К СОВРЕМЕННЫМ МЕТОДАМ КОНТРОЛЯ СРЕДЫ

Для решения всех указанных задач современные подходы и методы оценки среды, видимо, должны отвечать следующим требованиям.

Оценка степени отклонения от оптимума

Хорошо известно, что какие-то изменения происходят постоянно. Главным при этом является ответ на вопрос о том допустимы ли они, находятся ли в пределах нормы, или свидетельствуют об отклонении от нее. Иными словами, необходима оценка позитивности или негативности происходящих изменений, степени их отклонений от оптимума. Именно это и оказывается затруднительным при использовании многих подходов.

Оценка наиболее общих параметров

При оценке качества среды и организации контроля за ее возможными изменениями используются различные параметры и подходы. При этом возникает вопрос, что же означают выявляемые изменения, почему используется именно данный тест или объект. По-видимому, для решения задачи оценки качества среды в целом, необходимо использовать наиболее общие параметры, характеризующие важнейшие принципиальные черты рассматриваемой системы и ее функционирования.

Чувствительность

Чувствительность методов, применяемых для оценки состояния среды, является одним из наиболее важных требований. Потребность в таких чувствительных методах особенно возрастает в настоящее время, когда в силу повышенного внимания к проблемам охраны природы и в связи с развитием природоохранных мероприятий, становится необходимым оценивать не только и не столько существенные, как правило уже необратимые, изменения в среде, но и менее значительные отклонения, когда еще возможно, в случае принятия надлежащих мер, вернуть систему в прежнее нормальное состояние. Вместе с тем, чувствительность применяемых подходов не должна быть чрезмерной. Она должна выявлять отклонения от нормы, требующие принятия определенных мер для устранения их причины. Методы и подходы, обладающие повышенной чувствительностью, могут давать неадекватную информацию, выявляя обычные флуктуации в состоянии любой системы.

Универсальность

Система, предлагаемая для оценки качества среды должна быть универсальной как в отношении вида оцениваемого воздействия, так и типа экосистем и вида живых существ, по отношению к которым такая оценка проводится. Учитывая многообразие региональных особенностей, типов экосистем и видов живых существ, а также отраслей хозяйственной деятельности и видов воздействия, представляется невозможным каждый раз создавать новую методологию, систему подходов, методов и тест-объектов применительно к каждой отрасли и региону. Оценка комплекса различных воздействий при этом оказывается практически невыполнимой. При необходимости учета особенностей региона, экосистемы, набора видов и пр., методология и общая система подходов оценки среды должна быть достаточно универсальной.

Пригодность для оценки реальной природной ситуации

Даже самые совершенные лабораторные модели, позволяющие оценить биологические последствия различных антропогенных воздействий, обычно оказываются недостаточными для понимания реальной ситуации в природе. Это происходит прежде всего потому, что протестировать в лаборатории все возможные поллютанты и промоделировать все возможные типы воздействия не представляется возможным. А если учесть, что в реальных ситуациях живые существа встречаются с их различными сочетаниями, такая оценка становится невозможной изначально. Кроме того, любые лабораторные данные лишь в определенной степени пригодны для объяснения реальных природных ситуаций. В связи с этим возможность охарактеризовать реальную ситуацию в конкретном регионе или в районе определенного предприятия, оказывается одним из узловых требований к разрабатываемым системам подходов и методов для оценки среды.

Пригодность для широкого использования

При удовлетворении всех выше указанных требований, используемая для контроля среды система должна быть относительно простой и доступной. Именно это может обеспечить ей возможность быть операциональным инструментом, пригодным для широкого использования. В настоящее время существует ряд современных молекулярно-биологических тестов на качество среды, но в силу высокой технологической сложности и стоимости их использование оказывается ограниченным. При этом возникает вопрос нужно ли использовать такие сложные методы при решении общей задачи контроля за состоянием среды и нельзя ли получить сходную информацию более доступным способом.

НЕОБХОДИМОСТЬ НОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ СРЕДЫ

Существующие системы биологического контроля качества среды, давая необходимую базовую информацию о видовом разнообразии, имеют определенные ограничения в использовании и интерпретации получаемых результатов. Определенные изменения в видовом составе происходят постоянно в результате глобальных и локальных сукцессионных процессов разной природы. При этом нелегко разграничить естественные и антропогенные изменения. Хотя низкое видовое разнообразие соответствует деградации экосистем, интерпретация любых изменений видового разнообразия в терминах позитивности или негативности для экосистемы, живых существ и человека во многих случаях затруднительно. Так, на ранних стадиях процессов эвтрофикации (вызываемых, например, сбросом теплых вод) возросшее видовое разнообразие, повышение численности и увеличение общих размеров тела особей отдельных видов могут сопровождаться негативными изменениями состояния этих организмов. Исчезновение определенных видов свидетельствует о достаточно серьезных и уже необратимых изменениях. Выявление позитивных изменений при этом оказывается затруднительным.

С другой стороны, многие достаточно совершенные современные методы оценки последствий антропогенного воздействия на состояние живого организма оказываются узко специализированными и пригодны главным образом лишь

- для лабораторного моделирования;
- для оценки определенного вида воздействия;
- в отношении одного модельного вида живых существ;
- в отношении одной черты функционирования организма.

Все это ставит на повестку дня необходимость разработки универсальной операциональной системы интегральной биологической оценки состояния экосистем и отдельных видов, пригодной и удобной для широкого использования с целью ранней диагностики любых негативных или позитивных изменений среды.

МЕСТО ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА

Очевидно, что мониторинг может осуществляться на разных уровнях. Не ставя перед собой задачу описать все возможные подходы, используемые для этой цели, в качестве основных можно выделить три следующих уровня:

Первый уровень

Крупномасштабная общая оценка ситуации и ее возможных изменений во времени. На этом уровне могут быть выявлены изменения ландшафта, растительного покрова и ряда других общих параметров.

Второй уровень

Более детальная информация о возможных изменениях в экосистеме может быть получена при реализации национальных и международных про-

грамм Биоразнообразия. На этом уровне выявляются возможные изменения видового состава различных групп живых существ.

Третий уровень

На этом уровне главной задачей является мониторинг здоровья среды. Он объединяет определенные аспекты двух традиционных направлений: биотеста, как такового, в виде лабораторных тестов на качество среды, и биоиндикации, как серии биологических оценок в природе. Это представляется оправданным, поскольку многие биологические подходы пригодны как для лабораторных, так и для полевых оценок, в то время как другие, основанные на использовании определенных видов в качестве биоиндикаторов, обычно применяются на другом уровне мониторинга, в программах Биоразнообразия.

Интегрирование ответов на вопрос "Как вы себя чувствуете?", который мы обычно используем по отношению друг к другу для того, чтобы справиться о состоянии здоровья, но адресованный разным видам живых существ, является базовым подходом оценки здоровья среды.

При всей важности осуществления мониторинга на всех уровнях, организация контроля за экологическими изменениями посредством мониторинга здоровья среды, как системы раннего предупреждения, выявляющей даже начальные изменения в состоянии живых существ разных видов до их исчезновения с рассматриваемой территории, представляется особенно перспективным.

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ

ОЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ ЭКОСИСТЕМЫ, ПОПУЛЯЦИИ И ОСОБИ

Суть методологии оценки здоровья среды состоит в том, что оценка качества среды производится в отношении здоровья экосистемы, путем интегрирования ответа на вопрос о здоровье ее компонентов, представленных разными видами живых существ. Особенностью предлагаемой методологии является то, что для оценки здоровья экосистемы используются не экосистемные и популяционные параметры как таковые, а показатели состояния организмов разных видов.

Подразделение системы мониторинга можно провести в соответствии с известной схемой уровней организации живого, имея в виду при этом молекулярный, индивидуальный, популяционный и экосистемный. С точки зрения используемых методов такое подразделение вполне оправдано, в то время как по сути объектом слежения при биологическом подходе в любом случае является состояние живого организма. Параметры и методы, используемые при этом, могут быть различными, характеризуя молекулярные, клеточные, тканевые или организменные процессы. Но все они при этом представляют интерес лишь как показатели состояния живого организма.

Характеристика популяции получается путем оценки выборки особей. Наиболее простым и операциональным подходом для биомониторинга на экосистемном уровне, видимо, может быть получение ответа на вопрос о состоянии популяций различных видов живых существ, представляющих различные ее компоненты. Путем суммирования такой информации можно получить характеристику состояния экосистемы в целом с биологической точки зрения.

Таким образом, в соответствии с предлагаемой системой главным объектом биомониторинга оказывается состояние живого организма, надежная оценка которого может быть получена лишь на популяционном уровне. Биологическая характеристика более высокого экосистемного уровня организации также сводится к оценке состояния популяций составляющих ее видов. Именно в этом и заключается ключевое значение исследования природных популяций, от состояния которых, в конечном счете, зависит как сохранение отдельных видов, так и нормальное функционирование экосистем в целом.

ГОМЕОСТАЗ — ГЛАВНАЯ МИШЕНЬ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ

Предлагаемая система биомониторинга создана как комплекс различных подходов для оценки состояния природных популяций самых разных организмов, находящихся под воздействием комплекса как естественных, так и антропогенных факторов. Фундаментальным показателем такого состояния является эффективность физиологических процессов, обеспечивающих нормальное развитие организма. В нормальных условиях организм реагирует на воздействие среды посредством сложной физиологической системы буферных гомеостатических механизмов. Эти механизмы поддерживают оптимальное протекание процессов развития. Под воздействием неблагоприятных условий эти механизмы могут быть нарушены, что приводит к изменению развития. Такие нарушения гомеостаза могут происходить до появления изменений, обычно используемых параметров жизнеспособности живых существ. Таким образом, методология оценки здоровья среды, основанная на исследовании эффективности гомеостатических механизмов, позволяет уловить присутствие стрессирующего воздействия раньше, чем многие обычно используемые методы.

Изменения гомеостаза развития отражают базовые изменения функционирования живых существ и находят выражение в процессах, протекающих на разных уровнях, от молекулярного до организменного, и соответственно, могут быть оценены по различным параметрам с использованием различных методов.

Принципиальная общность процессов гомеостаза развития у живых существ, позволяет использовать для анализа самые разные виды животных и растений. Главным преимуществом общего характера такой оценки является то, что нарушения, выявляемые на разных структурных и функциональных уровнях у разных организмов, несомненно свидетельствуют о наличии реального существенного воздействия, исключая возможность выявления частного специфического ответа или артефакта.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ

Методология предполагает использование широкого спектра независимых методов, которые оценивают эффективность гомеостаза развития. Условно все эти методы могут быть отнесены к пяти главным подходам, характеризующим различные структурно-функциональные уровни живого организма. При этом необходимо иметь в виду, что в пределах каждого из этих крупных подходов существует целый ряд различных методов, позволяющих выявлять изменения в измеряемых параметрах. Однако, многие из этих методов оказываются неприменимыми, поскольку либо не отражают изменения гомеостаза развития (что является основополагающей характеристикой всей предлагаемой концепции), либо не отвечают основным указанным требованиям, таким, как достаточная чувствительность для выявления даже первых обратимых изменений. При этом подразумевается, что набор конкретных методов в зависимости от целей проводимой оценки, а также по мере совершенствования технологии может несколько изменяться.

Основные подходы могут быть кратко охарактеризованы следующим образом (детальное описание основных подходов см. Захаров и др., 2000):

Морфологический

Прежде всего уровень гомеостаза развития может быть оценен с морфологической точки зрения. Основным подходом при оценке морфологических изменений, вследствие нарушений гомеостаза развития, является морфогенетический.

Главным при морфогенетическом подходе является характеристика стабильности развития, охватывающей процессы, которые снижают фенотипическое разнообразие, происходящее от нарушений в индивидуальном развитии. Снижение эффективности гомеостаза приводит к появлению отклонений от нормального строения различных морфологических признаков, обусловленных нарушениями развития. Последствия этих нарушений, в дополнение к обычно используемой для этой цели частоте существенных морфологических отклонений (фенодевиантов), как явных аномалий, могут быть оценены по величине показателей флуктуирующей асимметрии, как незначительных отклонений от совершенной билатеральной симметрии. Уровень таких морфологических отклонений от нормы оказывается минимальным лишь при определенных условиях, которые могут рассматриваться как оптимальные, и неспецифично возрастает при любых стрессовых воздействиях.

Патологоанатомические и гистологические методы также могут быть использованы для оценки стрессовых воздействий. Но эти методы часто отражают специфические необратимые изменения и могут быть использованы главным образом для подтверждения серьезности воздействия, ранее отмеченного с использованием более чувствительных подходов.

Генетический

Генетические изменения в соматических клетках представляют собой интегральный показатель гомеостаза развития, характеризуя как мутагенность среды, так и эффективность иммунной системы организма. В норме, большин-

ство генетических нарушений элиминируются посредством иммунной системы. Наличие таких нарушений является индикатором стресса, ведущего к появлению аномальных клеток и снижению иммунной потенции организма элиминировать подобные нарушения. Такие генетические нарушения могут быть выявлены как на хромосомном, так и на молекулярном уровне. Относительно простые и высокочувствительные цитогенетические методы, основанные на оценке структурных и числовых изменений хромосом в соматических клетках (включая микроядерный тест, сестринские хроматидные обмены, хромосомные аберрации и др.), обеспечивают характеристику стрессового состояния организма.

Физиологический

Стрессовое воздействие среды приводит к отклонению основных физиологических параметров организма от оптимального уровня. Существует большое число физиологических тестов на отклонение от оптимума, многие из них оказываются непригодными, поскольку не отвечают базовым требованиям (главным образом, в связи с частным характером оценок, недостаточной универсальностью и чувствительностью).

Одной из наиболее важных характеристик гомеостаза, высоко чувствительных к стрессовому воздействию среды, является энергетическая стоимость физиологических процессов. Среди различных методов исследования энергетического обмена наиболее доступным является оценка потребления кислорода. Наиболее экономичный энергетический обмен имеет место лишь при строго определенных условиях среды, которые могут быть охарактеризованы как оптимальные.

Другой базовой характеристикой гомеостаза развития, перспективной для оценки стрессовых воздействий, является темп и ритмика ростовых процессов.

Биохимический

С биохимической точки зрения изменение гомеостаза развития в ответ на стрессовое воздействие среды может быть оценено по эффективности биохимических реакций, уровню ферментативной активности и концентрации определенных продуктов обмена. Использование как неспецифических (таких как оксидазы), так и специфических ферментов открывает возможность для оценки общего и частного ответов на средовые изменения. Изменение определенных базовых биохимических процессов и структуры ДНК в результате биохимических реакций (например, при оксидантном стрессе) могут обеспечить необходимую информацию о реакции организма в ответ на стрессовое воздействие.

Иммунологический

Одной из наиболее важных характеристик состояния живого организма является оценка эффективности иммунной системы. В дополнение к выше указанному цитогенетическому подходу, характеризующему эффективность иммунной системы организма в отношении элиминации клеток с генетическими нарушениями, возможна оценка и других изменений иммунной потенции

организма путем анализа других иммунологических параметров, таких как состав крови, продукция антител, эффективность иммунного ответа, устойчивость к заболеваниям и стрессу и др.

Основополагающим принципом описанных подходов и методов является наличие оптимального уровня, любые отклонения от которого свидетельствуют о наличии стрессового воздействия. Обычно при оценке оптимума по любому параметру возникает вопрос о том для чего, в отношении какой характеристики организма данные условия являются оптимальными. Но оптимум оказывается сходным, если используемые показатели с разных сторон характеризуют общую черту организма. Столь разные и казалось бы совершенно независимые параметры как асимметрия морфологических признаков, показатели крови, интенсивность потребления кислорода, ритмика роста и частота хромосомных aberrаций могут изменяться синхронно, когда при определенном стрессовом воздействии в действительности имеет место изменение в наиболее общей базовой характеристике организма – гомеостазе развития. Изменения, выявляемые всеми этими подходами, будут несомненно свидетельствовать об отклонении в состоянии живых организмов.

АДЕКВАТНОСТЬ СОВРЕМЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ И ЗАДАЧАМ МОНИТОРИНГА

Предлагаемая методология пригодна для оценки различных наземных и водных экосистем по состоянию ряда видов растений и животных. Оценка каждого из них использует систему методов, определяющих состояние живых организмов по комплексу морфологических, генетических, физиологических, биохимических и иммунологических параметров, характеризующих гомеостаз развития. Такое интегрирование результатов на индивидуальном и экосистемном уровнях является путем, обеспечивающим получение надежной оценки качества среды и ее возможных изменений.

Поскольку предлагаемая система включает набор тестов, охватывающих различные стороны индивидуального развития организма, она обеспечивает разностороннюю интегральную оценку гомеостаза развития, а следовательно и состояние живых существ и качество среды в целом. Данный подход, основанный на применении ряда различных методов в отношении широкого спектра живых организмов, позволяет дать реальную оценку воздействия на окружающую среду.

Основное преимущество системы состоит в том, что она обеспечивает получение интегральной оценки качества среды, подверженной всему многообразию экологических изменений, что оказывается затруднительным при использовании иных подходов.

И наконец, практически все используемые при этом методы, достаточно простые и относительно недорогие, пригодны для широкого использования.

Предлагаемая система отвечает требованиям разносторонней комплексной оценки и открывает возможность для относительно простого и доступного решения целого ряда задач, стоящих в настоящее время перед системами мониторинга.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ

ИНТЕГРАЛЬНАЯ И ЭКСПРЕСС ОЦЕНКА СРЕДЫ

Существуют две возможности использования методологии:

- в отношении районов, представляющих особый интерес, целесообразно использование всей системы подходов в полном виде;
- для быстрого сканирования больших пространств возможно использование сокращенной, но достаточно эффективной для ориентировочной оценки ситуации, системы, ограниченной наиболее простыми и доступными методами (основанными, главным образом, на морфогенетических показателях), пригодными для самого широкого использования.

Использование системы в полном объеме, включающей четыре уровня интегрирования результатов:

- по всем методам в пределах каждого базового подхода;
- по всем подходам для каждого вида;
- по каждой группе видов живых существ;
- по экосистеме в целом;

представляется необходимым для получения надежной интегральной оценки состояния среды в целом и исключения возможности получения ошибочного заключения, вполне вероятного при использовании лишь единичных показателей в отношении отдельных видов.

Основанием для возможности использования морфогенетических методов при рекогносцировочной оценке ситуации служит опыт использования методологии в лаборатории и в природе. Практически во всех случаях, изменения в гомеостазе развития, фиксируемые при использовании различных подходов (включая генетические, физиологические, биохимические и иммунологические) сопровождаются изменениями морфогенетических показателей. Это позволяет рекомендовать морфогенетические методы в качестве операционального и доступного для широкого использования подхода для получения первых ориентировочных оценок, пригодного для сканирования ситуации на больших пространствах.

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Прежде всего, методология позволяет выявлять последствия различных антропогенных воздействий.

Физическое и химическое загрязнение

Одной из наиболее важных задач является оценка ответа живых существ на присутствие специфических химических веществ и физических воздействий: тяжелых металлов, пестицидов, теплой воды, увеличенной солености, радиации и т. д. В этом отношении у предлагаемой методологии есть богатые возможности для мониторинга влияния индустриального и сельскохозяйственного воздействия на состояние среды в исследуемом районе. Одним из преимуществ данного подхода является возможность исследования последствий любого воздействия, причем даже результирующего от комплекса различных факторов.

Как свидетельствует опыт лабораторного и полевого исследования все предлагаемые методы выявляют изменение состояния организма при стрессовом воздействии, вне зависимости от его природы.

Неспецифичность и чувствительность предлагаемых методов особенно важна для оценки радиационного воздействия. Используемые подходы, даже при невысоких уровнях радиационного загрязнения, выявляют отклонения различных биологических параметров и дают интегральную оценку изменений состояния организма.

Другой перспективной областью применения методологии является исследование влияния новых химических препаратов. Обычные методы в данной области основываются на таких показателях как ПДК, которые учитывают, главным образом, необратимое воздействие. Высокочувствительная методология, позволяет интегрально оценивать далекие от летальных воздействия различных химических веществ даже при небольших концентрациях.

Изменение ландшафта

Вследствие деятельности человека не только повышается загрязнение среды, но происходят трансформации ландшафтов, изменяющие обычные местообитания. При этом разрушаются существующие барьеры, разделяющие различные формы живых существ, и создаются новые.

Главным для оценки здоровья видов живых существ является не обнаружение таких зон и определение генетических последствий изоляции или гибридизации, что с успехом может быть зафиксировано с помощью обычных методов, а ответ на вопрос к каким изменениям в состоянии живых существ это приводит. Предлагаемые методы позволяют дать ответ на вопрос оказывают ли такие изменения, связанные с трансформацией ландшафта, интродукцией и генетическими пертурбациями, воздействие на гомеостаз развития. В лабораторных экспериментах и при исследовании природных популяций было показано, что эти методы позволяют улавливать изменения состояния организмов и при таких видах генетического и средового стресса.

Широкомасштабное изменение местообитаний привело к тому, что многие обычные виды находятся на грани исчезновения. Для их спасения все чаще предпринимается попытка размножения этих видов в неволе с целью

последующей реинтродукции в природу. В ходе этой работы посредством предлагаемых методов можно не только оценить состояние искусственно размножаемых видов, но и интродуцированных популяций. В этом ключе может быть проведена оценка и новых улучшенных сортов и пород. Успех селекционной работы обычно характеризуется с точки зрения желательных характеристик и сводится, как правило, лишь к оценке продуктивности. С помощью методологии возможно осуществление контроля за общим состоянием таких форм, что необходимо для обеспечения долгосрочной эффективности этой работы.

ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ: ФОНОВЫЙ МОНИТОРИНГ

Перспективность использования методов оценки здоровья среды для фонового мониторинга определяется их способностью выявлять стрессирующее воздействие не только загрязнения среды, но и естественных факторов, таких как температура, соленость и др. Их использование позволит ответить на вопрос о том как изменяется состояние разных видов живых существ на фоне общих тенденций локальных и глобальных (таких как парниковый эффект) изменений среды.

Значительное внимание в настоящее время уделяется получению данных о составе видов на обширных территориях. Такая информация крайне важна для любой оценки качества среды и может быть использована для различных целей. Предлагаемая методология может дополнить традиционную систему оценки биологических ресурсов, составления кадастров и пр. При этом в дополнение к базовым данным о разнообразии и численности видов будет получена информация о том, в каком состоянии находятся отдельные популяции.

Средством предлагаемой методологии может быть проведена ориентировочная оценка состояния популяций в пределах ареала и выявлены те районы, где они находятся в стрессовых условиях, вследствие воздействия естественных или антропогенных факторов. Популяции, которые уже страдают от стресса, могут быть более чувствительны к дополнительным воздействиям и требуют специального внимания.

Предлагаемые методы могут быть широко использованы в заповедниках для фонового мониторинга как общей ситуации, так и состояния отдельных видов. Такая система может обеспечить долгосрочный мониторинг состояния популяций разных видов в ответ на изменения среды, давая информацию даже о начальных отклонениях от нормы.

ОЦЕНКА ВСЕГО КОМПЛЕКСА ВОЗДЕЙСТВИЙ

При осуществлении оценки состояния среды зачастую оказывается необходимым оценить весь комплекс воздействий, включая антропогенные и естественные факторы, поскольку в конечном счете наиболее важным яв-

летя не только и не столько оценка какого бы то ни было конкретного воздействия, а состояние среды в данном месте, характеристика ее пригодности для человека, уровня опасности ситуации вне зависимости от причин ее вызывающих.

Предлагаемая методология предоставляет такую возможность, поскольку дает интегральную оценку состояния живых существ при всем комплексе воздействий. Она позволяет выявлять отклонения от нормы вне зависимости от конкретных причин его вызывающих, что невозможно при использовании специфических тестов, улавливающих последствия лишь каких-то определенных воздействий.

Проведение оценки здоровья среды представляется единственно возможным путем разумного разрешения обычного конфликта между промышленностью, заинтересованной в развитии производства, и общественностью, проявляющей заботу о сохранении здоровой среды. Очевидно, что любое из крайних решений как безудержный рост промышленного производства, так и полная его остановка, нереалистично и поиск компромиссного решения при этом лишь на уровне эмоций и дебатов между сторонами невозможно. Единственно возможный путь поиска компромисса — обеспечение обеих сторон объективной информацией о состоянии среды в регионе без чего вполне обычна как переоценка, так и недооценка экологической опасности ситуации и примеров тому известно немало.

Использование предлагаемой системы представляется необходимым для определения предельно допустимых нагрузок на определенный регион и выявления зон экологического бедствия. Никакие расчеты и формальные показатели при этом не могут дать необходимой информации. То, что вполне допустимо для одного региона, может быть губительным для другого в силу его природных особенностей или чрезмерной промышленной или сельскохозяйственной нагрузки. Только интегральная биологическая оценка реальной ситуации может дать объективный ответ на этот вопрос. Даже при самом внимательном учете всех воздействий в исследуемом районе что-то, оказывающее пагубное влияние на окружающую среду и здоровье человека, может остаться неучтенным, но не останется незамеченным при оценке здоровья среды, характеризующей состояние живых существ в результате воздействия всего комплекса факторов.

МОНИТОРИНГ ВО ВРЕМЕНИ И В ПРОСТРАНСТВЕ

Методология может быть использован для оценки состояния живых существ как во времени так и в пространстве, предоставляя возможность слежения за ситуацией как до, так и после начала воздействия. Это преимущество предлагаемой методологии позволяет использовать его для непрерывного мониторинга изменений в состоянии организмов, существующих при постоянно меняющихся условиях среды, а также проследивать эффект воздействия как внутри, так и между местообитаниями.

ОЦЕНКА НАРАСТАНИЯ И СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Актуальность этой задачи определяется все возрастающим вниманием к проблемам охраны природы. По мере развития природоохранных мероприятий возникает насущная потребность в определении их действенности. И здесь вновь никакие формальные показатели снижения степени воздействия на среду, уменьшения выбросов и пр. оказываются недостаточными для ответа на вопрос ведет ли все это к реальному улучшению среды, достаточны ли предпринимаемые усилия. Ответ на все эти вопросы, удовлетворяющий общественное мнение, может дать лишь постоянный контроль за изменениями состояния среды как при возрастании, так и при снижении степени воздействия.

Если при использовании многих современных подходов выполнение этой задачи оказывается затруднительным, в силу того, что выявляемые изменения часто имеют необратимый характер, то чувствительная система методов оценки здоровья среды предоставляет возможность оперативного контроля как за ухудшением, так и за улучшением ситуации. Это обусловлено тем, что методы оценки в данном случае фиксируют обратимые изменения в состоянии живого организма, которые появляются в первом же поколении в ответ на нарушающее воздействие и могут исчезать при его устранении.

СИНТЕЗ ПРОГРАММ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ЭКОТОКСИКОЛОГИИ

Программы биоразнообразия нацелены на характеристику природных ситуаций путем оценки видового разнообразия и его изменений, при учете демографических параметров. При этом получается необходимая базовая информация о том сколько каких видов и в каком количестве представлено в данной экосистеме. Важной дополнительной информацией при этом могла бы быть оценка того как себя чувствуют представители данного набора видов, в каком состоянии находится видовое разнообразие, представленное в той или иной экосистеме.

Интенсивно развивающаяся экотоксикология, главным образом, нацелена на оценку последствий разных видов воздействия на различные характеристики живых организмов в лабораторных моделях. При этом создаются необходимые базы данных о том, каковы могут быть специфические последствия применения того или иного поллютанта на определенные параметры жизнедеятельности разных видов. Это позволяет прогнозировать опасность того или иного производства для живой природы. Необходимой дополнительной информацией при таком подходе оказывается интегральная оценка состояния видов живых существ в природе при всем комплексе различных воздействий.

Суть предлагаемой системы как раз и состоит в ответе на вопрос о состоянии разных видов живых существ в природе. Оценка проводится в отношении того видового разнообразия, которое представлено в исследуемой экосистеме. Необходимый ответ дается на базе интегральной оценки самочувствия живого организма по наиболее общей характеристике гомеостазу развития. Из арсенала экотоксикологических методов отбираются те, которые пригод-

ны для выявления неспецифического ответа живых существ на любые стрессовые воздействия в реальных природных ситуациях. Таким образом, данный подход оказывается пограничным, объединяя определенные аспекты двух традиционных направлений в области оценки среды, он дает интегральную характеристику здоровья отдельных видов и экосистемы в целом при всем многообразии различных естественных и антропогенных воздействий.

ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Характеристика здоровья среды основывается на оценке состояния разных видов живых существ, но получаемые результаты в значительной степени пригодны и для экстраполяции на человека. В результате оказывается возможным охарактеризовать благоприятность или опасность оцениваемой среды и для людей, большинство получаемых при этом оценок и выводов оказывается актуальным и для человека.

Такая система оценки позволяет получить интегральную характеристику состояния среды в целом, ее пригодности для человека и при этом лишена ряда ограничений, связанных с непосредственным изучением здоровья людей:

- нет социально-психологических барьеров, неизбежных при проведении обследования людей;
- есть возможность исследовать живые организмы, находящиеся при исследуемом воздействии на протяжении всей жизни;
- появляется возможность оценки качества среды и ее благоприятности для проживания человека даже в районах, где люди сейчас не живут.

МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Оценка здоровья среды открывает большие перспективы для организации мониторинга на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Традиционно сложившаяся в России широкая сеть ООПТ с высоко квалифицированными научными кадрами могла бы послужить основой для организации таких работ.

Организация мониторинга — одна из главных задач научных и научно-практических исследований в заповедниках. Решение этой задачи на ООПТ может проходить в различных аспектах: от оценки фоновых состояний в естественных условиях до выявления отклонений от него при разных видах антропогенного воздействия.

Применительно к заповедникам особое значение имеет организация фоновых мониторингов. При любых оценках последствий антропогенного воздействия (включая разные формы экологического контроля, экспертизу, аудит, оценку риска, предельно допустимых нагрузок и др.) необходимы данные о фоновом состоянии на нетронутых территориях. Получение такой информации становится все более сложной задачей в связи с повсеместным распространением тех или иных форм антропогенного воздействия.

В этом ключе мониторинг здоровья среды, включая оценку состояния популяций как фоновых видов, так и видов, подлежащих специальной охране и восстановлению, представляется особенно перспективным.

Значимость развития системы мониторинга здоровья среды на ООПТ определяется возможностью решения двух основных задач:

- обеспечение получения социально- значимых данных по мониторингу,
- обеспечение дальнейшего развития научных исследований, с использованием современных подходов.

ЗНАЧИМОСТЬ МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ

Для развития работ по оценке здоровья среды прежде всего необходимо представить себе его место и роль в общей системе мониторинга. Мониторинг обеспечивает базовые данные для верного принятия решений и контроля за их результатами. Именно поэтому самым важным вопросом оказывается то, какая информация и по каким показателям будет собираться и для какого потребителя. Сейчас данные о состоянии окружающей природной среды собираются по определенным программам в рамках системы Гидромета и в рамках санитарно-эпидемиологического контроля по линии Минздрава. Важность получаемых при этом данных не вызывает сомнений и имеет совершенно определенного потребителя. В то же время экологический мониторинг, связанный со слежением за состоянием экосистем и отдельных видов, остается наименее разработанным при неопределенности социальной значимости этой информации. Мониторинг здоровья среды – один из путей решения этой задачи. Получаемая при этом информация могла бы стать основой для проведения любых оценок качества среды, состояния ресурсов, обеспечения сохранения биоразнообразия и благоприятности среды для здоровья человека. Таким образом, развитие исследований здоровья среды могло бы обеспечить решение задачи по формированию социального запроса на получение такой информации.

МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ И ЛЕТОПИСЬ ПРИРОДЫ

Осуществление мониторинга здоровья среды не исключает, а предполагает получение необходимой базовой информации о том сколько и каких видов представлено на данной территории и какова динамика этих показателей. Это осуществляется в рамках существующей программы летописи природы. При решении вопроса об организации биомониторинга следует говорить о двух основных направлениях: оценка динамики численности популяций и оценка динамики состояния популяций. Последняя задача решается в рамках программы мониторинга здоровья среды. Особенно важным представляется обеспечение того, чтобы сбор данных по этим двум направлениям с самого начала проводился по единой методике и программе. Выполнение этой задачи и является главной целью данной публикации.

МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ И НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования, связанные с оценкой здоровья среды, представляют и значительный научный интерес. При этом могут быть получены важные данные для развития теоретических исследований, связанных с оценкой динамики популяций, внутри и межпопуляционных различий, экологической периферии ареала, эволюционных преобразований, межвидовых отношений и др.

Не менее важна и теоритически интересна задача исследования последствий антропогенных воздействия:

- исследование последствий антропогенного воздействия предоставляет возможность для анализа популяционных процессов в условиях экологической периферии ареала вида;
- антропогенное воздействие становятся одним из главных факторов эволюционных преобразований.

Развитие таких исследований вошло отдельным блоком в тематику научно-исследовательских работ на ООПТ:

«Территория заповедника как источник базовой информации для биологической оценки качества среды на антропогенно-трансформированных территориях.

Приоритетные вопросы:

- различия в состоянии популяций вида, наблюдаемые в пределах заповедной территории в зависимости от биотопа;
- естественная динамика популяций, наблюдаемая на заповедной территории в зависимости от изменения биотических и абиотических факторов (климат, пищевые ресурсы, численность и другие);
- изменения состояния популяций при нарастании или снижении антропогенного воздействия;
- оценка реакции разных видов на одни и те же условия (как на заповедной, так и на антропогенной территориях);
- сравнение показателей состояния популяций, характеризующих стабильность развития;
- оценка состояния популяций редких и исчезающих видов, включая:
 - сравнение состояния популяций редких и фоновых видов,
 - оценка последствий реакклиматизации, искусственного разведения и гибридизации,
 - оценка эффективности мер по сохранению и восстановлению видов,
 - оценка состояния популяций, восстановленных от небольшого числа основателей;
- оценка состояния популяций интродуцированных видов и других видов экосистемы;
- разработка методов прижизненной оценки состояния популяций и их апробация».

МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ И РАЗВИТИЕ ООПТ

Оценка здоровья среды представляется важной не только для развития научных исследований и организации работ по биомониторингу, но и для решения других задач заповедников. Среди них – определение регуляторных и реакклиматизационных мероприятий, оценка восстановительных мероприятий после стихийных бедствий и антропогенных воздействий, разработка нормативов допустимой хозяйственной деятельно-

сти и оценки размера ущерба природным комплексам, определение рекреационной емкости и др.

Отдельно важно отметить использование подхода для оценки ущерба природным комплексам заповедников. При этом возможна оценка ущерба, связанного не только с исчезновением определенного вида, но и с изменением состояния различных видов на значительных территориях вследствие загрязнения среды.

Все чаще заповедные территории рассматриваются как перспективные центры охраны, мониторинга, образования, рекреации и экотуризма. Мониторинг здоровья среды важен для развития заповедников во всех этих направлениях. Представления о здоровье среды могли бы стать одним из направлений экопросвещения, для распространения нового этического подхода, связанного с тем, что окружающие нас виды живых существ должны не только существовать и обеспечивать нас всем необходимым, но и быть здоровы. Заповедники могут стать центрами охраны, мониторинга и образования в области здоровья среды.

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

Руководство включает как общие рекомендации по организации мониторинга здоровья среды посредством оценки стабильности развития, так и частные рекомендации по использованию определенных объектов.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В этом разделе даны рекомендации по сбору и обработке данных, интерпретации результатов применительно к любым объектам мониторинга.

СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ И ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ

Стабильность развития как способность организма к развитию без нарушений и ошибок является чувствительным индикатором состояния природных популяций. Наиболее простым и доступным для широкого использования способом оценки стабильности развития является определение величины флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков. Этот подход достаточно прост с точки зрения сбора, хранения и обработки материала. Он не требует специального сложного оборудования, но при этом позволяет получить интегральную оценку состояния организма при всем комплексе возможных воздействий (включая антропогенные факторы) (Захаров 1987).

ВЫБОР ОБЪЕКТА

Оценка состояния популяции может проводиться практически для любого вида. Для оценки стабильности развития предпочтительно использование объектов с удобной для анализа системой морфологических признаков. Выбор объекта зависит от конкретной задачи. Это может быть какой-то определенный вид, представляющий специальный интерес на исследуемой террито-

рии. Для общей характеристики ситуации лучше использовать наиболее обычные фоновые виды.

Определенная информация о состоянии экосистемы может быть получена и при исследовании одного фонового вида, но для надежной оценки лучше использовать несколько представителей разных групп животных и растений. Оценка здоровья среды предполагает анализ ряда модельных объектов. Для характеристики состояния экосистемы мы рекомендуем следующие критерии отбора модельных объектов:

- выбор представителей различных систематических групп, занимающих разное место в экосистемах;
- в связи с ограниченным числом видов, которые могут быть проанализированы, желателен выбор объектов, находящихся на вершине пищевых цепей, для интегральной характеристики состояния и других компонентов экосистемы;
- выбор видов, обычные миграции которых не выходят за пределы исследуемых территорий;
- выбор относительно крупных организмов, которые в меньшей степени зависят от микробиотопических условий в пределах исследуемых местообитаний, и годятся для характеристики исследуемой территории в целом;
- выбор фоновых видов для общей характеристики местообитания и возможности сбора необходимого материала на всех исследуемых участках в течение ограниченного промежутка времени;
- выбор объектов для экстраполяции получаемых данных на человека.

В соответствии с этими критериями для оценки состояния наземных экосистем рекомендуется использовать представителей древесных растений и мелких млекопитающих, для характеристики водных экосистем — рыб и земноводных. Для этих объектов были разработаны шкалы балльных оценок состояния организма по уровню стабильности развития. Круг объектов в дальнейшем может быть расширен.

МЕСТА СБОРА МАТЕРИАЛА

Оценка проводится на модельных площадках, которые выбираются в зависимости от целей работы:

- Для фонового мониторинга надо использовать несколько площадок в разных биотопах, различных по естественным условиям.
- Для оценки последствий антропогенного воздействия площадки выбираются из максимально сходных по естественным условиям биотопов с разной степенью антропогенной нагрузки. Частота сбора материала

Сбор данных на выбранных модельных площадках, за исключением специальных задач, должен производиться один раз в год.

ВЫБОР СИСТЕМЫ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

Для оценки стабильности развития необходимо получение данных по определенным морфологическим признакам. Изменение стабильности развития, как общей характеристики состояния организма, обычно отражается на изменчивости самых разных признаков организма. Это означает, что принципиальных ограничений на используемые признаки нет. Можно использовать качественные и количественные признаки, включая меристические (счетные) и пластические (промеры) признаки. Особенностью показателей стабильности развития является то, что они, как правило, независимы даже по высоко скоррелированным между собой признакам одной морфологической структуры. В качестве примеров можно привести отсутствие корреляции величины асимметрии различных промеров листа у растений и показателей асимметрии числа жаберных тычинок на разных жаберных дугах у рыб.

Основным требованием при выборе признаков является возможность однозначного их учета. Главным критерием выбора признаков является возможность получения сходных результатов при повторном учете признаков тем же или другим оператором. Для получения надежных результатов лучше использовать систему признаков. Примеры использованных систем признаков для различных объектов представлены в соответствующих разделах.

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ВЫБОРКИ

Выборка с модельной площадки должна составлять порядка 20 особей. Половые и возрастные различия по стабильности развития обычно отсутствуют. Это позволяет использовать суммарные выборки. Тем не менее без проведения специального анализа возможных возрастных различий лучше использовать выборки особей одного возраста.

ПОЛУЧЕНИЕ ДАННЫХ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Оценка стабильности развития по каждому признаку сводится к оценке асимметрии. На практике это означает учет различий в значениях признака слева и справа.

Для меристического признака величина асимметрии у каждой особи определяется по различию числа структур слева и справа. Популяционная оценка выражается средней арифметической этой величины. Статистическая значимость различий между выборками определяется по t -критерию Стьюдента.

Для пластического признака величина асимметрии у особи рассчитывается как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Использование такой относительной величины необходимо для того, чтобы нивелировать зависимость величины асимметрии от величины самого признака. Популяционная оценка выражается средней арифметической этой величины. Статистическая значимость различий между выборками определяется по t -критерию Стьюдента.

Таблица 1. Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием меристических (счетных) признаков.

№ особи	номер признака						Показатель		
	1	2	3	4	5	6	A	A/n	
	пл	пл	пл	пл	пл	пл			
1	1 - 0	0 - 1	1 - 1	1 - 1	2 - 2	1 - 1	2	0,33	
2	2 - 1	1 - 0	1 - 3	1 - 1	3 - 2	0 - 1	5	0,83	
3	1 - 2	1 - 1	2 - 2	1 - 1	2 - 1	1 - 1	2	0,33	
4	1 - 1	1 - 1	2 - 4	1 - 1	2 - 3	1 - 1	2	0,33	
5	1 - 1	1 - 1	1 - 1	1 - 1	1 - 1	1 - 0	1	0,17	
6	1 - 1	1 - 1	1 - 3	0 - 1	1 - 1	0 - 1	3	0,50	
7	1 - 1	1 - 1	1 - 2	1 - 2	1 - 1	0 - 1	3	0,50	
8	1 - 0	0 - 0	3 - 2	1 - 1	0 - 0	1 - 1	2	0,33	
9	1 - 1	1 - 1	2 - 2	1 - 1	1 - 1	0 - 0	0	0	
10	0 - 1	1 - 1	3 - 1	1 - 1	1 - 2	2 - 1	4	0,67	
Средняя частота асимметричного проявления на признак								0,40±0,07	

п, л - соответственно, значение признака справа и слева

A - число асимметричных признаков

n - число признаков

При анализе комплекса морфологических признаков лучше использовать интегральные показатели стабильности развития.

Интегральным показателем стабильности развития для комплекса меристических признаков является средняя частота асимметричного проявления на признак. Этот показатель рассчитывается как средняя арифметическая числа асимметричных признаков у каждой особи, отнесенная к числу используемых признаков. В данном случае не учитывается величина различия между сторонами, а лишь сам факт асимметрии, несходства значений признака на разных сторонах тела. За счет этого устраняется возможное влияние отдельных сильно уклоняющихся вариантов. В таблице 1 дан пример расчета средней частоты асимметричного проявления на признак для 6 счетных признаков у 10 особей.

Как видно из приведенного примера, обработку небольших выборок (20-30 особей) можно производить даже вручную, получая при этом обобщенный по всем признакам показатель, удобный для сравнения с другими выборками. Эту схему обработки данных мы использовали для рыб, земноводных и млекопитающих.

Интегральным показателем стабильности развития для комплекса пластических признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывается как средняя арифметическая суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенная к числу используемых признаков. Система пластических признаков используется при оценке стабильности развития у растений.

Таблица 2. Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием пластических признаков (промеры листа).

№	Номер признака*									
	1		2		3		4		5	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	18	20	32	33	4	4	12	12	46	50
2	20	19	33	33	3	3	14	13	50	49
3	18	18	31	31	2	3	12	11	50	46
4	18	19	30	32	2	3	10	11	49	49
5	20	20	30	33	6	3	13	14	46	53
6	12	14	22	22	4	4	11	9	39	39
7	14	12	26	25	3	3	11	11	34	40
8	13	14	25	23	3	3	10	8	39	42
9	12	14	24	25	5	5	9	9	40	32
10	14	14	25	25	4	4	9	8	32	32

*Описание признаков для березы см. в разделе «Растения».

Далее рассматривается случай оценки стабильности развития березы. В таблицах 2 и 3 дан пример расчета средней относительной величины асимметрии на признак для 5 промеров листа у 10 растений.

1. В первом действии для каждого промеренного листа вычисляются относительные величины асимметрии для каждого признака. Для этого разность между промерами слева (L) и справа (R) делят на сумму этих же промеров: $(L-R)/(L+R)$,

Например: Лист N1 (таблица 2), признак 1

$$(L-R)/(L+R) = (18-20)/(18+20) = 2/38 = 0,052$$

Полученные величины заносятся во вспомогательную таблицу 3 в графы 2–6.

2. Во втором действии вычисляют показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков.

Например, для листа 1 (таблица 3):

$$(0,052+0,015+0+0+0,042)/5 = 0,022$$

Результаты вычислений заносят в графу 7 вспомогательной таблицы.

3. В третьем действии вычисляется интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляют среднюю арифметическую всех величин асимметрии для каждого листа (графа 7). В нашем случае искомая величина равна:

$$(0,022+0,015+0,057+0,061+0,098+0,035+0,036+0,045+0,042+0,012)/10 = 0,042$$

Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития (частота асимметричного про-

Таблица 3. Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с сигнелированием платических признаков (промеры листа). Вспомогательная таблица для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке.

Номер признака						Величина асимметрии листа
№	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7
1	0,052	0,015	0	0	0,042	0,022
2	0,026	0	0	0,037	0,010	0,015
3	0	0	0,2	0,044	0,042	0,057
4	0,027	0,032	0,2	0,048	0	0,061
5	0	0,048	0,33	0,037	0,071	0,098
6	0,077	0	0	0,1	0	0,035
7	0,077	0,019	0	0	0,081	0,036
8	0,037	0,042	0	0,111	0,037	0,045
9	0,077	0,020	0	0	0,111	0,042
10	0	0	0	0,059	0	0,012
Величина асимметрии в выборке:						X=0,042

явления на признак, величина среднего относительного различия между сторонами на признак) определяется по t- критерий Стьюдента.

Эти показатели дают интегральную характеристику стабильности развития по комплексу нескоррелированных параметров по разным признакам. Как показали предшествующие исследования, на фоне отсутствия связи величины показателей стабильности развития по разным признакам на уровне особи, при наличии стрессующего воздействия популяционные показатели стабильности развития возрастают согласованно даже по нескоррелированным между собой признакам.

Расчет показателей на признак дает возможность для сравнения результатов, получаемых по разному числу признаков.

При сравнении выборок может быть зафиксировано определенное различие и оценена его статистическая значимость. Затруднение при этом вызывает оценка степени выявленных отклонений, их места в общем диапазоне возможных изменений показателя. Такая оценка особенно важна для сравнения различных территорий и видов. При получении данных по различным природным популяциям возможна разработка балльной шкалы для оценки степени отклонения от нормы. Базовые принципы для ее построения следующие. Диапазон значений показателя, соответствующий условно нормальному фоновому состоянию, принимается как первый балл (условная норма). Диапазон значений, соответствующий критическому состоянию, принимается за пятый балл. Весь диапазон между этими пороговыми уровнями ранжируется в порядке возрастания значений показателя. Поскольку при этом суммируются данные по ряду независимых показателей, мы получаем в действительности интегральную оценку ситуации для сравнения различных территорий и видов. Эта система представляет собой балльную оценку изменений состояния организ-

ма по уровню стабильности развития. Такие балльные системы оценок к настоящему времени разработаны по величине интегральных показателей стабильности развития для растений, рыб, земноводных и млекопитающих и приводятся в соответствующих разделах.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОЛУЧАЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты оценки интегрального показателя стабильности развития используются для сравнения выборок, собранных либо с одной и той же модельной площадки в разное время, либо с разных площадок. Неизменность величины показателя стабильности развития в серии выборок, взятых из одной точки в течение ряда лет, свидетельствует о поддержании состояния организма примерно на сходном уровне. Наличие различий между выборками говорит об изменении ситуации. Характеристика уровня, на котором стабилизировалось состояние исследуемых популяций, возможна путем использования системы балльной оценки стабильности развития, где низкие значения интегрального показателя стабильности развития соответствуют первому баллу, наиболее высокие — пятому баллу.

Использование балльной шкалы возможно как для фонового мониторинга, так и для оценки последствий разных видов антропогенного воздействия. При этом нужно иметь в виду, что изменение состояния, здоровья живого организма является неспецифической реакцией на самые различные воздействия и показатель стабильности развития дает информацию о результатах всех этих воздействий.

Фоновый мониторинг

При использовании данного подхода оценивается какие изменения может претерпевать состояние организма в естественных условиях. При этом оценка может проводиться как в отношении отдельного вида, так и в отношении сообществ и экосистем в целом. При анализе отдельных видов основными направлениями являются оценка динамики популяций и выявление межпопуляционных и межвидовых различий.

Динамика популяций

Оценка динамики численности различных видов является одной из ключевых задач при организации фонового биологического мониторинга. Данные для этого получаются путем сравнения выборок, собранных на модельных площадках за разные годы. При данном подходе может быть получен ответ на вопрос о том, как изменяется состояние популяции при изменении численности. Такие данные представляют как самостоятельный интерес, так и для получения информации о возможных изменениях состояния популяций в естественных условиях.

При этом возможно решение следующих вопросов: как изменяется состояние популяции в ходе популяционных циклов? Какова связь этих изменений с популяционной плотностью? Какова роль биотических и абиотических факторов? Какова роль плотности в изменении численности популяции?

В качестве примера можно указать цикл исследований, проведенных на обыкновенной буроzubке (*Sorex araneus*) и других видах рода *Sorex* (Zakharov et al. 1991, 1997). Для циклических популяций, для которых предполагается авторегуляторный механизм, обнаружена отрицательная связь стабильности развития с численностью. Это означает, что на пике численности вследствие переуплотнения имеет место нарушение стабильности развития (свидетельствующее о существенном изменении состояния организма), что и ведет к последующему сокращению численности. Для нециклических популяций были обнаружены свидетельства наличия положительной связи стабильности развития с численностью. Здесь наблюдается обратный эффект - при снижении численности вследствие климатических условий наблюдается снижение стабильности развития. Повышение численности при благоприятных условиях сопровождается высокой стабильностью развития.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности подхода для выявления механизмов динамики численности: положительная связь стабильности развития с плотностью свидетельствует о большей роли факторов внешней среды, отрицательная связь говорит в пользу авторегуляторной цикличности, стрессирующей воздействию переуплотнения.

Применительно к задачам заповедников важным аспектом оценки динамики популяций является мониторинг изменений в ходе работ по восстановлению численности определенного вида, интродукции и др.

Межпопуляционные различия

Данные для выявления межпопуляционных различий могут быть получены при сравнении выборок из разных биотопов. Снижение стабильности развития является индикатором ухудшения состояния организма при стрессирующем воздействии среды, на экологической периферии ареала. Примеры таких различий были показаны для разных групп живых организмов (Захаров, 1987). Надо иметь в виду, что сейчас условия экологической периферии имеют место повсеместно за счет антропогенного воздействия. Важно отметить, что условия экологической периферии ареала могут возникать в разных частях ареала и в силу естественных причин. Особенно ярко это проявляется у растений. Например, для березы повислой (*Betula pendula*) было показано, что в затененных условиях стабильность развития существенно ниже, чем на освещенных участках (Захаров, Крысанов, 1996).

По данному показателю многие популяции, в том числе и существенно пространственно удаленные друг от друга, характеризуются сходной стабильностью развития. В то же время его изменения наблюдаются при существенном изменении среды и на незначительном пространстве. Это приводит к выводу о том, что многие популяции вида, несмотря на некоторые различия, имеют сходный оптимум по стабильности развития, что позволяет выделять популяции, существующие и при неоптимальных условиях. Каждый вид рассчитан на определенные условия, и на периферии ареала могут быть выявлены те популяции, где «что-то началось» и нарушение стабильности развития здесь является платой за существование в новых условиях.

Межвидовые различия

Выявление межвидовых различий возможно путем сравнения выборок разных видов из одного и того же местообитания. В этом ключе наиболее интересно сравнение симпатрических популяций разных видов для выявления того, какова их реакция на одни и те же условия. Такие данные были получены для насекомых и рептилий (Захаров 1987). Эта разная реакция означает, что одни и те же условия оказываются оптимальными для одного и неоптимальными для другого вида. Наличие таких различий является свидетельством того, что «что-то уже произошло» и в силу определенных адаптивных изменений популяция может благополучно существовать в новых для нее условиях.

Оценка на уровне сообщества и экосистемы предполагает исследование ряда видов, представителей разных групп животных и растений. Это предполагает сравнение балльных оценок для разных видов. Как свидетельствует практика, балльные оценки, получаемые для разных видов обычно оказываются сходными.

В практическом плане результаты таких исследований важны для получения представлений о фоновом состоянии живых организмов и его возможных изменениях во времени и в пространстве в естественных условиях.

Оценка антропогенных воздействий

Оценка последствий антропогенного воздействия предполагает сравнение модельных площадок, выделенных на территориях с разной степенью антропогенного воздействия, либо путем сравнения выборок с одной и той же площадки, собранных в разное время для выявления возможного ухудшения или улучшения состояния организма.

Как показывает практика проведения таких оценок, при этом возможно выявление последствий различных видов антропогенных воздействий, а также комплексного воздействия (включая химическое и радиационное) (Захаров и др. 2000). При использовании балльной шкалы возможно выделение территорий по степени отклонения от нормы в состоянии организма в зависимости от антропогенной нагрузки. При мониторинге во времени возможно выявление направления и степени отклонения состояния организма в зависимости от нарастания или снижения степени антропогенного воздействия.

Оценка может проводиться по отдельным видам. Предпочтительным является оценка на уровне сообщества и экосистемы при исследовании представителей разных групп животных и растений. Как свидетельствует практика, балльные оценки, получаемые не только для близких видов, но и для представителей разных систематических групп, таких как растения и млекопитающие, обычно оказываются сходными, что позволяет дать интегральную характеристику степени отклонения состояния экосистемы от условной нормы.

ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧАЕМЫХ ОЦЕНОК

Преимуществами подхода, основанного на оценке состояния природных популяций по стабильности развития, являются следующие: возможность от-

вета не только на вопрос о том, что происходит, но и как это происходит; высокая чувствительность подхода и возможность выявления изменений в первом же поколении как при ухудшении, так и при улучшении условий.

О значимости получаемых при этом оценок свидетельствуют следующие данные:

- проведенная в ряде случаев оценка состояния организма, с использованием разных подходов к оценке гомеостаза развития, включая иммунологические, цитогенетические, биохимические и физиологические методы, показала, что они изменяются согласованно с оценкой стабильности развития (Захаров и др., 2000). Это говорит о том, что при используемом подходе дается не только характеристика морфогенетических процессов, но и общего состояния организма;
- оценки стабильности развития оказались скоррелированными и с собственно популяционным показателем — успехом размножения (Zakharov et al., 1991, 1997).

В целом, это свидетельствует о значимости такой оценки для характеристики состояния популяций, при большей чувствительности, по сравнению с другими подходами.

Принципиальным преимуществом подхода является возможность выявления изменений состояния организма при разных неблагоприятного воздействия, когда ни по показателям биоразнообразия (на уровне сообществ), ни по популяционным показателям изменения обычно не наблюдаются (Захаров, Крысанов, 1996).

Крайне важной особенностью подхода является то, что оценки, получаемые для различных видов оказываются сходными, что открывает возможность для характеристики здоровья экосистемы по состоянию составляющих ее видов.

ОБЪЕКТЫ МОНИТОРИНГА

В этом разделе представлены частные рекомендации по использованию определенных объектов.

РАСТЕНИЯ

Специфика объекта

Растения — крайне важный и интересный объект для характеристики состояния окружающей природной среды.

- Важность оценки состояния природных популяций растений состоит в том, что именно растения являются основными продуцентами, их роль в экосистемах трудно переоценить.
- Растения — чувствительный объект, позволяющий оценивать весь комплекс воздействий, характерный для данной территории в целом, поскольку они ассимилируют вещества и подвержены прямому воздействию одновременно из двух сред: из почвы и из воздуха.

- В связи с тем, что растения ведут прикрепленный образ жизни, состояние их организма отражает состояние конкретного локального местообитания.
- Удобство использования растений состоит в доступности и простоте сбора материала для исследования.

Специфика растений как объекта исследования предъявляет определенные требования к выбору видов. Общие принципы выбора видов для исследования описаны во введении к настоящему пособию. Применительно к растениям важно также учитывать следующие особенности.

Древесные и травянистые виды

При выборе вида в зависимости от задачи исследования, необходимо учитывать, что, в силу прикрепленного образа жизни, мелкие травянистые виды растений в большей степени, по сравнению с древесными видами, могут отражать микробиотопические условия (как естественные - локальные различия типа почвы, влажности и других факторов, так и антропогенные — точечное загрязнение). При наличии таких микробиотопических различий, получаемые оценки состояния растений могут существенно различаться для разных видов. Это означает, что для выявления микробиотопических различий предпочтительнее выбор травянистых растений, в то время как для характеристики достаточно больших территорий лучше использовать древесные растения.

Гибриды и исходные формы

При выборе объекта также важно иметь в виду, что многие виды растений подвержены межвидовой гибридизации. Необходимо учитывать возможность различия по стабильности развития между гибридами и исходными формами.

Морфологические особенности

Для удобства оценки величины флуктуирующей асимметрии мы рекомендуем избегать видов растений с заведомо асимметричными листьями.

Сбор материала

Сроки сбора материала

Сбор материала следует проводить после остановки роста листьев (в средней полосе начиная с июля).

Объем выборки

Каждая выборка должна включать в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 растений). Листья с одного растения лучше хранить отдельно, для того, чтобы в дальнейшем можно было проанализировать полученные результаты индивидуально для каждой особи. Для этого мы рекомендуем собранные с одного дерева листья связывать за черешки. Все листья, собранные для одной выборки, сложить в полиэтиленовый пакет, туда же вложить этикетку. В этикетке указать номер выборки, место сбора (делая максимально подробную привязку к местности), дату сбора.

Выбор растений

При выборе растений важно учитывать четкость определения принадлежности растения к исследуемому виду, условия произрастания особи и возрастное состояние растения.

- Принадлежность к исследуемому виду. Поскольку многие растений подвержены гибридизации, которая может повлиять на уровень стабильности развития растений, то мы рекомендуем выбирать растения с четко выраженными видовыми признаками.
- Условия произрастания. Листья должны быть собраны с растений, находящихся в одинаковых экологических условиях (уровень освещенности, увлажнения и т.д.). Мы рекомендуем выбирать растения, растущие на открытых участках (полянах, опушках), поскольку многие виды светолюбивы и условия затенения являются для них стрессовыми и могут существенно снизить стабильность развития.
- Возрастное состояние растения. Для исследования мы рекомендуем выбирать растения, достигшие генеративного возрастного состояния.
Сбор листьев с растения. Для исследований мы предлагаем использовать лист, как орган обладающий билатеральной симметрией.
- Положение в кроне. Мы рекомендуем собирать листья из одной и той же части кроны с разных сторон растения. У березы повислой мы собирали листья из нижней части кроны дерева с максимального количества доступных веток относительно равномерно вокруг дерева.
- Тип побега. также не должен изменяться в серии сравниваемых выборок. У березы повислой мы использовали листья с укороченных побегов.
- Размер листьев должен быть сходным, средним для данного растения.
- Поврежденность листьев. Поврежденные листья могут быть использованы для анализа, если не затронуты участки, с которых будут сниматься измерения. Мы рекомендуем собирать с растения несколько больше листьев, чем требуется, на тот случай, если часть листьев из-за повреждений не сможет быть использована для анализа.

Подготовка и хранение материала

Никакой специальной обработки и подготовки материала не требуется. Материал может быть обработан сразу после сбора, или позднее. Для непродолжительного хранения собранный материал можно хранить в полиэтиленовом пакете на нижней полке холодильника. Для длительного хранения можно зафиксировать материал в 60% растворе этилового спирта или гербаризировать.

Признаки

Выбор признаков

Для оценки стабильности развития растений можно использовать любые признаки по различным морфологическим структурам, для которых возможно оценить нормальное значение и соответственно учесть степень отклонения от него.

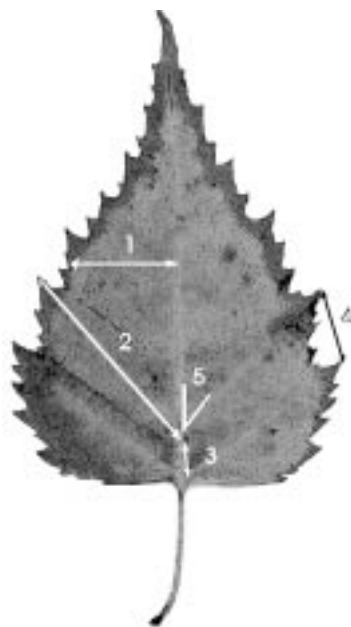
Предпочтительным в силу простоты и однозначности интерпретации является учет асимметрии исследуемых структур, которые в норме являются симметричными. Некоторые ограничения при этом накладываются лишь необходимостью того, чтобы рассматриваемые признаки были полностью сформированы к моменту исследования (за исключением случаев решения специальных задач, связанных с оценкой стабильности развития на разных стадиях развития).

В качестве наиболее простой системы признаков, удобной для получения большого объема данных для различных популяций, предлагается система промеров листа у растений с билатерально симметричными листьями. Для оценки величины флуктуирующей асимметрии мы советуем выбирать признаки, характеризующие общие морфологические особенности листа, удобные для учета и дающие возможность однозначной оценки.

Кроме древесных растений нами производилась оценка стабильности развития для ряда выборок клевера лугового. Система использованных признаков представлена в Приложении.

Измерение

В качестве примера можно указать систему признаков, разработанную нами для березы. Для измерения лист помещают перед собой стороной, обращенной к верхушке побега. С каждого листа снимают показатели по пяти промерам с левой и правой сторон листа (рис. 1).



- 1 – 5 – промеры листа:
1 – ширина половинки листа (измерение проводили посередине листовой пластинки);
2 – длина второй от основания листа жилки второго порядка;
3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;
4 – расстояние между концами этих жилок;
5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Рисунок 1. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*).

1 – Ширина левой и правой половинок листа. Для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки. Потом разгибают лист и по образовавшейся складке производят измерения.

2 – Длина жилки второго порядка, второй от основания листа.

3 – Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка.

4 – Расстояние между концами этих же жилок.

5 – Угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Для измерений потребуются измерительный циркуль, линейка и транспортир. Промеры 1 - 4 снимаются циркулем-измерителем, угол между жилками (признак 5) измеряется транспортиром.

Результаты измерений заносятся в таблицу (образец таблицы см. в разделе «Получение результатов и статистическая обработка»).

Пятибалльная шкала оценки стабильности развития

Для оценки степени нарушения стабильности развития удобно использовать пятибалльную оценку. Пока такая шкала предложена нами только для березы, поскольку для этого объекта нами собран достаточно обширный материал. Первый балл шкалы – условная норма. Значения интегрального показателя асимметрии (величина среднего относительного различия на признак), соответствующие первому баллу наблюдаются, обычно, в выборках растений из благоприятных условий произрастания, например, из природных заповедников. Пятый балл – критическое значение, такие значения показателя асимметрии наблюдаются в крайне неблагоприятных условиях, когда растения находятся в сильно угнетенном состоянии.

Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой (*Betula pendula*).

Балл	Величина показателя стабильности развития
I	<0,040
II	0,040 - 0,044
III	0,045 - 0,049
IV	0,050 - 0,054
V	>0,054

В приведенном примере показатель асимметрии был равен 0,042, что соответствует второму баллу шкалы. Это означает, что растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов.

Значения показателя асимметрии, соответствующие третьему и четвертому баллам обычно наблюдаются в загрязненных районах.

Предлагаемый нами подход может быть использован для оценки состояния популяций отдельных видов растений, а также качества среды в целом. Так как уровень стабильности развития зависит от условий обитания растения, то соответствующими баллами можно оценивать и состояние окружающей среды.

Прижизненная оценка и работа с музейным материалом

Предлагаемый метод дает возможность прижизненной оценки объекта. Сбор ряда листьев из кроны дерева не наносит ему ощутимого вреда. При необходимости измерения могут проводиться и на растении. Это позволяет исследовать состояние даже редких краснокнижных видов.

Для анализа можно использовать коллекционный музейный материал, но надо иметь в виду, что для оценки требуются серии растений или листьев, собранные в одном месте. Можно использовать зафиксированный или сухой материал. При работе с гербарием надо иметь в виду, что материал становится ломким и следить за тем, чтобы листья, используемые для измерений были хорошо расправлены.

РЫБЫ

Специфика объекта

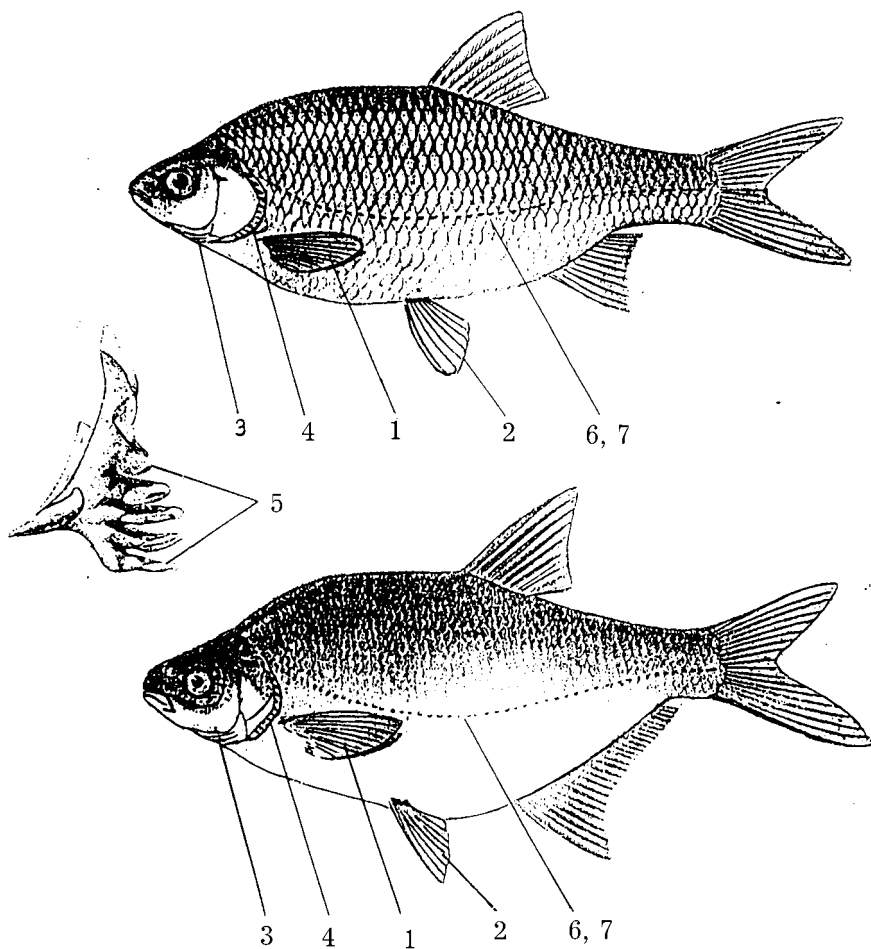
Рыбы, находясь на вершине пищевых цепей в водных экосистемах, представляют собой важный объект биомониторинга.

Однако при сборе материала и интерпретации данных могут возникать определенные трудности. В отношении мелких замкнутых водоемов (пруды, старицы и т. п.) трудности могут быть связаны с отсутствием в разных исследуемых водоемах одних и тех же видов. Что касается крупных водных систем (водохранилища, большие озера, реки), то кроме сказанного, могут возникать и трудности с интерпретацией полученных результатов, связанных с недостатком данных относительно особенностей нереста и перемещения как взрослых особей, так и молоди изучаемых рыб (скат икры и молоди в реках, нерестовые и кормовые миграции и т. д.).

Сбор материала

Использовать лучше всего фоновые для данной местности виды, чтобы иметь гарантию отлова выборок одного и того же вида рыб во всех изучаемых точках. Рыбы в этом отношении – удобный объект, так как обычные для России плотва, лещ, карась, окунь, щука достаточно многочисленны и распространены практически повсеместно.

Выборки должны быть одновозрастными и при изучении взрослых рыб необходимо учитывать, что полученные оценки уровня флуктуирующей асим-



1 – 7 – меристические признаки:

1 – число лучей в грудных плавниках;

2 – число лучей в брюшных плавниках;

3 – число лучей в жаберной перегородке;

4 – число жаберных тычинок на 1-й жаберной дуге;

5 – число глоточных зубов;

6 – число чешуй в боковой линии;

7 – число чешуй боковой линии, прободенных сенсорными канальцами.

У плотвы не учитывается признак 5 в связи с направленностью асимметрии по этому признаку.

Рисунок 2. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития леща (*Abramis brama*) и плотвы (*Rutilus rutilus*).

метрии отражают воздействие среды на момент формирования исследуемых признаков. Оценку ситуации на текущий момент позволит получить анализ выборки сеголеток.

Учитывая дальнейшую статистическую обработку, объем выборки должен быть порядка 20-30 особей.

Подготовка и хранение материала

Для анализа лучше всего использовать свежепойманную рыбу. Хранить материал удобно в замороженном виде. Можно фиксировать рыбу в 4% формалине или 70% этаноле.

Хранить обработанный материал достаточно сложно, так как при обработке в большой степени разрушается чешуйчатый покров и некоторые другие структуры.

Признаки

По нашему опыту для оценки уровня стабильности развития можно использовать систему меристических признаков, обычно применяемых при ихтиологических исследованиях. Мы использовали для разных видов 6-8 легко учитываемых признаков, таких как число лучей парных плавников, число тычинок на первой жаберной дуге (при желании можно увеличить число признаков, учитывая тычинки и на остальных жаберных дугах), число чешуй в боковой линии. На рисунке 2 приведена система морфологических признаков, используемая нами для оценки стабильности развития леща и плотвы. У некоторых видов (например, у щуки) легко учитывается количество хемипор на разных участках головы, а у окуня, кроме того, мы считали число шипов (выростов) на преджаберной крышке и учитывали признаки окраски тела (см. Приложение).

Желательно избегать признаков с явной направленностью асимметрии. Примером такой направленной асимметрии может служить число глоточных зубов у плотвы.

Пятибалльная шкала оценки стабильности развития

Разработанная для рыб пятибалльная шкала оценки стабильности развития оказалась пригодной для всех исследованных нами видов.

Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для рыб.

Балл	Величина показателя стабильности развития
I	<0,30
II	0,30 - 0,34
III	0,35 - 0,39
IV	0,40 - 0,4
V	>0,44

Прижизненная оценка и работа с музейным материалом

Прижизненная оценка стабильности развития рыб весьма проблематична, поскольку при этом резко уменьшается число доступных для обработки признаков. Учитывая неизбежный травматизм и небольшую вероятность выживания проанализированных особей, прижизненная обработка кажется нам нецелесообразной, тем более что нет никакой необходимости использовать для целей мониторинга ценные, редкие или исчезающие виды. Для анализа стабильности развития может быть использован и музейный материал.

ЗЕМНОВОДНЫЕ

Специфика объекта

Земноводные являются удобным объектом при проведении биомониторинга. Так как амфибии обитают на границе двух сред — водной и наземной, состояние их организма в полной мере отражает состояние окружающей среды.

Использование амфибий в целях биомониторинга удобно также в связи с их приуроченностью к определенному водоему. Это облегчает интерпретацию данных: состояние организма амфибий отражает состояние локального местообитания.

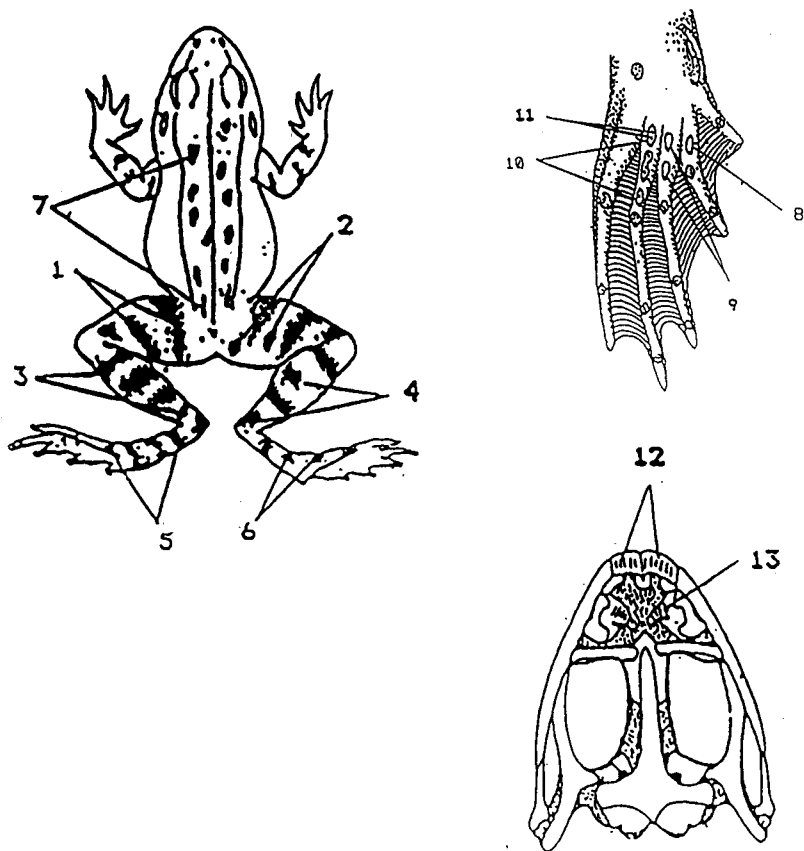
При соответствующем подборе признаков анализ стабильности развития возможен для любых видов земноводных. Нами накоплен опыт по оценке группы европейских зеленых лягушек (*Rana lessonae*, *R. ridibunda*, *R. esculenta*). Эта группа амфибий имеет преимущества по сравнению с другими: обширный ареал, массовость. Все это позволяет производить биомониторинг на большой территории, используя одни и те же признаки и получая таким образом сопоставимые данные.

Сбор материала

Для анализа желательно брать особей в возрасте от одного года и старше, так как большинство используемых морфологических признаков формируется к этому возрасту и не подвержены дальнейшим возрастным изменениям. Использование сеголеток может быть рекомендовано лишь для сравнения с той же возрастной группой, поскольку к этому моменту не все из исследуемых морфологических структур достигли дефинитивного состояния.

Желательно, чтобы сравниваемые выборки состояли из животных одного размерного класса.

Учитывая дальнейшую статистическую обработку, рекомендуемый объем выборки — 20 особей.



1 – 13 – меристические признаки:

- 1 – число полос на дорзальной стороне бедра;
- 2 – число пятен на дорзальной стороне бедра;
- 3 – число полос на дорзальной стороне голени;
- 4 – число пятен на дорзальной стороне голени;
- 5 – число полос на стопе;
- 6 – число пятен на стопе;
- 7 – число пятен на спине;
- 8 – число белых пятен на плантарной стороне второго пальца задней конечности;
- 9 – число белых пятен на плантарной стороне третьего пальца задней конечности;
- 10 – число белых пятен на плантарной стороне четвертого пальца задней конечности;
- 11 – число пор на плантарной стороне четвертого пальца задней конечности;
- 12 – число зубов на межчелюстной кости;
- 13 – число зубов на сошнике.

Рисунок 3. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития европейских зеленых лягушек (*Rana esculenta* complex): озерная лягушка (*R. ridibunda* Pallas); прудовая лягушка (*R. Lessonae* Camerano); гибридная форма (*R. esculenta* L.).

Подготовка и хранение материала

Материал не нуждается в предварительной подготовке. Отловленных особей рекомендуется усыплять эфиром. Удобнее всего для анализа использовать свежепойманный материал. При необходимости его можно хранить в замороженном виде, в 4% формалине или 70% этаноле. Хранение в этаноле предпочтительнее, так как при длительном хранении в формалине, окраска лягушек темнеет, что в дальнейшем делает анализ окраски невозможным.

Признаки

Нарушение стабильности развития проявляется в строении самых различных морфологических структур, поэтому для ее оценки можно использовать любые билатеральные признаки. Желательно выбирать признаки которые легко учитывать. Наиболее удобными для анализа нам представляются две группы признаков – признаки окраски и остеологии (рисунок 3). При работе с зелеными лягушками Используются такие признаки как число полос и пятен на бедре, голени и стопе, число пятен на спине, число белых пятен на плантарной стороне пальцев задней конечности, число пор на плантарной стороне четвертого пальца задней конечности, число зубов на межчелюстной кости и сошнике.

При проведении анализа с использованием предлагаемой схемы признаков нужно учитывать следующие рекомендации:

- Не следует учитывать мелкий крап.
- При работе с признаками 1-6 бывает трудно отличить пятно от полосы. Мы предлагаем использовать формальный критерий, в соответствии с которым полосой можно считать тот элемент рисунка, длина которого, по крайней мере, в два раза превышает ширину.
- Пятна спины, расположенные между центральной линией и дорзо-латеральной железой, следует учитывать от основания головы до подвздошной кости, так как каудальнее часто располагается множество мелких пятен, точный учет которых затруднителен.
- Следует учитывать только наиболее крупные поры на плантарной поверхности четвертого пальца. Число таких пор обычно бывает не больше пятнадцати. Место соединения межчелюстной кости и верхнечелюстной кости определить достаточно легко, так как соединение это подвижно.
- При подсчете числа зубов следует помнить, что у амфибий происходит смена зубов в связи с чем, одного или нескольких зубов может не хватать, однако, это довольно легко определить по большому расстоянию между зубами. Такой пропуск в зубном ряду следует учитывать как зуб.

Кроме европейских зеленых лягушек оценка стабильности развития проводилась нами для травяной лягушки (*Rana temporaria*). Система использованных морфологических признаков приведена в Приложении.

Пятибалльная шкала оценки стабильности развития

Разработанная для земноводных пятибалльная шкала оценки стабильности развития от условно нормального состояния оказалась пригодной для обеих исследованных групп лягушек.

Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для земноводных.

Балл	Величина показателя стабильности развития
I	<0,50
II	0,50 - 0,54
III	0,55 - 0,59
IV	0,60 - 0,64
V	>0,64

Прижизненная оценка и работа с музейным материалом

Используя предлагаемый метод, возможно проведение прижизненной оценки. При этом следует исключить признаки 11, 12, 13 (рис. 3). Однако, для получения достоверных результатов с помощью такой системы признаков минимальный размер анализируемой выборки следует увеличить.

Оценка стабильности развития возможна с использованием музейного материала. Правильно фиксированный материал сохраняет окраску и признаки остеологии на протяжении десятков лет. У нас есть опыт использования такого материала для оценки стабильности развития. Анализ фиксированного материала ничем не отличается от работы с полевым материалом.

МЛЕКОПИТАЮЩИЕ

Специфика объекта

Млекопитающие, находясь на вершине пищевых цепей, являются важным объектом для характеристики рассматриваемой экосистемы. Данные, получаемые по представителям этой группы, в наибольшей степени пригодны для экстраполяции на человека.

В качестве объектов для биомониторинга можно рекомендовать различные виды мелких млекопитающих.

Сбор материала

Использование фоновых, наиболее многочисленных для данного региона видов облегчает сбор материала и дает возможность получения выборок одного и того же вида во всех изучаемых точках. Можно предложить, например, такие широко распространенные виды как рыжая и обыкновенная полевки, лесная, полевая и домовая мыши, обыкновенная бурозубка и др.

Различия между животными разных возрастных групп обычно отсутствуют, поэтому возможно использование суммарной выборки. Если желательна оценка ситуации на текущий момент, необходимы выборки молодых особей этого года рождения.

Для характеристики популяции необходимо использование репрезентативной выборки. Опыт свидетельствует, что адекватная оценка ситуации может быть получена уже при анализе 20 особей.

При сборе материала предпочтительнее использование живоловок или ловчих канавок, т. к. другие орудия отлова могут повреждать материал, что особенно нежелательно при малой численности животных.

При интерпретации результатов необходимо учитывать, что полученные оценки стабильности развития по краниологическим признакам отражают воздействие на момент формирования исследованных признаков (период пренатального онтогенеза и ранние этапы постнатального развития) и не подвержены дальнейшим возрастным изменениям.

Подготовка и хранение материала

Материал до обработки лучше хранить в замороженном виде. При отсутствии такой возможности для фиксации можно использовать 70% этанол или 4% формалин.

Для изучения асимметрии у мелких млекопитающих наиболее удобным представляется черепной материал. Мягкие ткани удаляются с костей черепа после его вываривания. Время вываривания в определенной степени зависит от способа и времени консервирования, а также возраста и вида животного (для мышевидных грызунов порядка 50 минут). Поэтому в каждом конкретном случае лучше время определить опытным путем. При других способах чистки черепов (например, использование ферментов) требуется известная осторожность (из-за возможного разрушения хрящевых тканей) и предварительная отработка метода.

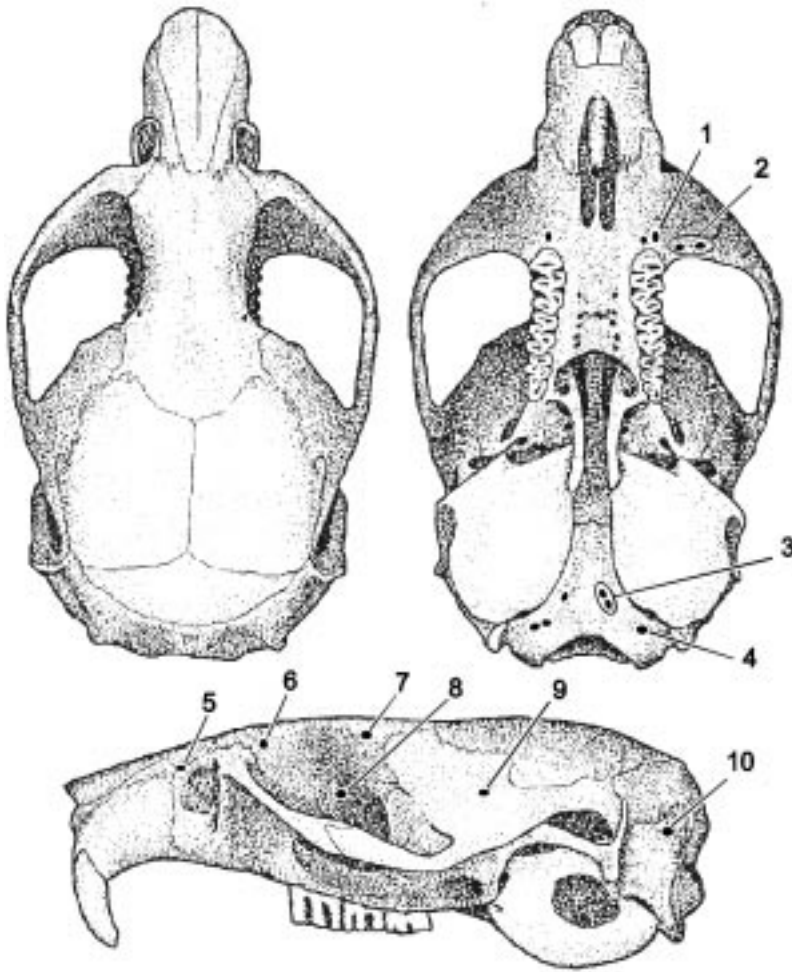
Качество очистки черепа желательно контролировать под биноклем.

Костный материал не требует особых условий хранения. Он может сохраняться длительное время. Материал должен быть снабжен этикеткой с указанием места и времени сбора материала и другой необходимой информации.

Признаки

При изучении стабильности развития млекопитающих мы в большинстве случаев используем краниологические признаки, а именно число мелких отверстий для нервов и кровеносных сосудов на левой и правой сторонах черепа. На рисунке 4 приведена схема признаков рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*). Это признаки которые формируются на ранних стадиях онтогенеза и не подвержены, как правило, возрастным изменениям.

Кроме рыжей полевки в качестве объектов для изучения различных аспектов стабильности развития нами исследовались и другие виды млекопитающих. Список использованных видов и схемы признаков приведены в Приложении.



Число мелких отверстий:

- 1 – на верхнечелюстной кости (в районе диастемы), перед коренными зубами;
- 2 – на скуловом отростке верхнечелюстной кости;
- 3 – на основной затылочной кости (перед подъязычным отверстием);
- 4 – подъязычное отверстие (вместе с дополнительными);
- 5 – на предчелюстной кости (над инфраорбитальным каналом;
- 6 – на латеральной поверхности лобной кости (позади слезной);
- 7 – нижней части орбитальной поверхности лобной кости (над орбитальной вырезкой);
- 8 – в верхней части мозговой пластинки лобной кости под теменным гребнем;
- 9 – на чешуйчатой кости;
- 10 – на сосцевой части каменной кости.

Рисунок 4. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) и обыкновенной полевки (*Microtus arvalis*).

Пятибалльная шкала оценки стабильности развития

Разработанная для млекопитающих пятибалльная шкала оценки отклонений уровня стабильности развития от условно-нормального состояния оказалась пригодной для всех исследованных нами видов млекопитающих.

Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для млекопитающих.

Балл	Величина показателя стабильности развития
I	<0,35
II	0,35 - 0,39
III	0,40 - 0,44
IV	0,45 - 0,49
V	>0,49

Прижизненная оценка и работа с музейным материалом

Существует возможность прижизненной оценки стабильности развития у млекопитающих. Известен, например, опыт фотографирования носогубного зеркала с дальнейшим анализом его дерматоглифа по фотографиям у крупного рогатого скота (Baranov et al., 1993).

В зоологических музеях имеется обширный материал по многим видам млекопитающих, пригодный для изучения стабильности развития. Примером такого использования музейного материала может служить исследование стабильности развития серого тюленя и зубра (Baranov et al. 1997, Zakharov et al., 1997).

ПРИЛОЖЕНИЯ

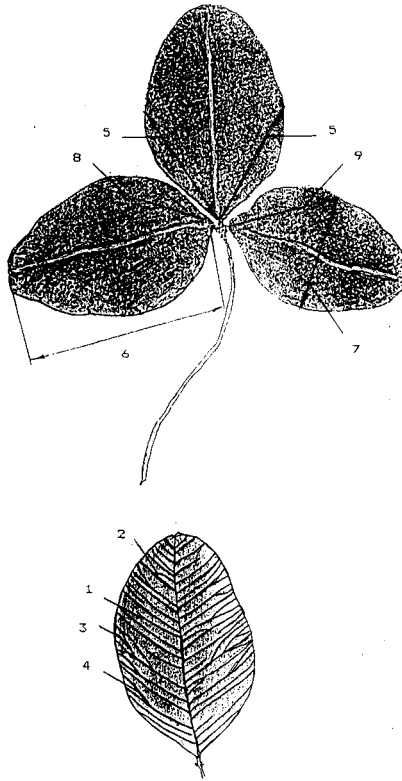


Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития клевера лугового (*Trifolium pratense*).

- 1 – число жилок второго порядка, отходящих от средней жилки и не доведенных до края листа;
- 2 – число жилок второго порядка, замкнутых на соседние жилки;
- 3 – число многократно разветвленных жилок второго порядка;
- 4 – число однократно разветвленных жилок второго порядка;
- 5 – длина хорды на среднем листочке;
- 6 – длина супротивных боковых листочков;
- 7 – ширина супротивных боковых листочков;
- 8 – длина хорды на каждом из боковых листочков;
- 9 – ширина хорды на каждом из боковых листочков.

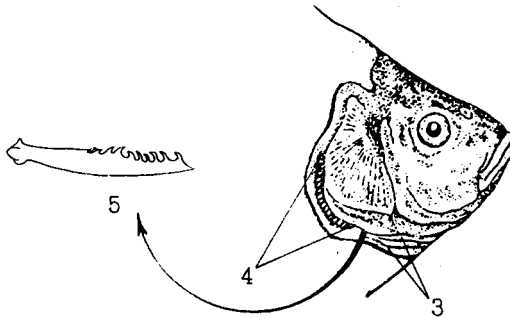
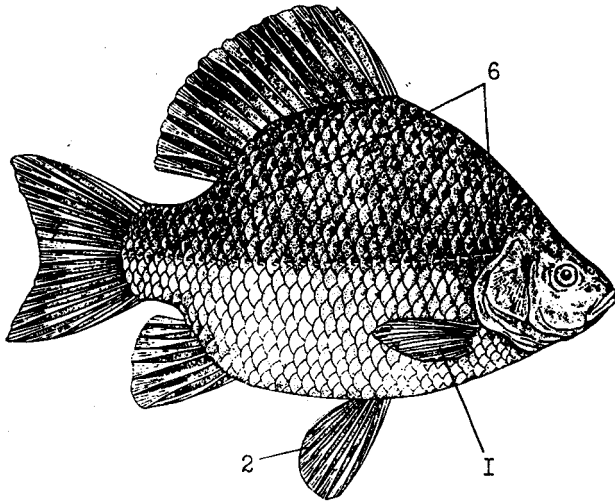


Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития золотого карася (*Carassius carassius*) и серебряного карася (*Carassius auratus*).

- 1 – 6 – меристические признаки:
- 1 – число лучей в грудных плавниках;
- 2 – число лучей в брюшных плавниках;
- 3 – число лучей в жаберной перепонке
- 4 – число жаберных тычинок;
- 5 – число глоточных зубов;
- 6 – число чешуй в боковой линии.

Список морфологических признаков для оценки стабильности развития щуки (*Esox lucius*):

- 1 – число лучей в грудных плавниках;
- 2 – число лучей в брюшных плавниках;
- 3 – число лучей в жаберной перепонке;
- 4 – число жаберных тычинок на первой жаберной дуге;
- 5 – число надглазничных сенсорных пор;
- 6 – число сенсорных пор на нижней челюсти;
- 7 – число сенсорных пор на жаберной крышке;
- 8 – число подглазничных сенсорных пор.

Список морфологических признаков для оценки стабильности развития речного окуня (*Perca fluviatilis*):

- 1 – число лучей в грудных плавниках;
- 2 – число лучей жаберной перепонки;
- 3 – число жаберных тычинок на первой жаберной дуге;
- 4 – число зубцов по краю преджаберной крышки;
- 5 – число шипов на подкрышечной жаберной кости;
- 6 – число сенсорных пор на верхней части головы;
- 7 – число сенсорных пор на нижней челюсти;
- 8 – число лучей в брюшных плавниках.

Список морфологических признаков для оценки стабильности развития бычка-зеленчака (*Zosterisessor ophiocephalus*):

- 1 – число лучей в грудных плавниках (18–19);
- 2 – число лучей в брюшных плавниках (6);
- 3 – число жаберных лучей (5);
- 4 – число жаберных тычинок на 1 жаберной дуге (13);
- 5 – число жаберных тычинок на 2 жаберной дуге (11);
- 6 – число жаберных тычинок на 3 жаберной дуге (11-12);
- 7 – число жаберных тычинок на 4 жаберной дуге (10).

Земноводные

Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития травяной лягушки (*Rana temporaria*):

- 1 – число полос на дорзальной стороне бедра;
- 2 – число пятен на дорзальной стороне бедра;
- 3 – число полос на дорзальной стороне голени;
- 4 – число пятен на дорзальной стороне голени;
- 5 – число полос на стопе;
- 6 – число пятен на стопе;
- 7 – число пятен на спине;
- 8 – число бугорков на Л-образном пятне спины;
- 9 – число зубов на межчелюстной кости;
- 10 – число зубов на сошнике.

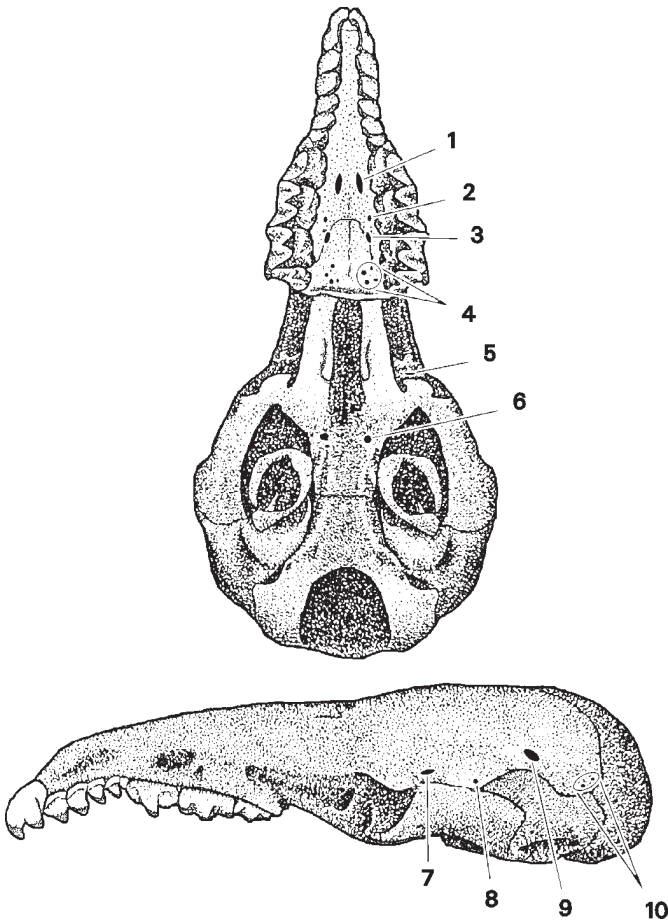


Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*):

Число отверстий:

- 1 - на верхнечелюстной кости на уровне второго моляра (переднебные).
- 2 - на верхнечелюстной кости, между передне - и заднебными;
- 3 - в шве между небной и верхнечелюстной костями (заднебные);
- 4 - на пластинке небной кости, в ложбинке позади заднебного отверстия;
- 5 - на чешуйчатой кости позади верхнего суставного бугорка;
- 6 - на основной сфеноидной кости вокруг входа в птеригоидный канал;
- 7 - в передней части теменной кости позади глазницы, перед желобком;
- 8 - в средней части теменной кости в основании желобка;
- 9 - на теменной кости у выхода из желобка;
- 10 - на заднем выступе теменной кости.

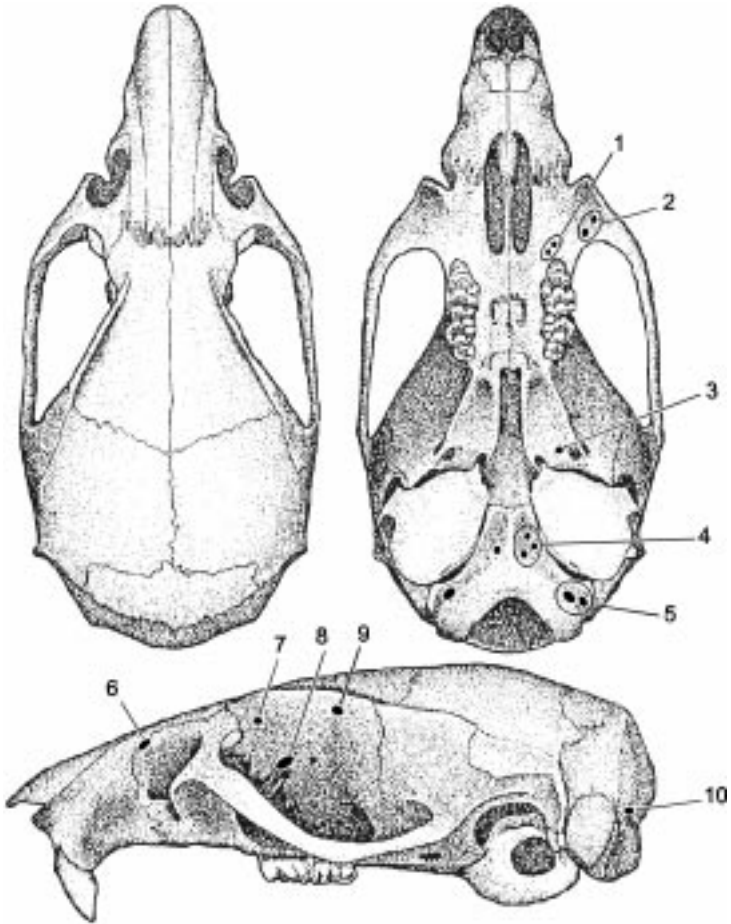
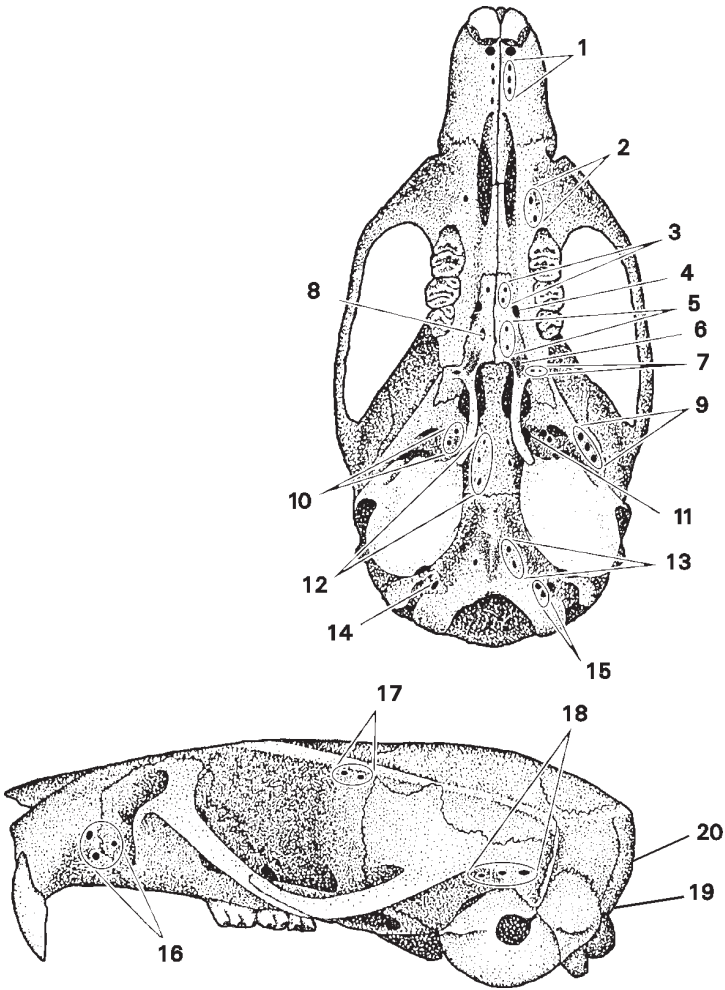


Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития для полевой мыши (*Apodemus agrarius*), малой мыши (*Apodemus uralensis*), желтогорлой мыши (*Apodemus flavicolis*), мыши-малютки (*Micromys minutus*):

Число отверстий:

- 1 — на верхнечелюстной кости в районе диастемы, перед коренными зубами;
- 2 — на скуловом отростке верхнечелюстной кости;
- 3 — на основной клиновидной кости между непостоянным и овальным отверстиями;
- 4 — на основной затылочной кости;
- 5 — подъязычное отверстие вместе с дополнительными;
- 6 — на предчелюстной кости, над инфраорбитальным каналом;
- 7 — на латеральной поверхности лобной кости (позади слезной);
- 8 — в нижней части орбитальной поверхности лобной кости (над орбитальной вырезкой);
- 9 — в верхней части мозговой пластинки лобной кости под теменным гребнем;
- 10 — в районе затылочных мышцелков.

Млекопитающие



Млекопитающие

Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития серой крысы (*Ratus norvegicus*):

Число отверстий:

- 1 – в предчелюстной кости снизу, в области шва между одноименными костями;
- 2 – на челюстной кости в области диастемы;
- 3 – мелкие отверстия спереди от небного;
- 4 – небные отверстия;
- 5-7- группы мелких отверстий позади небного (заднебные):
- 5 – заднебное-I;
- 6 – заднебные-II;
- 7 – заднебные III;
- 8 – крупные небные отверстия;
- 9 – в крыловидной кости;
- 10 – дополнительные мелкие отверстия вокруг выхода в межпоперечный канал;
- 11 – отверстия выхода межпоперечного канала;
- 12 – по краю основной клиновидной кости;
- 13 – отверстия на основании (на теле) затылочной кости;
- 14 – мелкие (дополнительные) отверстия на теле основной сфероидной кости перед входом в подъязычный канал;
- 15 – мелкие отверстия в стенке подъязычного канала;
- 16 – на боковой поверхности предчелюстной кости;
- 17 – надглазничные;
- 18 – мелкие отверстия в районе засочленовного;
- 19 – сбоку от затылочных мышцелков;
- 20 – вдоль затылочного гребня.

Млекопитающие

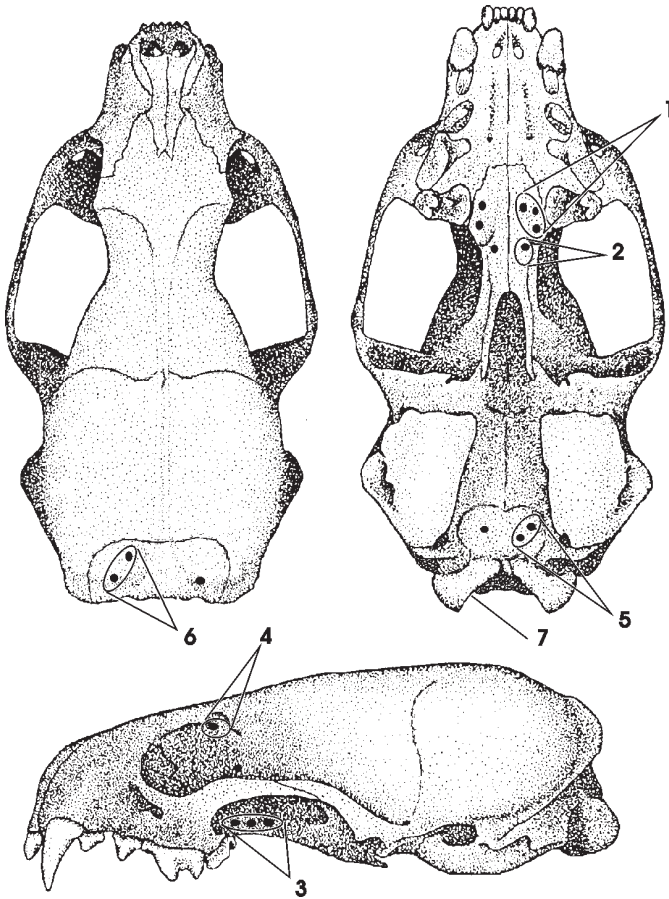


Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития норки (*Mustela vison*):

Число отверстий:

- 1 – на бугорках небной кости;
- 2 – за небными бугорками;
- 3 – на дорзальной поверхности тела верхнечелюстной кости;
- 4 – в верхней части мозговой пластинки лобной кости под теменным гребнем (надглазничные отверстия около заглазничного отростка);
- 5 – на основании затылочной кости;
- 6 – на верхнезатылочной кости;
- 7 – на внутренней стороне затылочных мыщелков.

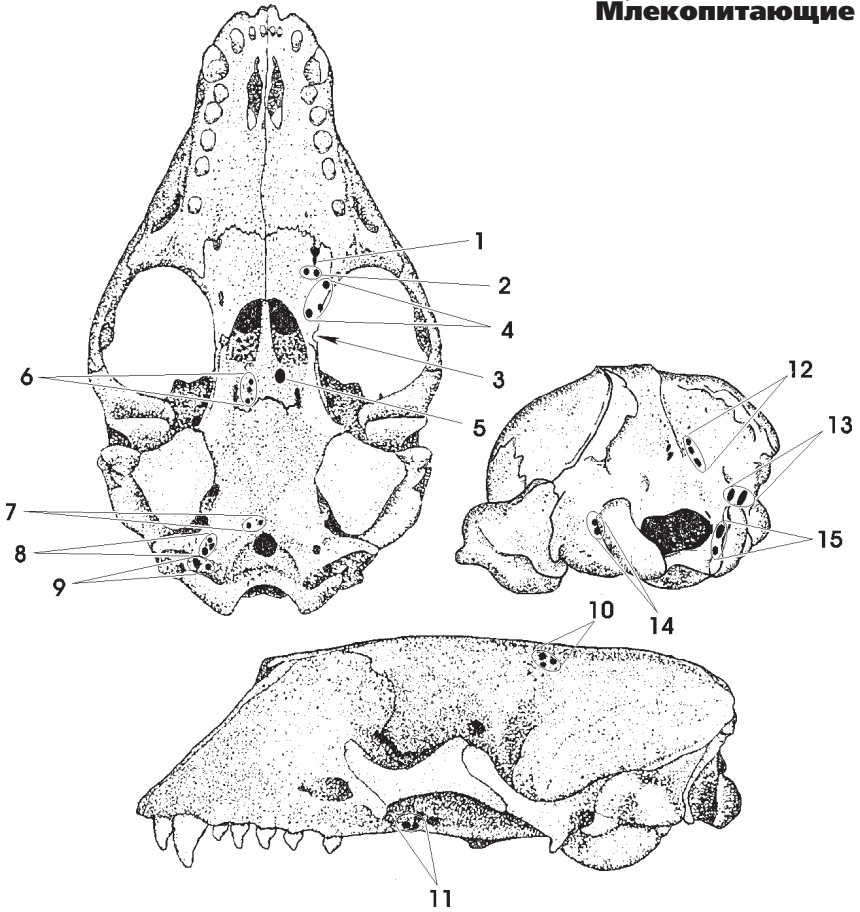
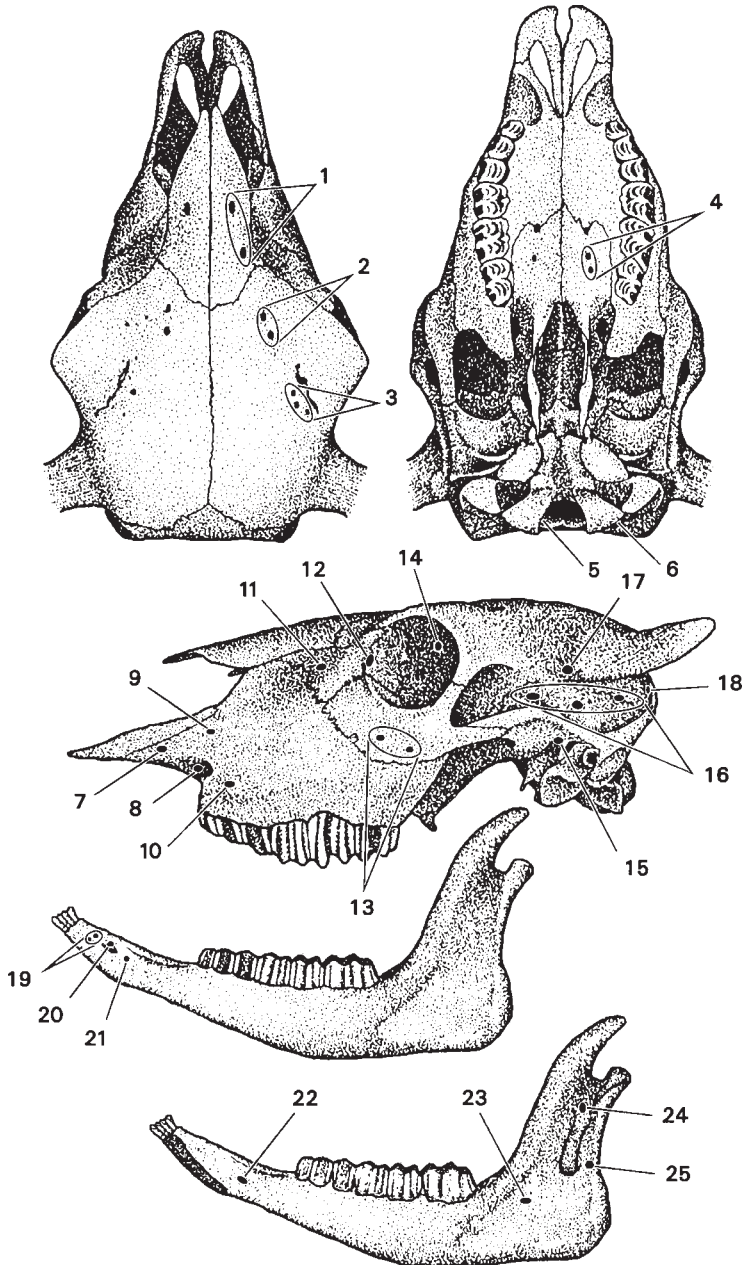


Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития серого тюленя (*Halichoerus grypus*) и кольчатой нерпы (*Pusa hispida*):

Число отверстий:

- 1 - крупные отверстия на небном шве;
- 2 - крупные отверстия на на задней части небной кости;
- 3 - мелкие отверстия в районе небных;
- 4 - небные отверстия;
- 5 - крупные отверстия на боковой поверхности клиновидной кости;
- 6 - мелкие отверстия на боковой поверхности клиновидной кости;
- 7 - мелкие отверстия на основании затылочной кости;
- 8 - подъязычное отверстие (вместе с дополнительными);
- 9 - на нижней стенке затылочных мыщелков;
- 10 - отверстия на передней части чешуйчатой кости;
- 11 - дополнительные отверстия к нижнеглазничным;
- 12 - дополнительные отверстия на затылочной кости;
- 13 - сбоку от затылочного гребня;
- 14 - на задней стенке затылочных мыщелков;
- 15 - на внутренней стенке затылочных мыщелков.

Млекопитающие



Млекопитающие

Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития зубра (*Bison bonasus*) и коровы.

Число отверстий:

- 1 – на носовой кости;
- 2 – на лобной кости спереди от надглазничного отверстия;
- 3 – позади надглазничного отверстия;
- 4 – позади входа небного канала;
- 5 – входные отверстия для подъязычного нерва;
- 6 – над мышцелками;
- 7 – спереди от инфраорбитального канала;
- 8 – внутри инфраорбитального канала (на внутренней стенке входа в инфраорбитальный канал);
- 9 – над инфраорбитальным каналом;
- 10 – позади инфраорбитального канала;
- 11 – на слезной кости, впереди слезного отверстия;
- 12 – слезное отверстие;
- 13 – на боковой поверхности передней части скуловой кости;
- 14 – латеральный выход верхнеглазничного отверстия;
- 15 – засочленовные отверстия;
- 16 – над мышцелками;
- 17 – над средней частью височного гребня лобной кости;
- 18 – в области затылочно-теменного шва;
- 19 – на нижней челюсти, впереди подбородочного канала;
- 20 – внутри подбородочного канала (на внутренней стенке входа в подбородочный канал);
- 21 – позади подбородочного канала;
- 22 – на внутренней поверхности челюсти позади симфизиса;
- 23 – спереди от челюстного отверстия;
- 24 – сверху от челюстного отверстия;
- 25 – позади от челюстного отверстия.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Дмитриев С.Г. 1997. Цитогенетическая нестабильность у трех видов грызунов в районе химического предприятия на севере России. Экология. № 6. С. 447 - 451.

Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука. 1987. 161 С.

Захаров В.М. (ред.) Интегральная биологическая оценка здоровья среды в окрестностях г. Чапаевска с. 208 - 333. В кн. Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (биологическая индикация). Экологическая безопасность и устойчивое развитие самарской области. Выпуск 3. Тольятти. 1997.

Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России. 2000.

Захаров В.М., Кларк Д.М. (ред.) Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. М.: Московское отделение международного фонда "Биотест". 1993. 68 С.

Захаров В.М., Крысанов Е.Ю. (ред.) Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды. М.: Центр экологической политики России. 1996. 170 С.

Захаров В.М., Чистякова Е.К., Кряжева Н.Г. 1997. Гомеостаз развития как общая характеристика состояния организма: скоррелированность морфологических и физиологических показателей у березы повислой. Доклады Академии Наук. Общая биология. Т. 357. №26. С. 1-3.

Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Захаров В.М. 1996. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения. Экология. №6. С. 441-444.

Чубинишвили А.Т. 1998. Гомеостаз развития в популяциях озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall.), обитающих в условиях химического загрязнения в районе Средней Волги. Экология. №1. С. 71-74.

Чубинишвили А.Т. 1998. Оценка состояния природных популяций озерной лягушки (*Rana ridibunda*) в районе Нижней Волги по гомеостазу развития: цитогенетический и морфогенетический подходы. Зоологический журнал. Т. 77. №8. С. 942-946.

Baranov A.S., Graml L., Pirchner F., Schmid D.O. 1993. Breed differences and intra-breed genetic variability of dermatoglyphic pattern of cattle. Jour. Anim. Breed. Genet. Vol. 110. P. 385 – 392.

Baranov A.S., Pucek Z., Kiselev E.G., Zakharov V.M. Developmental stability of skull morphology in European Bison *Bison bonasus*. 1997. Acta Theriologica. Suppl. 4. P. 79 – 85.

Chubinishvili A.T. 1997. The status of natural populations of the *Rana esculenta* – complex in response to anthropogenic influences: A morphogenetic approach. Advances in Amphibian Research in the Former Soviet Union. (PENSOFT Publishers, Sofia - Moscow). Vol. 2. P. 117-124.

Zakharov V.M., Demin D.V., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetsky A.V. and Sheftel B.I. 1997. Developmental stability and population dynamics of shrews *Sorex* in Central Siberia. Acta Theriologica, Suppl. 4. P. 41-48.

Zakharov V.M., Dmitriev S.G., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetski A.V., Chubinishvili A.T., Isaeva E.I., Chekhovich A.V., Chuikov Yu.S. 1997. Integrated biological assessment of wetland ecosystem health (with particular reference to the Lower Volga). Development Policies, Plants and Wetlands. Proceedings of Workshop 1 of the International Conference on Wetlands and Development held in Kuala Lumpur, Malaysia, 9 - 13 October 1995. Prentice, R.C. and Jaensch R.P. (eds.) P. 165 - 177.

Zakharov V.M., Graham J.H. (eds.) Developmental stability in natural populations. Acta Zoologica Fennica. 1992. № 191. 200 P.

Zakharov V.M., Pankakoski E., Sheftel B.I., Peltonen A., Hanski I. 1991. Developmental stability and population dynamics in common shrews, *Sorex araneus*. American Naturalist. 138. P. 797-810.

Zakharov V.M., Valetsky A.V., Yablokov A.V. 1997. Dynamics of developmental stability of seals and pollution in the Baltic Sea. Acta Theriologica. Suppl. 4. P. 9-16. Zakharov V.M., Yablokov A.V. (eds). Developmental Homeostasis in Natural Populations of Mammals: Phenetic Approach. Acta Theriologica. 1997. Suppl. 4. 92 P.

В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева,
Е.К. Чистякова, А.Т. Чубинишвили.

ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ: МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

Замечания и предложения просим присылать по адресу:

Центр экологической политики России

117808 Москва, ул. Вавилова, 26

Тел.: (095) 952-2423, факс: (095) 952-3007

E-mail: anzuz@glasnet.ru

Макет, художественное оформление и допечатная подготовка осуществлены

Издательской группой «Реформ-Пресс»,  2000 ©

Обложка Ю. Сурков ©, 2000

ООО УМК «Психология»

ИД №00451 от 15.11.99

Формат 70x100 1/16

Бумага офсетная

Тираж 1000 экз.