

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА  
СРЕДЫ ПО СОСТОЯНИЮ ЖИВЫХ СУЩЕСТВ**

(оценка стабильности развития живых организмов по  
уровню асимметрии морфологических структур)

Москва  
2003

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ОХРАНЫ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ  
(Росэкология)

РАСПОРЯЖЕНИЕ

г. Москва

16.10.2003

№ 460-р

В целях совершенствования работ по оценке качества окружающей среды и ее изменения при антропогенном воздействии:

1. Утвердить прилагаемые Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (далее Методические рекомендации).
2. Территориальным органам МПР России руководствоваться Методическими рекомендациями при проведении указанных работ

Руководитель государственной службы  
Первый заместитель Министра  
В.В. Караганов

УТВЕРЖДЕНО  
Распоряжением Росэкологии  
От 16.10.2003 № 460-р

# Оглавление

---

<b>1. Вводная часть .....</b>	<b>3</b>
1.1. Назначение документа .....	3
1.2. Область применения документа .....	3
<b>2. Устройства, материалы, реактивы .....</b>	<b>4</b>
2.1. Средства исследований и вспомогательные инструменты .....	4
2.2. Реактивы для фиксации .....	4
<b>3. Метод исследований .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Рекомендации по технике безопасности в целях охраны окружающей среды .....</b>	<b>5</b>
<b>5. Рекомендации по квалификации исполнителей .....</b>	<b>5</b>
<b>6. Подготовка к отбору проб .....</b>	<b>5</b>
6.1. Место сбора материала .....	5
6.2. Выбор объекта .....	6
<b>6.2.1. Растения .....</b>	<b>7</b>
<b>6.2.2. Рыбы .....</b>	<b>7</b>
<b>6.2.3. Земноводные .....</b>	<b>7</b>
<b>6.2.4. Млекопитающие .....</b>	<b>7</b>
<b>7. Отбор проб полевого материала и подготовка к выполнению исследований .....</b>	<b>8</b>
7.1. Растения .....	8
7.2. Рыбы .....	9
7.3. Земноводные .....	9
7.4. Млекопитающие .....	9
<b>8. Выполнение исследований .....</b>	<b>10</b>
8.1. Растения .....	10
8.2. Рыбы .....	11
8.3. Земноводные .....	12
8.4. Млекопитающие .....	14
<b>9. Обработка и оформление результатов исследований .....</b>	<b>15</b>
9.1. Растения .....	15
9.2. Рыбы, земноводные и млекопитающие .....	17
<b>10. Интерпретация полученных результатов .....</b>	<b>19</b>
<b>11. Список литературы .....</b>	<b>20</b>
<b>Приложение 1 .....</b>	<b>21</b>
<b>Приложение 2 .....</b>	<b>22</b>
<b>Приложение 3 .....</b>	<b>23</b>

# 1. Вводная часть

---

## 1.1. Назначение документа

Настоящий документ описывает метод выполнения оценки качества окружающей среды и его изменения при антропогенном воздействии и предназначен для специалистов в данной области.

Под качеством среды понимается ее состояние, необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ. Степень отклонения среды от нормы определяется по состоянию населяющих ее живых организмов, которое, в свою очередь, определяется по нарушению стабильности развития наиболее массовых (фоновых) видов и оценивается по пятибалльной шкале:

Стабильность развития в баллах	Качество среды
1-ый балл	Условно нормальное
2-ой балл	Начальные (незначительные) отклонения от нормы
3-ий балл	Средний уровень отклонений от нормы
4-ый балл	Существенные (значительные) отклонения от нормы
5-ый балл	Критическое состояние

Стабильность развития как способность организма к нормальному развитию (без нарушений и ошибок) является чувствительным индикатором состояния природных популяций и позволяет оценивать суммарную величину антропогенной нагрузки. Наиболее простым и доступным для широкого использования способом оценки стабильности развития является определение величины флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков. Она представляет собой отклонения от строгой билатеральной симметрии вследствие несовершенства онтогенетических процессов и проявляется в незначительных ненаправленных различиях между сторонами (в пределах нормы реакции организма). Получаемая интегральная оценка качества среды является ответом на вопрос - какова реакция живого организма на неблагоприятное воздействие, которое имело место в период его развития.

## **1.2. Область применения документа**

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;
- выявления зон экологического бедствия;
- при проведении работ по ОВОС, проектировании, строительстве, реконструкции и перепрофилировании предприятий;
- оценки эффективности природоохранных мероприятий;
- создания особо охраняемых природных территорий.

Для оценки качества среды используются наиболее обычные фоновые виды растений и животных, указанные в этих методических рекомендациях. При отсутствии в районе исследования видов, указанных в настоящих методических рекомендациях, возможно использование других видов, по согласованию с разработчиком настоящих методических рекомендаций. Списки видов растений и животных, приведенные в данных методических рекомендациях, разработаны для проведения оценки качества среды во всех географических зонах на территории России, за исключением зоны тундр, полупустынь, пустынь и высокогорья.

## **2. Устройства, материалы, реактивы**

---

При выполнении оценки качества среды применяют следующие средства измерений и другие технические средства:

### **2.1. Средства исследований и вспомогательные инструменты**

- микроскоп бинокулярный 50-1350x ТУ 3-3-986, ТУ 3-3-777, ТУ 3-3.1911-89;
- лупа налобная ТУ 25-2015-0001-88;
- линейка на 10 см с ценой деления 1 мм ГОСТ 427-75;
- транспортир с ценой деления 1 град. ОСТ 6-19-417-80
- циркуль-измеритель ТУ 25-7203014-91
- баня электрическая ТУ 64-1-2850-80;
- пинцеты глазные ТУ 34-1-37-78;
- скальпели глазные ТУ 64-1-17-78;
- набор гистологический ТУ 64-1-504-74;
- ножницы ТУ 64-1-3 785-83;
- зубная щетка (бытовая) с жесткой щетиной;
- банки стеклянные для фиксации и хранения проб;
- чашка Петри ГОСТ 23932-90;
- холодильник (бытовой) для хранения проб.

### **2.2. Реактивы для фиксации**

- формалин 3% водный раствор ТУ 6-09-3011-73;
- спирт этиловый питьевой 95% ГОСТ 5963-67;
- спирт этиловый технический ГОСТ 17299-98;
- спирт этиловый ректификованный ГОСТ 18300-87;
- вода дистиллированная ГОСТ 6709-72.

### **3. Метод исследований**

---

Настоящая методика основана на выявлении, учете и сравнительном анализе асимметрии у разных видов живых организмов по определенным признакам.

Определение величины флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических структур при использовании меристического (счетного) признака у каждой особи производится путем просчета числа определенных структур слева и справа в указанных границах (методика представлена в п. 8.2-8.4). Популяционная оценка выражается средней арифметической разности в количестве структур слева и справа. При использовании пластического (мерного) признака у каждой особи измеряют определенные структуры слева и справа (методика представлена по отдельным видам в пп. 8.1). Величина асимметрии вычисляется путем деления разности в промерах на двух сторонах на их сумму.

### **4. Рекомендации по технике безопасности**

---

При выполнении работ рекомендуется соблюдать стандартные требования по технике безопасности.

Организация обучения работающих безопасности труда - по ГОСТ 12.0.004-90.

Требования техники безопасности при работе с химическими реактивами по ГОСТ 12.1.007-76.

Электробезопасность при работе с электроустановками обеспечивается по ГОСТ 12.1.019-79.

Помещение биологической лаборатории должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

### **5. Рекомендации по квалификации исполнителей**

---

Исследования и обработка результатов проводятся лицами, имеющими квалификацию по специальности "биология", прошедших курс обучения и овладевшими техникой определения и обработки параметров асимметрии морфологических структур.

## **6. Подготовка к отбору проб**

---

### **6.1. Места сбора материала**

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

- Для фоновых мониторинга используются 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, а также из мест не подверженных антропогенной нагрузке для оценки условного фонового уровня.

### **6.2. Выбор объекта**

Оценка качества среды предполагает анализ наиболее обычных фоновых видов (модельных объектов) разных групп животных и растений.

Для характеристики состояния экосистемы рекомендуются следующие критерии отбора модельных объектов:

- выбор представителей различных систематических групп, занимающих разное место в экосистемах;
- 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 пригодны 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 чаще всего используются следующие виды:

- древесные растения - береза повислая, а также другие виды берез, произрастающие на территории России;
- массовые виды мелких млекопитающих в большинстве местообитаний представлены рыжей полевкой или малой мышью, в условиях с большой антропогенной нагрузкой - полевой мышью.



Для характеристики водных экосистем:

- наиболее обычные, массовые виды рыб - плотва, окунь, лещ;
- земноводных - прудовая или озерная лягушка.

Минимальное необходимое и достаточное количество объектов для проведения оценки качества среды - по одному виду от каждой исследуемой группы наземных и водных организмов (растений, млекопитающих и т. д.).

Для этих объектов были разработаны шкалы балльных оценок состояния организма по уровню стабильности развития. Ниже дан список видов и приведено описание признаков, рекомендуемых для проведения такой оценки.

### **6.2.1. Растения**

- Береза повислая - *Betula pendula* Roth.  
и другие виды берез, произрастающие на территории России.

Для определения видов рекомендуется использовать:

Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Определитель сосудистых растений центра европейской России. 2-е изд. дополн. и перер. М.: Аргус, 1995, 560 с.

### **6.2.2. Рыбы**

- лещ - *Abramis brama* Linne, 1758
- плотва - *Rutilus rutilus* Linne, 1758
- речной окунь - *Perca fluviatilis* Linne, 1758
- щука - *Esox luceus* Linne, 1758
- карась золотой - *Carassius carassius* Linne, 1758
- серебряный карась - *Carassius auratus* Bloch, 1783
- бычок зеленчак - *Zosterisessor ophiocephalus* Pallas, (= *Gobius ophiocephalus*), 1811

Для определения видов рекомендуется использовать:

Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948, 1949. Ч.1-3.

### **6.2.3. Земноводные**

- Озерная лягушка - *Rana ridibunda* Pallas, 1771
- Прудовая лягушка - *Rana lessonae* Camerano, 1882
- Гибридная форма - *Rana esculenta* Linne, 1758
- Травяная лягушка - *Rana temporaria* Linne, 1758

Для определения видов рекомендуется использовать:

Банников А.Г., Даревский И.С., Ищенко В.Г., Рустамов А.К., Щербак Н.Н. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР. М.: Просвещение, 1977. 414с.

### **6.2.4. Млекопитающие**

- рыжая полевка - *Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780
- красная полевка - *Clethrionomys rutilus* Pallas, 1779
- домовая мышь - *Mus musculus* Linne, 1758
- полевая мышь - *Apodemus agrarius* Pallas, 1771
- серая полевка - *Microtus arvalis* Pallas, 1778
- желтогорлая мышь - *Apodemus flavicollis* (= *Sylvaemus flavicollis* Melchior, 1834)
- западно-европейская мышь - *Apodemus sylvaticus*, (= *Sylvaemus sylvaticus* Linne, 1758)
- малая мышь - *Apodemus uralensis* (= *Sylvaemus uralensis* Pallas, 1811)
- мышь малютка - *Micromys minutus* Pallas, 1771)
- малая белозубка - *Crocidura suaveolens* Pallas, 1811
- средняя бурозубка - *Sorex caecutiens* Laxmann, 1978
- тундряная бурозубка - *Sorex tundrensis* Merriam, 1902
- обыкновенная бурозубка - *Sorex araneus* Linne, 1758
- бурая бурозубка - *Sorex roboratus* Hollister, 1913
- равнозубая бурозубка - *Sorex isodon* Turov, 1924

Для определения видов рекомендуется использовать:

Павлинов И.Я., Россолимо О.Л. Систематика млекопитающих СССР. М.: Изд. МГУ, 1987. 287с.

## **7. Отбор проб полевого материала и подготовка к выполнению исследований**

---

### **7.1. Растения**

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 хранятся отдельно, для того, чтобы в дальнейшем можно было проанализировать полученные результаты индивидуально для каждой особи (собранные с одного дерева листья связывают за черешки). Все листья, собранные для одной выборки, необходимо сложить в полиэтиленовый пакет, туда же вложить этикетку. В этикетке указать номер выборки, место сбора (делая максимально подробную привязку к местности), дату сбора.

Выбор деревьев. При выборе деревьев важно учитывать, во-первых, четкость определения принадлежности растения к исследуемому виду. По данным некоторых авторов береза повислая способна скрещиваться с другими видами берез, образуя межвидовые гибриды, которые обладают признаками обоих видов. Во избежание ошибок следует выбирать деревья с четко выраженными признаками березы повислой. Во-вторых, листья должны быть собраны с растений, находящихся в сходных экологических условиях (учитывается уровень освещенности, увлажнения и т.д.). Рекомендуется выбирать деревья, растущие на открытых участках (полянах, опушках), т.к. условия затенения являются стрессовыми для березы и существенно снижают стабильность развития растений. В-третьих, при сборе материала должно быть учтено возрастное состояние деревьев. Для исследования выбирают деревья, достигшие генеративного возрастного состояния

Сбор листьев с растения. У березы повислой собирают листья из нижней части кроны дерева с максимального количества доступных веток равномерно вокруг дерева. Тип побега также не должен изменяться в серии сравниваемых выборок. Листья следует собирать только с укороченных побегов. Размер листьев должен быть сходным, средним для данного растения. С растения собирают несколько больше листьев, чем требуется, на тот случай, если часть листьев из-за повреждений не сможет быть использована для анализа.

Подготовка и хранение материала. Для непродолжительного хранения собранный материал можно хранить в полиэтиленовом пакете на нижней полке холодильника. Для длительного хранения надо зафиксировать материал в 60% растворе этилового спирта или гербаризировать.

## **7.2. Рыбы**

Сбор материала. Выборки должны состоять из особей сходного возраста. При изучении взрослых рыб необходимо учитывать, что полученные оценки уровня флуктуирующей асимметрии отражают воздействие среды на момент формирования исследованных признаков. Оценку ситуации на текущий момент позволит получить анализ выборок сеголеток. Рекомендуемый объем выборки - 20 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. Следует избегать длительного хранения материала, так как при этом возможно нарушение чешуйчатого покрова и некоторых других структур.

## **7.3. Земноводные**

Сбор материала. Для анализа следует брать особей в возрасте от одного года и старше, так как большинство используемых морфологических признаков формируются 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. Сравнимые выборки необходимо подбирать из животных сходного размера. Рекомендуемый объем выборки - 20 особей.

Подготовка и хранение материала. 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. Правильно фиксированный материал сохраняет окраску и признаки остеологии на протяжении десятков лет.

## **7.4. Млекопитающие**

Сбор материала. При оценке ситуации на текущий момент, необходимы выборки молодых особей этого года рождения, в других случаях для анализа пригодны особи разного возраста. Рекомендуемая выборка - 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 резуль-

татов 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 хранят в замороженном виде. При отсутствии такой возможности для фиксации можно использовать 70% этанол или 4% формалин. Для изучения асимметрии у мелких млекопитающих используют черепной материал. Головы отделяют от тушек и вываривают в воде. Время вываривания зависит от способа и времени консервирования, а также возраста и вида животного (для мышевидных грызунов порядка 50 минут) и в каждом конкретном случае определяется опытным путем. Далее удаляют мягкие ткани с костей черепа при помощи глазного пинцета, препаровальных игол, зубной щетки с жесткой щетиной и глазного скальпеля. Качество очистки черепа контролируют 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 при необходимости другой информацией.

## 8. Выполнение исследований

### 8.1. Растения

При выполнении исследований выполняют следующие операции. Для измерения лист березы помещают перед собой и снимают показатели по пяти промерам с левой и правой сторон листа (рис. 1).

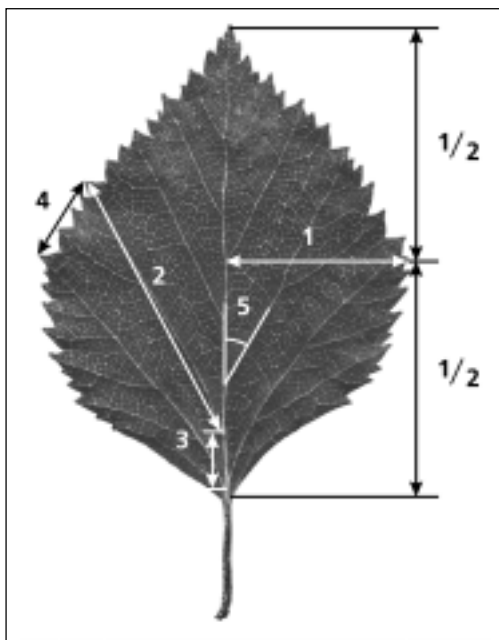


Рисунок 1. Схема промеров, используемых для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*).

- 1 – ширина левой и правой половинок листа. Для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки. Затем измеряется расстояние от границы центральной жилки до края листа.
- 2 – расстояние от основания до конца жилки второго порядка, второй от основания листа.
- 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка.
- 4 – расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка.
- 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Для исследований требуются циркуль-измеритель, линейка и транспортир. Промеры 1–4 снимаются циркулем-измерителем, угол между жилками (признак 5) измеряется транспортиром. Для этого центр основания окошка транспортира совмещают с точкой ответвления второй жилки второго порядка от центральной жилки. Эта точка соответствует вершине угла. Кромку основания транспортира надо совместить с лучом, идущим из вершины угла и проходящим через точку ответвления третьей жилки второго порядка. Второй луч, образующий измеряемый угол, получают, используя линейку. Этот луч идет из вершины угла и проходит по касательной к внутренней стороне второй жилки второго порядка. Результаты исследований заносятся в таблицу (образец таблицы см. в разделе 9. Обработка результатов исследований.).

## 8.2. Рыбы

Для оценки уровня стабильности развития при ихтиологических исследованиях используется 6-8 легко учитываемых признаков, таких как число лучей парных плавников, число тычинок на первой жаберной дуге (дополнительно можно учитывать тычинки и на остальных жаберных дугах), число чешуй в боковой линии и др. На рис. 2 приведена система морфологических признаков, используемая для оценки стабильности развития леща и плотвы.

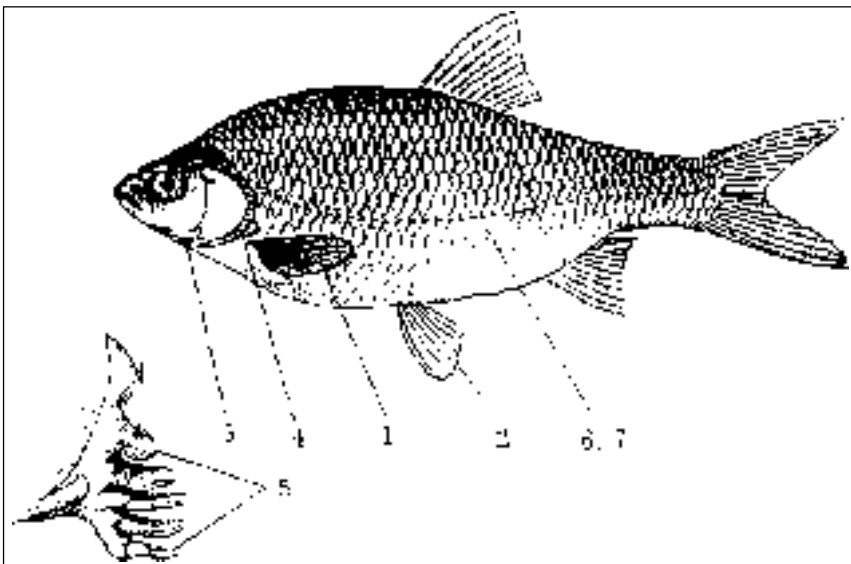


Рисунок 2. Схема морфологических признаков леща (*Abramis brama*) и плотвы (*Rutilus rutilus*)\* для оценки стабильности развития.

1-7 – меристические признаки:

1 – число лучей в грудных плавниках;

2 – число лучей в брюшных плавниках;

3 – число лучей в межжаберной 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 этого признака.

У ряда видов (например, у щуки) учитывают количество хемипор на разных участках головы, а у окуня, кроме того, учитывают число шипов (выростов) на преджаберной крышке. Перечни морфологических признаков, используемых для оценки стабильности развития у золотого и серебряного карася, щуки, окуня, бычка-зеленчака, приведены в Приложении 1. Для учета всех признаков необходим бинокляр.

### 8.3. Земноводные

Для анализа используют две группы признаков - меристические признаки окраски и остеологии (рис. 3). При работе с группой европейских зеленых лягушек - озерной лягушкой (*Rana ridibunda*), прудовой лягушкой (*Rana lessonae*), гибридной формой (*Rana esculenta*) используются такие признаки как число полос и пятен на бедре, голени и стопе, число пятен на спине, число белых пятен на плантарной стороне второго, третьего и четвертого пальцев задней конечности, число пор на плантарной стороне четвертого пальца задней конечности, число зубов на межчелюстной кости и сошнике.

При проведении анализа следует учитывать ряд трудностей:

- " Не учитывается мелкий крап.
- " При работе с признаками 1-6, бывает трудно отличить пятно от полосы. Полосой следует считать тот элемент рисунка, длина которого по крайней мере в два раза превышает ширину.
- " Пятна спины, расположенные между центральной линией и дорзолатеральной железой следует учитывать от основания головы до подвздошной кости, так как дальше 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.

Для учета признаков 8-13 необходим бинокляр. Перечень морфологических признаков для травяной лягушки (*Rana temporaria*) приведен в Приложении 2.

Примечание: Используя предлагаемый метод возможно проведение прижизненной оценки. При этом следует исключить признаки остеологии (признаки 12, 13) и признак 11 (рис. 3). Для получения достоверных результатов с помощью такой системы признаков минимальный размер анализируемой выборки следует увеличить до 30 особей.



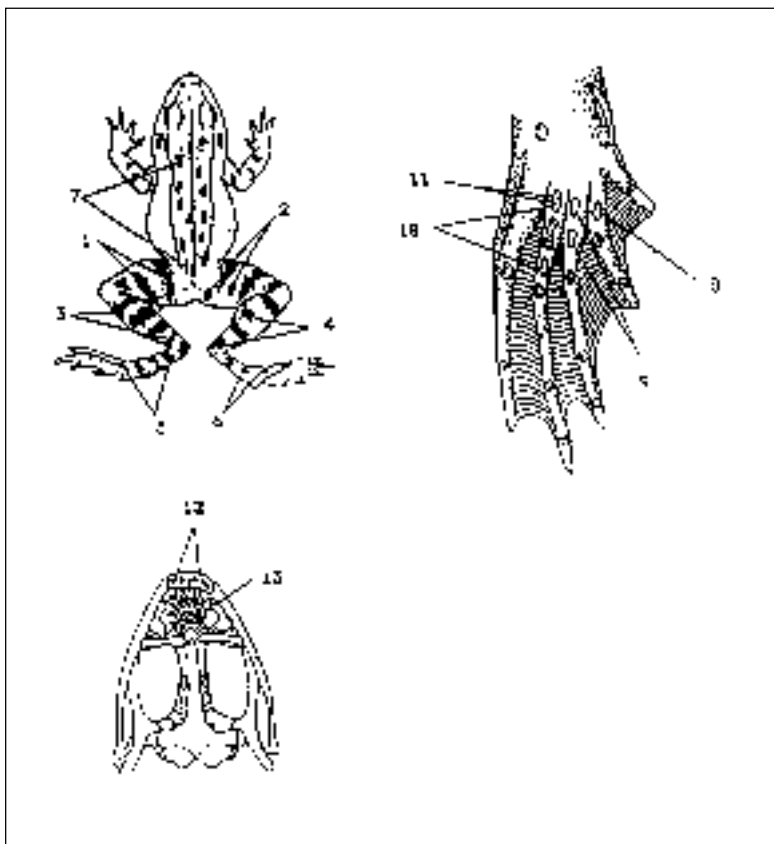


Рисунок 3. Схема признаков европейских зеленых лягушек (*Rana esculenta* complex): озерная лягушка – *R. ridibunda* Pallas; прудовая лягушка – *R. lessonae* Camerano; гибридная форма – *R. esculenta* L. для оценки стабильности развития.

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.

## 8.4. Млекопитающие

При изучении стабильности развития млекопитающих используются кра­ниологические признаки, а именно число мелких отверстий для нервов и кро­веносных сосудов на левой и правой сторонах черепа. Для учета всех призна­ков млекопитающих необходим бинокуляр. На рис. 4 приведена схема при­знаков рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) и обыкновенной полевки (*Microtus arvalis*). Схемы признаков ряда других видов млекопитающих при­ведены в Приложении 3.

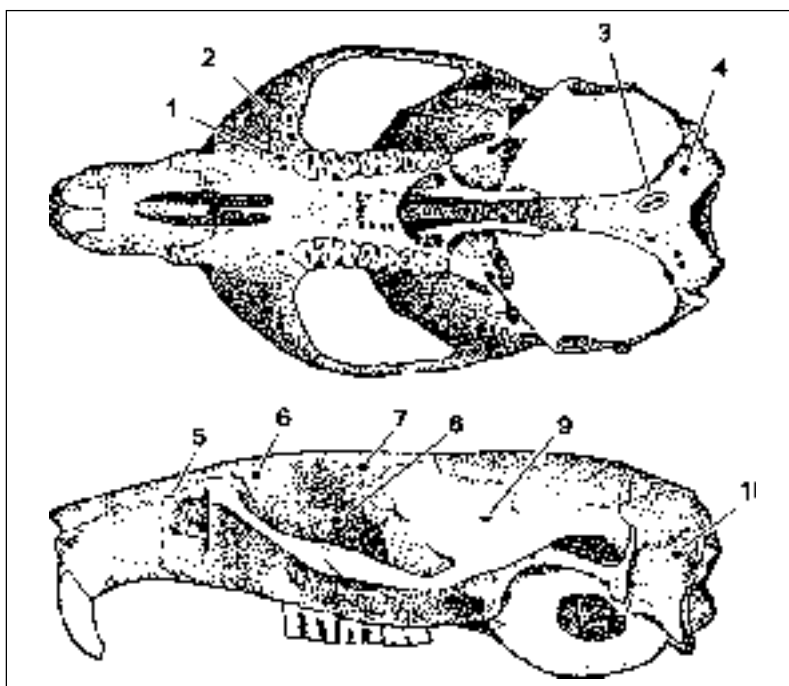


Рисунок 4. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития для рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) и обыкновенной полевки (*Microtus arvalis*).

1–10 – 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 – в 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.

## 9. Обработка и оформление результатов исследований

### 9.1. Растения

Для мерных признаков величина асимметрии у растений рассчитывается как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса мерных признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывается как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенное к числу используемых признаков. В таблицах 1-2 приводится пример расчета средней относительной величины асимметрии на признак для 5 промеров листа у 10 растений.

Таблица 1. Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием мерных признаков.

N	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 см. в разделе 8.1.

1. Сначала вычисляется относительная величина асимметрии для каждого признака. Для этого модуль разности между промерами слева (Л) и справа (П) делят на сумму этих же промеров:

$$\frac{Л-П}{Л+П},$$

Например: Лист №1 (таблица 1), признак 1

$$\frac{Л-П}{Л+П} = \frac{18-20}{18+20} = \frac{-2}{38} = -0,052$$

Полученные величины заносятся во вспомогательную таблицу 2.

2. Затем вычисляют показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по всем признакам и делят на число признаков.

Например, для листа 1 (см. табл. 2):  $(0,052+0,015+0+0+0,042)/5=0,022$   
 Результаты вычислений заносят во вспомогательную таблицу.

3. На последнем этапе вычисляется интегральный показатель стабильности развития - величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляют среднюю арифметическую величину асимметрии для выборки листьев. Это значение округляется до третьего знака после запятой. В нашем случае искомая величина равна:

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

**Таблица 2. Вспомогательная таблица для расчета показателя стабильности развития.**

Номер признака N	Величина асимметрии листа					
	1	2	3	4	5	
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:  $X=0,042$

Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития (величина среднего относительного различия между сторонами на признак) определяется по t - критерию Стьюдента.

Для оценки степени выявленных отклонений от нормы, их места в общем диапазоне возможных изменений показателя разработана балльная шкала.

Диапазон значений интегрального показателя асимметрии, соответствующий условно нормальному фоновому состоянию, принимается как первый балл (условная норма). Он соответствует данным, полученным в природных популяциях при отсутствии видимых неблагоприятных воздействий (например, на особо охраняемых природных территориях). В этой связи надо иметь в виду, что на практике при оценке качества среды в регионе с повышенной антропогенной нагрузкой фоновый уровень нарушений в выборке растений или животных даже из точки условного контроля не всегда находится в диапазоне значений, соответствующих первому баллу. Диапазон значений, соответствующий критическому состоянию, принимается за пятый балл. Он соответствует тем популяциям, где есть явное неблагоприятное воздействие и такие изменения состояния организма. Весь диапазон между этими пороговыми уровнями ранжируется в порядке возрастания значений показателя. Такая балльная система оценок по величине интегральных показателей стабильности развития для березы приводится ниже.

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

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

## 9.2. Рыбы, земноводные и млекопитающие

Для счетных признаков величина асимметрии у каждой особи определяется по различию числа структур слева и справа. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса счетных признаков является средняя частота асимметричного проявления на признак. Этот показатель рассчитывается как среднее арифметическое числа асимметричных признаков у каждой особи, отнесенное к числу используемых признаков. В этом случае не учитывается величина различия между сторонами, а лишь сам факт асимметрии. За счет этого устраняется возможное влияние отдельных сильно отклоняющихся вариантов. В таблице 3 дан пример расчета средней частоты асимметричного проявления для 6 счетных признаков у 10 особей.

**Таблица 3. Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием счетных признаков.**

N особи	Номер признака						Показатель	
	1	2	3	4	5	6	A*	A/n
	п л	п л	п л	п л	п л	п л		
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							0,400,07	

п, л - соответственно, значение признака справа и слева

\*A - число асимметричных признаков

n - число признаков

Обработку небольших выборок (20-30 особей) можно производить вручную, получая при этом обобщенный по всем признакам показатель, удобный для сравнения с другими выборками. Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития (частота асимметричного проявления на признак) определяется по t-критерию Стьюдента. Балльная система оценок по величине интегральных показателей стабильности развития разработана для рыб, земноводных и млекопитающих и приводится ниже в соответствующих разделах (См. ниже).

## **Рыбы**

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

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

## **Земноводные**

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

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

## **Млекопитающие**

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

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

## 10. Интерпретация получаемых результатов

Оценка последствий антропогенного воздействия предполагает сравнение выборок с модельных площадок, выделенных на территориях с разной степенью антропогенного воздействия, либо сравнение 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). При использовании балльной шкалы возможно выделение территорий по степени отклонения от нормы в состоянии организма в зависимости от антропогенной нагрузки. Важной частью оценки качества среды, расширяющей область применения документа, является организация контроля за экологическими изменениями посредством мониторинга качества среды, как системы раннего предупреждения, выявляющей даже начальные изменения в состоянии живых существ разных видов задолго до их исчезновения с рассматриваемой территории. При мониторинге во времени возможно выявление направления и степени отклонения состояния организма от условной нормы в зависимости от нарастания или снижения степени антропогенного воздействия.

При этом оценка может вестись по отдельным видам. Предпочтительной 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.

Примечание: Все приведенные в "Методических рекомендациях оценки качества среды по состоянию живых существ" виды растений и животных могут быть использованы либо в качестве основного вида в том случае, когда они являются обычными массовыми видами или в качестве дополнительных, если их численность невелика. По вопросам использования других массовых видов, не указанных в настоящем руководстве, рекомендуется обращаться к разработчикам "Методических рекомендаций...":



АНО "Центр здоровья среды"  
Захаров Владимир Михайлович  
Шкиль Фёдор Николаевич  
Адрес: 119991, ГСП-1, ул. Вавилова, 26  
Телефон: (095) 9522423  
Факс: (095) 9523007  
E-mail: [ecopolicy@ecopolicy.ru](mailto:ecopolicy@ecopolicy.ru); [fedor@ecopolicy.ru](mailto:fedor@ecopolicy.ru)  
[www.ecopolicy.ru](http://www.ecopolicy.ru)

## 11. Список литературы

1. 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. Центр экологической политики России, Центр здоровья среды. - М., 2000. - 68 с.
2. В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, С.Г. Дмитриев, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Е.Ю. Крысанов, Н.Г. Кряжева, А.В. Пронин, Е.К. Чистякова, . Здоровье среды: практика оценки. Центр экологической политики России, Центр здоровья среды. - М., 2000. - 320 с.
3. Захаров В.М. Асимметрия животных. - М.:Наука,1987. - 216 с.
4. Захаров В.М., Кларк Д.М. (ред.) Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. Моск. отделение МФ "Биотест". - М., 1993. - С.68
5. Захаров В.М. Асимметрия морфологических структур животных как показатель незначительных изменений состояния среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. - Л.: Гидрометеоиздат, 1981.Т.4. -С.59-66.
6. Захаров В.М. Анализ гомеореца как метод биомониторинга //Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. - Л.: Гидрометеоиздат, 1985. Т.7. - С.72-77.
7. Захаров В.М, Яблоков А.В. Анализ морфологической изменчивости как метод оценки состояния природных популяций //Новые методы изучения почвенных животных в радиоэкологических исследованиях. - М.: Наука,1985. - С.176-185.

# Приложение 1

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

1–5 – меристические признаки:

1 – число лучей в грудных плавниках;

2 – число лучей в брюшных плавниках;

3 – число жаберных тычинок;

4 – число глоточных зубов;

5 – число чешуй в боковой линии.

Перечень морфологических признаков для оценки стабильности развития щуки (*Esox lucius*).

1–8 – меристические признаки:

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.

Перечень морфологических признаков для оценки стабильности развития речного окуня (*Perca fluviatilis*).

1–8 – меристические признаки:

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.

Перечень морфологических признаков для оценки стабильности развития бычка–зеленчака (*Zosterisessor orphioserphalus*).

1–7 – меристические признаки:

1 – число лучей в грудных плавниках;

2 – число лучей в брюшных плавниках;

3 – число жаберных лучей;

4 – число жаберных тычинок на 1 жаберной дуге;

5 – число жаберных тычинок на 2 жаберной дуге;

6 – число жаберных тычинок на 3 жаберной дуге;

7 – число жаберных тычинок на 4 жаберной дуге.

# Приложение 2

Перечень морфологических признаков для оценки стабильности развития травяной лягушки (*Rana temporaria*).

1–10 – 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 бугорков на Л-образном пятне спины;

9 – число зубов на межчелюстной кости;

10 – число зубов на сошнике.

## Приложение 3

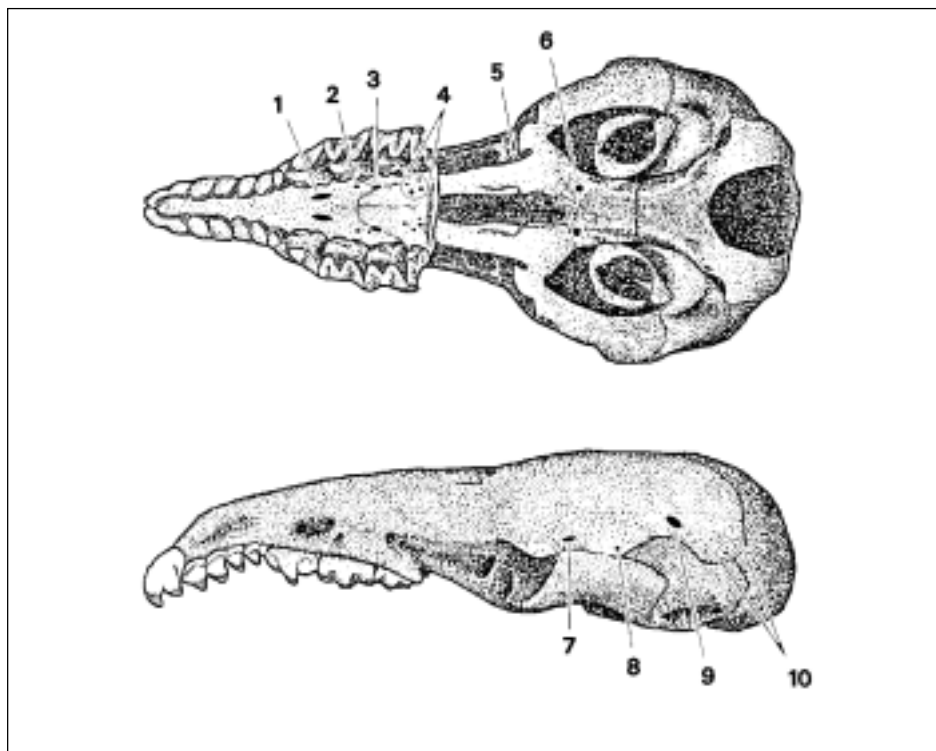


Схема морфологических признаков обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*), малой белозубки (*Crocidura suaveolens*), средней бурозубки (*Sorex caecutiens*), тундряной бурозубки (*Sorex tundrensis*), бурой бурозубки (*Sorex roboratus*), равнозубой бурозубки (*Sorex isodon*) для оценки стабильности развития.

1–10 – меристические признаки:

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

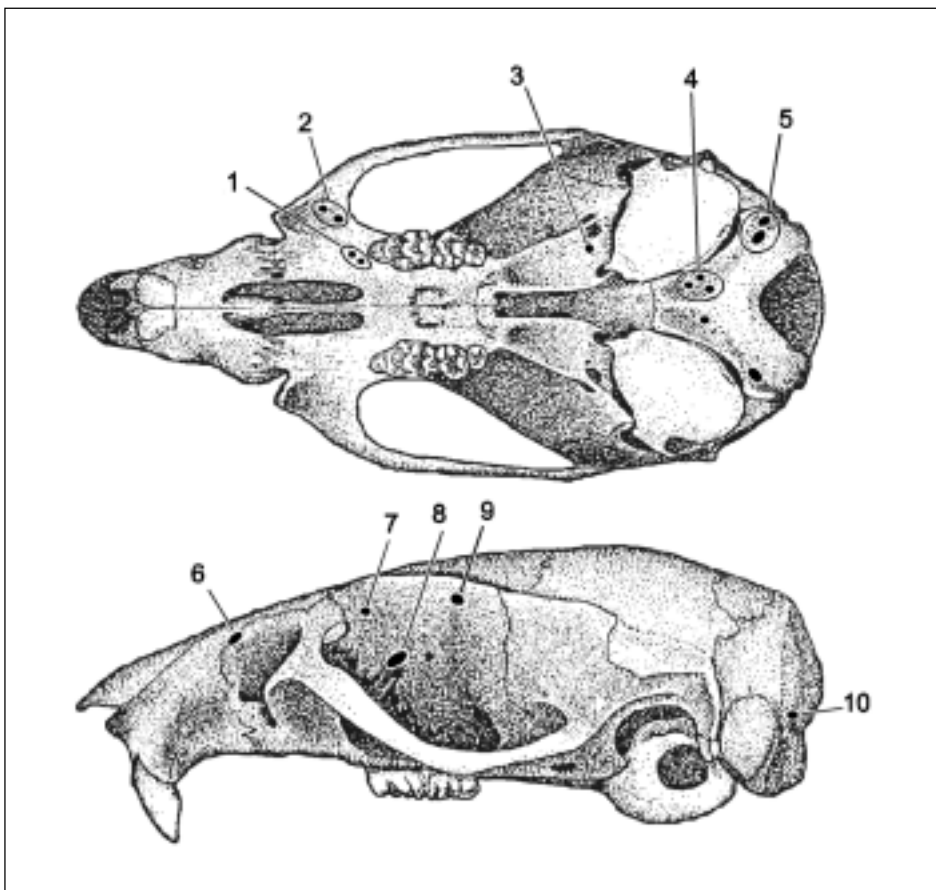


Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития для полевой мыши (*Apodemus agrarius*), малой мыши (*Apodemus uralensis*), желтогорлой мыши (*Apodemus flavicollis*), мыши-малютки (*Micromys minutus*).

1–10– меристические признаки:

1 – число отверстий на верхнечелюстной кости в районе диастемы, перед коренными зубами;

2 – число отверстий на скуловом отростке верхнечелюстной кости;

3 – число отверстий на основной клиновидной кости между непостоянным и овальным отверстиями;

4 – число отверстий на основной затылочной кости;

5 – число отверстий подязычное отверстие вместе с дополнительными;

6 – число отверстий на предчелюстной кости, над инфраорбитальным каналом;

7 – число отверстий на латеральной поверхности лобной кости (позади слезной);

8 – число отверстий в нижней части орбитальной поверхности лобной кости (над орбитальной вырезкой);

9 – число отверстий в верхней части мозговой пластинки лобной кости под теменным гребнем;

10 – число отверстий в районе затылочных мыщелков.