МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ

Булатова Е.С., Бабина С.Г., Онищенко С.С., Ильяшенко, В.Б.

В работе рассмотрены результаты исследования по биологической оценке качества среды по морфологическим маркерам. В ходе работ оценен диапазон асимметрии билатеральных признаков в популяциях обыкновенной бурозубки с территории Кемеровской области и Красноярского края. Выявлен естественный уровень встречаемости уродств и отклонения в пигментации зубов бурозубки обыкновенной в горных условиях и в условиях антропогенного воздействия.

ВВЕДЕНИЕ

Важным показателем степени благополучия живых систем, как критерия высокого качества среды их обитания на той или иной территории, является отсутствие у них каких-либо отклонений от нормального естественного состояния на молекулярно-клеточном, организменно-популяционном или биоценотическом уровнях их организации. Стрессирующие по характеру воздействия приводят к заметным отклонениям в онтогенезе и физиологических процессах, сопровождаются увеличением в популяциях видов частоты уродств и сопровождаются другими негативными для жизнедеятельности организмов проявлениями [6]. Выявление диапазона естественных (фоновых) реакций у модельных объектов по морфологическим маркерам в условиях отсутствия или минимального антропогенного воздействия, являлось целью настоящей работы.

РАЙОНЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящем исследовании привлекался материал с территории ГПЗ «Кузнецкий Алатау» (Кемеровская область) и ГБПЗ «Саяно-Шушенский» (Красноярский край). Общей чертой этих территорий является то, что они представляют горные экосистемы, с четко выраженной поясностью в растительном покрове. Для сравнения привлекался материал сборов из Кемеровской области из окр. п. шахты «Ягуновская» (пригород г. Кемерово) и из окр. стационара Кемеровского госуниверситета (КемГУ) «Ажендарово». Районы исследования различаются степенью и характером антропогенной нагрузки, а также ее последствиями.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве модельного объекта выбрана бурозубка обыкновенная (*Sorex araneus* Linnaeus). Выбор определяется широким распространением, высокой степенью изученности, относительной простотой получения массового материала.

В качестве основного приема использована оценка степени стабильности развития организмов, когда регистрируются нарушения симметрии морфологических структур по билатеральным признакам. Теоретические основы нарушения симметрии изложены в работе В.М. Захарова [5]. Нами использованы также дополнительные признаки, позволяющие выявить степень нарушения некоторых важных физиологических процессов, а именно нарушение образования меланина в зубах. Кроме того, для оценки отклонения в развитии зверьков вне пределов нормы реакции вида выявлялись пороки развития скелетных и одонтологических структур. Они возникают под действием токсикологических, мутагенных и др. воздействий на формирующийся организм, вследствие заболеваний, в том числе и во внутриутробный период, или могут быть генетически обусловленными [9, 4, 2, 3]. Считается, что регистрация случаев аномалий является одним из надежных индикаторов состояния природных популяций и служит одним из критериев оценки качества природной среды в экологическом мониторинге и других прикладных исследованиях [8, 1, 14]. Для видов рода *Sorex* за норму принималась частота встречаемости уродств не более 1-2% [12].

Для выявления отклонений в физиологическом состоянии оценивалась частота встречаемости среди сеголеток обыкновенной бурозубки нарушений пигментации зубов [11, 13]. Для бурозубок характерной особенностью является наличие окрашенных зубов, цвет которых варьирует от светло-желтого до красно-коричневого тона. Нарушение пигментации зубов выражается в появлении мелких белых пятен на окрашенных участках коронок зубов или отсутствии окраски отдельных зубов. Наличие непигментированных участков на зубах или у части зубов может свидетельствовать об отклонении от нормы процессов образования и откладки в эмали зубов меланина. В связи с тем, что пигментация зубов у бурозубок происходит в течение первых 20 дней после рождения (в гнездовой период), то наличие таких отклонений может являться индикатором последствий каких-либо воздействий на новорожденных животных.

Всего было проанализировано более 600 экземпляров черепов зверьков, отловленных на территории Кемеровской области (ГПЗ «Кузнецкий Алатау», окр. г. Кемерово, стационар Кемеровского госуниверситета «Ажендарово» в Крапивинском р-не) и Красноярском крае (ГПБЗ «Саяно-Шушенский» - Саралы и Таловка).

Для оценки уровня встречаемости аномалий развития среди бурозубок были проанализированы сборы землероек с территории Кузнецкого Алатау, хранящиеся в остеологической коллекции Кемеровского госуниверситета (около 5000 экз.).

Для каждой выборки рассчитывался интегральный показатель стабильности, где в долях отражается среднее количество асимметричных признаков. Кроме того, оценивалась нормальность распределения значений показателя асимметрии по выборкам. Для того, чтобы провести оценку достоверности различий между выборками с помощью критерия Стьюдента, резко отклоняющиеся экземпляры, нарушающие нормальность распределения значений, удалялись и после этой процедуры проводилось сравнение выборок между собой.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

Для выявления диапазона колебаний показателя асимметрии краниальных признаков в естественных условиях, проанализированы выборки зверьков за ряд лет 1998 – 2004 гг. из окрестностей стационара КемГУ «Ажендарово» (Крапивинский район Кемеровской области). Это позволяет оценить влияние такой группы естественных факторов, как межгодовые изменения плотности популяции или колебания погодных условия, которые приводят к выраженным отклонения в развитии зверьков этого вида [7, 15].

Диапазон колебаний численности обыкновенной бурозубки в окрестностях стационара как в течение всего анализируемого периода, так и между годами значителен, и составляет от 5 до 37 ос. на 100 цил.-сут. Минимальная численность вида была зарегистрирована в 1999 г., а максимальный - в 2002 г. Следует отметить, что популяцию по характеру многолетней динамики численности следует отнести к ациклическим, согласно классификации Хенттонена с соавт. [16]. Ежегодные резкие изменения численности свидетельствует о выраженной зависимости популяции вида от факторов внешней среды, чем от внутрипопуляционных механизмов. Действительно погодные условия этого ряда лет характеризовались частыми аномальными проявлениями: летние продолжительные засухи, малоснежные зимы и др. Не смотря на это, показатель стабильности развития менялся в незначительных пределах (табл. 1). Единственный год, когда произошел существенный сдвиг показателя асимметрии – 2002 г., т.е. во время пика численности вида. Выборка зверьков, отловленных в этот год, достоверно отличаются в серии выборок из ажендаровской популяции за другие годы (табл. 2).

Таблица 1

Значения интегрального показателя стабильности развития

	N, экз.	M ± m	δ	min	max
ш. Ягуновская 1997	39	0,18 ± 0,02	0,15	0,00	0,50
Ажендарово 1998	27	0,14 ± 0,02	0,12	0,00	0,43
Ажендарово 2002	100	0,23 ± 0,02	0,19	0,00	1,16
Ажендарово 2003	100	0,15 ± 0,01	0,13	0,00	0,57
Ажендарово 2004	100	0,17 ± 0,01	0,15	0,00	0,60
оз. Рыбное 2006	19	0,04 ± 0,01	0,06	0,00	0,14
Ср. Маганакова 2006	57	0,11 ± 0,02	0,14	0,00	0,57
кордон Безымянка 2007	90	0,15 ± 0,01	0,13	0,00	0,50
хр. Бархатный 2007	64	0,12 ± 0,01	0,11	0,00	0,38
Таловка 2	15	0,18 ± 0,03	0,10	0,00	0,38
Сарлы	12	0,13 ± 0,03	0,11	0,00	0,25

Таблица 2

Матрица значений критерия Стьюдента сравнений обыкновенной бурозубки

№	выборка, год	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ш. Ягуновская, 1997	1,298	5.123[3]	2.476[1]	1,574	1,192	0,643	1,321	2.462[1]	0,040	1,532
2	Ажендарово, 1998		3.557[3]	1,023	2,998[2]	0,413	0,907	0,258	0,862	1,192	0,406
3	оз. Рыбное, 2005			2.905[2]	7.892[3]	5.591[3]	5.929[3]	5.221[3]	3.795[3]	4.603[3]	2.428[1]
4	Ср. Маганакова, 2006				4.598[3]	1.854	2.366[1]	1.199	0.317	2.246[1]	0.411
5	Ажендарово, 2002					3.456[3]	1.653	3.552[3]	4.916[3]	1.453	2.939 [1]
6	Ажендарово, 2003						0.715	0.212	1.847	1.053	0.803
7	Ажендарово, 2004							0.893	2.432[1]	0.566	1.198
8	к. Безымянка, 2007								1.575	1.173	0.674
9	хр. Бархатный, 2007									2.194[1]	0.225
10	Таловка, 2007										1.426
11	Сарлы, 2007										

Примечание: уровень достоверности 1 – $p < 0,05$; 2 – $p < 0,01$; 3 – $p < 0,001$

Популяции обыкновенной бурозубки из других районов по уровню нарушения стабильности развития оказались сходными. Единственная популяция, которая достоверно отличается от большинства из них, это сеголетки, населяющие высокогорья Кузнецкого Алатау в окрестностях оз. Рыбное. Для них обнаружен достоверно низкий уровень асимметрии краниологических признаков.

Анализ отклонений в пигментации зубов показывает, что эта аберрация довольно часто встречается среди сеголеток в разных популяциях. Их доля в популяции может достигать 16% (табл. 3). Сравнения материалов по ажендаровской популяции за 2004 и 2005 гг. показывает, что в год низкой численности (2005 г.) возрастает доля зверьков с нарушениями окраски эмали зубов меланина. Для популяций горных территорий ГПЗ «Кузнецкий Алатау» доля зверьков с нарушениями пигментации зубов значительно выше, чем у таковых из предгорных районов Кузнецкого Алатау. Обращает внимание, что максимум зверьков с такого рода нарушениями были обнаружены в сборе 2006 г. с окрестностей р. Ср. Маганакова. В этот год из-за затяжной холодной и дождливой весны численность вида была довольно низкой (в том числе и в других районах Кемеровской области). Наблюдался также сдвиг на более поздние сроки июльского подъема численности у бурозубок, который связан с расселением второй генерации сеголеток.

Таблица 3

Встречаемость особей среди сеголеток обыкновенной бурозубки с нарушением пигментации зубов

Местность, год	N, экз.	Доля (в %)	Местность, год	N, экз.	Доля (в %)
Ажендарово, 2004	771/205	4,02	оз. Рыбное, 2005	88/46	10,2
Ажендарово, 2005	435/130	8,3	оз. Рыбное, 2006	18/4	-
р. Ср. Маганакова, 2006	50/7	16	р. Безымянка, 2007	158/76	10,7

Среди сборов землероек из разных районов Кузнецкого Алатау, в том числе и с территории заповедника «Кузнецкий Алатау» зверьки с аномалиями развития были отловлены в окр. оз. Рыбного и р. Безымянка. В сборе землероек из района р. Ивановский (левый приток р. Кия) была найдена одна травмированная бурозубка. Аномальных зверьков нет в других массовых сборах: с р. Средняя Маганакова, окр. г. Чемодан, по р. Кии (от р. Безымянка до руч. Ивановка), по притоку р. Пейзас

(западная граница заповедника). В окрестностях оз. Рыбное, находящегося в поясе субальпийских и альпийских лугов и горных тундр аномалии развития обнаружены у обыкновенной, равнозубой и средней бурозубок. Среди проанализированных 159 экземпляров обыкновенных бурозубок 3 особи были с аномалиями, или 1,9%. Видимо, достаточно своеобразные для вида условия обитания в этом районе являются довольно мощным фактором, стимулирующим возникновения различного рода уродств у зверьков. В окрестностях р. Безымянка ситуация несколько иная. Здесь более благоприятные условия для обитания видов. Участок расположен в диапазоне абсолютных высот от 580 до 1000 м. Однако в сборе сеголеток обыкновенной бурозубки доля аномальных зверьков составляла 3,8%, что заметно превышает видовую норму в 1,5%. Следует отметить, что в этой популяции обыкновенной бурозубки также было довольно много травмированных животных, вероятно вследствие довольно напряженных внутрипопуляционных взаимодействиях на фоне высокой численности (78,8 особей на 100 кон./сут.).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА

Результаты анализа дают сложную и неоднозначно интерпретируемую картину проявлений флуктуирующей асимметрии в популяциях модельного вида.

Анализ асимметрии краниологических признаков обыкновенной бурозубки позволил выделить две популяции, которые достоверно отличались от остальных в большинстве попарных сравнений: из окр. стационара «Ажендарово» за 2002 г. и из окр. оз. Рыбное. Наибольший уровень нарушения развития зверьков отмечен в ажендаровской популяции в 2002 г. В этот год был зарегистрирован пик численности. Известно, что в популяциях мелких млекопитающих на фазе роста и пика численности наблюдаются различные явления, в том числе и нарушения развития [5]. В другие годы нарушения развития у зверьков менее выражены и выборки разных лет друг от друга достоверно не отличались. Наибольшей стабильностью развития краниологических структур отличаются популяции вида, населяющие высокогорья окр. оз. Рыбное. Однако для них и зверьков с р. Безымянка характерно высокая частота встречаемости уродств.

Для других популяций обыкновенной бурозубки не характерны выраженные отклонения в развитии зверьков, несмотря на существенную разницу в условиях обитания (низкогорья, среднегорья и высокогорья), уровне численности и степени доминирования вида в таксоцене землероек. Примечательно, что популяция вида из пригорода г. Кемерово, т.е. антропогенно преобразованного района достоверно не выделялись в серии выборок, обладающих умеренными проявлениями нарушения развития зверьков. В целом диапазон варьирования признака в одной популяции за ряд лет может превосходить степень различий таковых разных, географически удаленных популяций.

Анализ отклонений в пигментации зубов показывает, что эта аберрация довольно часто встречается среди сеголеток в разных популяциях. Их доля в популяции может достигать 16%. Имеющийся материал по 2004 и 2005 г. показывает, что в год низкой численности популяции (2005 г.) возрастает доля зверьков с нарушениями окраски эмали зубов меланина. Для популяций из ГПЗ «Кузнецкий Алатау» доля зверьков с нарушениями пигментации зубов значительно выше, чем у таковых из предгорных районов Кузнецкого Алатау. Обращает внимание, что максимум зверьков с такого рода нарушениями были обнаружены в сборе 2006 г. из окрестностей р. Ср. Маганакова. В этот год сложились своеобразные условия для популяции модельного вида (затяжная холодная и дождливая весна, позднее размножение, низкая стартовая численность вида и т.д.), что могло привести к сбоям некоторых физиологических процессов. Следует отметить, хотя обыкновенная бурозубка в темнохвойной тайге и один из фоновых видов, но для нее в условиях сильно увлажненной местности являются не совсем оптимальные условия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка качества среды с использованием морфологических маркеров показывает, что условия обитания следует считать достаточно оптимальными. Этот вывод можно распространить не только на малонарушенные территории ГПЗ «Кузнецкий Алатау», но и на трансформированные рубками участки долины р. Томи, и подвергающиеся постоянному загрязнению и сельскохозяйственному воздействию пригородные районы г. Кемерово. Использование других критериев дает несколько иную и противоречивую картину. Так, регистрация нарушений пигментации зубов как индикатора нормы протекания физиологических и ростовых процессов показывает, что наиболее часто эти отклонения регистрируется в популяциях обыкновенной бурозубки Кузнецкого Алатау. Это позволяет считать, что модельный вид в горной тайге существует в достаточно напряженном взаимодействии с

биотическим и абиотическим окружением. Еще более существенно расхождение результатов анализа флуктуирующей асимметрии и врожденных пороков скелетных и одонтологических структур. Зарегистрированный у обыкновенной бурозубки высокий уровень аномалий развития в окрестностях р. Безымянка позволяет предполагать существование в этом районе, по крайней мере, в год проведения исследований достаточно мощного стрессирующего фактора неясной природы.

Литература

1. *Гашев С.Н.* Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области). Тюмень: ТюмГУ, 2000. 220 с.
2. *Графодатский А.С., Железова А.И., Князев С.П., Мычко Е.В., Полетаева И.И., Сотская М.Н.* Генетика собаки. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1999. 196 с.
3. *Дистель В.А., Сунцов В.Г., Вагнер В.Д.* Зубочелюстные аномалии и деформации: основные причины развития. М.: Медицинская книга, Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2001. 102 с.
4. *Журавель А.А.* Патологическая физиология сельскохозяйственных животных. М., 1977. 368 с.
5. *Захаров В.М.* Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 216 с.
6. *Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Крысанов Е.Ю., Кряжева Н.Г.,. Пронин А.В, Чистякова Е.К.* Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 320 с.
7. *Захаров В.М., Шефтель Б.И., Александров Д.Ю.* Нарушение стабильности развития на фазе пика численности в популяции млекопитающих // ДАН СССР, 1984. Т. 275, N 3. С. 761-764.
8. *Израэль Ю.А.* Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеоиздат, 1984. 435 с.
9. *Меженина В.П.* Врожденные уродства. Киев: Здоров'я, 1974. 144 с.
10. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). Утверждены Распоряжением МПР № 460-р от 16.10.2003. Москва, 2003.
11. *Онищенко С.С., Ильяшенко В.Б., Бибик Е.В.* Травмы и деформации черепа бурозубок (Insectivora, Sorex) // Териофауна России и сопредельных территорий (7 съезд Териологического общества). Мат. Междунар. совещания 6-7 февраля 2003 г., Москва. М., 2003. С. 244.
12. *Онищенко С.С., Ильяшенко В.Б., Бибик Е.В.* Тератологическая и травматическая изменчивость сибирских землероек родов *Sorex* и *Crocidura* // Биология насекомоядных млекопитающих: Матер. III Всерос. науч. конф. По биологии насекомоядных млекопитающих (15-20 сент. 2007 г., Новосибирск). Новосибирск: Изд-во «ЦЭРИС», 2007. С. 90-93.
13. *Толкачев О.В.* Воздействие урбанизации на население бурозубок лесных экосистем: Автореф. дис...канд. биол. наук. Екатеринбург, 2007. 24 с.
14. *Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л., Данилов В.А., Шадрина Д.Я.* Биоиндикация воздействий горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы Севера: морфогенетический подход. Новосибирск: Наука, 2003. 110 с.
15. *Zakharov V.M., Demin D.V., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetsky A.V., Sheftel B.I.* Developmental stability and population dynamics of shrews *Sorex* in central Sibiria // Acta theriologica, 1997. S. 4. P. 41-48
16. *Henttonen H., McCuire A.D.,* Hansson L. comparisons of amplitudes and frequencies (spectral analyses) of density variations in long-term data of *Clethrionomys* species // Ann. Zool. Fenn., 1985. V. 22. P. 221-228

MORPHOLOGICAL ASPECTS OF THE ENVIRONMENT'S QUALITY ESTIMATION

Bulatova E.S., Babina S.G., Onischenko S.S., Ilyashenko V.B.

In work are considered results of research by a biological estimation of environment's quality by morphological markers. During the works we appreciated the range of asymmetry attributes in common shrew's population from Kemerovo area and Krasnoyarsk region territory. Have defined level of uglinesses occurrence and deviations in pigmentation of a shrew's teeth in mountain and in conditions of anthropogenous influence.