

УДК 504.03

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ ОЦЕНКЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ООПТ АЛТАЕ-САЯНСКОГО ЭКОРЕГИОНА

© 2009 Е.С. Булатова, С.Г. Бабина*

Заповедник Кузнецкий Алатау, г. Междуреченск (Россия)
grizzli8@yandex.ru

Поступила в редакцию 12 декабря 2008 г.

Произведена оценка антропогенного воздействия на охраняемые экосистемы Алтае-Саянского региона методом морфологической асимметрии.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, морфологически асимметрия, Алтае-Саянский экорегион.

В настоящем исследовании привлекался материал, который характеризует качество среды в следующих ООПТ: ГПЗ «Кузнецкий Алатау» (Кемеровская область), ГПЗ «Саяно-Шушенский», ГПЗ «Столбы» и НП «Шушенский бор» (Красноярский край), ГПЗ «Хакасский» (Республика Хакасия), ГПЗ «Алтайский». Для сравнения по некоторым модельным объектам привлекался материал сборов из Кемеровской области из окр. п. шахты «Ягуновская» (пригород г. Кемерово) и из окр. стационара Кемеровского госуниверситета (КемГУ) «Ажандарово». Районы исследования различаются степенью и характером антропогенной нагрузки, а также ее последствиями.

Для исследований выбраны представители растительного и животного мира, что характеризует реакцию на состояние окружающей среды организмов разного трофического уровня: береза повислая (*Betula pendula* Roth.), красная полевка (*Myodis rutilus* Pallas), бурозубка обыкновенная (*Sorex araneus* Linnaeus).

В качестве основного приема для анализа использована оценка степени стабильности развития организмов, когда регистрируются нарушения симметрии морфологических структур по билатеральным мерным признакам. Теоретические основы нарушения симметрии изложены в работе (Захаров, 1987). Статистическая обработка материалов по асимметрии мерных для березы повислой и счетных для мелких млекопитающих морфологических признаков проводилась согласно «Методическим рекомендациям...» (Методические рекомендации..., 2003). 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 вы-

* Евгения Сергеевна Булатова, младший научный сотрудник; Бабина Светлана Геннадьевна, зам. директора по научной работе.

борок между собой. Текущее состояние среды интерпретировалось согласно пятибалльной шкалы ранжированных значений интегрального показателя стабильности развития.

В качестве анализируемых показателей у березы повислой в статистических расчетах использовались относительные показатели различия признаков левой и правой половин листа. Использование в анализе этих параметров позволило провести классификацию выборок листьев с помощью кластерного анализа и выявить их группы, обладающих наибольшим сходством в проявлениях асимметрии. Перед выполнением расчетов выборки были нормализованы за счет исключения явно уродливых экземпляров листьев. В качестве меры сходства использовалось расстояние Махаланобиса. Дендрограммы строились двумя методами: невзвешенного попарного среднего и полного присоединения (Песенко, 1982; Пузаченко, 2004). В исследовании черепов мелких млекопитающих применены два подхода к анализу качественных признаков.

В первом подходе была реализована стандартная процедура анализа асимметрии билатеральных признаков согласно В.М. Захарову (1987, 2000). Второй подход включал анализ качественных признаков (фенов) с целью выявления популяционных характеристик обыкновенной бурозубки. Здесь билатеральные признаки рассматривались как независимые, формирование которых на левой и правой сторонах происходит самостоятельно. В этом случае количество отверстий выступает как проявление отдельного фена. Для того чтобы учесть асимметричность билатеральных признаков рассчитывался показатель идентичности по проявлениям признака с левой и правой стороны. Из-за небольшого объема выборок черепов из заповедников Саяно-Шушенского, Алтайского и «Столбы» они были объединены и в таком качестве и участвовали в кластерном анализе. Для анализа стабильности развития обыкновенной бурозубки использовался набор краниологических признаков, указанных в «Методических рекомендациях...» (Методические рекомендации..., 2003) из которых не учитывались парные отверстия на верхнечелюстной кости на уровне Pm^4 и на основании сфеноидной кости. Эти крупные отверстия у бурозубок (как и лобные) относятся к основным структурным элементам в морфологии черепа рода в целом (Строганов, 1957; Юдин, 1989). Для выявления отклонений в физиологическом состоянии у обыкновенной бурозубки оценивалась частота встречаемости среди сеголеток нарушений пигментации зубов (Онищенко и др., 2003, 2007).

Оценка качества среды по листовым пластинкам березы повислой при реализации стандартной процедуры анализа асимметрии билатеральных признаков согласно методике В.М. Захарова (Методические рекомендации..., 2003) показывает, что диапазон условий на исследуемых территориях варьирует в широких пределах (табл. 1).

Кластерный анализ разделил выборки листьев берез на две группы. Сходными по показателям асимметрии оказались популяции берез из двух сопредельных ООПТ: заповедник «Саяно-Шушенский» и природный парк «Шушенский бор». Вместе с частью выборок листьев берез из заповедника «Кузнецкий Алатау» (р. Ср. Маганакова 2008 г., Верхняя Терсь, Безымянка) и

Алтайского заповедника (хозяйственная зона п. Яйлю - Ок-Порок и Кривун) они образуют самостоятельный единый кластер за исключением выборки листьев берез, собранных в хозяйственной зоне Алтайского заповедника в урочище Пьяная сосна. Эта популяция образует в дендрограммах сходства, построенных разными методами самостоятельную ветвь, что свидетельствует о самобытном характере морфологии исследованных листьев. Учитывая значение интегральных показателей асимметрии листьев, рассчитанных для каждой выборки, установлено, что для выборок, образующих первый кластер характерны максимальные его значения, на уровне отклонений развития выше средних пятибалльной шкале (Методические рекомендации..., 2003). Соответственно во втором кластере объединяются выборки, у которых нарушения развития листовых пластинок менее выражены, на уровне ниже среднего.

Таблица 1

Данные по оценке стабильности развития березы повислой

Год	Место исследования	Биотоп	К-во исследованных экземпляров, шт.	ИПА признака	
1	2	3	4	5	6
Заповедник "Кузнецкий Алатау"					
2006	Ср. Маганакова 8	вторичный березово-осиновый лес	100	0.0434	II
2008	Ср. Маганакова 1	высокотравно-злаково-разнотравный луг	100	0.0660	V
2008	Ср. Маганакова 2	вторичный березово-разнотравный лес	100	0.0590	V
2008	Ср. Маганакова 3	папоротниково-высокотравный луг	100	0.0590	V
2006	Верхняя Терсь	пихтово-березово-разнотравный лес	20	0.0520	IV
2007	Хребет Бархатный	елово-пихтовый лес с примесью кедра	100	0.0420	II
2007	Безымянка 8	вторичный березово-пихтовый лес	100	0.0580	V
2008	Шатай 1	высокотравно-разнотравные лесные поляны	100	0.0350	I
2008	Шатай 2	разнотравно-злаковый луг в пихтовом лесу	50	0.0370	I
Заповедник "Алтайский"					
2008	Кокши 1	березово-лиственнично-злаково-разнотравный сосняк	30	0.0340	I
2008	Кокши 2	березово-злаково-разнотравный сосняк	30	0.0420	II
2008	Кокши 3	березово-злаково-разнотравный сосняк	30	0.0380	II
2008	Ок-порок	папоротниково-разнотравный березняк	30	0.0530	IV
2008	Кривун	папоротниково-разнотравный сосняк	30	0.0590	V
2008	Пьяная сосна	сосняк папоротниково - разнотравный	30	0.0460	III

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
2008	Водопад Корбу	вейниковый сосняк	30	0.0440	III
Заповедник "Саяно-Шушенский"					
2007	Таловка 2	папоротниково-высокотравный осинник	100	0.0410	II
2008	Таловка 2	папоротниково-высокотравный осинник	100	0.0514	IV
2007	Голая	баданово-зеленомошный березняк	100	0.0470	III
2008	Голая	баданово-зеленомошный березняк	100	0.0462	III
2007	Средняя Кызыл-Хая	березово-сосновый мелко-травно-вейниковый лес	100	0.0420	II
2008	Средняя Кызыл-Хая	березово-сосновый мелко-травно-вейниковый лес	100	0.0511	IV
Национальный парк "Шушенский бор"					
2007	Абдыр	смешанный разнотравно-папоротниковый лес	100	0.0420	II
2008	Абдыр	смешанный разнотравно-папоротниковый лес	100	0.0440	II
2007	Таловка 1	смешанный высокотравно-папоротниковый лес	100	0.0470	III
2008	Таловка 1	смешанный высокотравно-папоротниковый лес	100	0.0465	III
Заповедник "Хакасский"					
2007	Иткуль	смешанный лиственнично-березовый лес	100	0.0540	V
2008	Иткуль	смешанный лиственнично-березовый лес	100	0.0450	III
2007	Беле	смешанный лиственнично-березовый разнотравный лес	100	0.0480	II
2008	Беле	смешанный лиственнично-березовый разнотравный лес	100	0.0420	II
2007	Шира	смешанный лиственнично-березовый осоковый лес	100	0.0250	III
2008	Шира	смешанный лиственнично-березовый осоковый лес	100	0.0500	IV
2007	Хол - Богаз	смешанный лиственнично-березовый лес	100	0.0370	I
2008	Хол - Богаз	смешанный лиственнично-березовый лес	100	0.0350	I
2007	Подзаплоты	смешанный лиственнично-березовый разнотравный лес	100	0.0345	I
2008	Подзаплоты	смешанный лиственнично-березовый разнотравный лес	100	0.0340	I
Заповедник "Столбы"					
2007	Метеостанция	пихтово-лиственнично-осочковый лес	100	0.0420	III

Прим. ИПА – Интегральный показатель асимметрии

Следует отметить, что в ряде популяций берез определенный уровень асимметрии признаков сохранялся в течение 2007-2008 гг. Так, это характерно для Саяно-Шушенского заповедника, национального парка «Шушенский

бор», кластерных участков Хакасского заповедника. Это может свидетельствовать об устойчивой реакции растений на определенный комплекс факторов, сложившийся в этих местностях. В заповеднике «Кузнецкий Алатау» на одном участке (окр. р. Ср. Маганакова), напротив, отчетливо прослеживается резкий рост показателя асимметрии листьев в 2008 г в сравнении с 2006 г.

Анализируемые популяции берез находятся в разных по лесорастительным условиям районах Алтае-Саянской горной системы, которые отличаются друг от друга по почвенно-грунтовым, геоморфологическим и климатическим параметрам, что приводит к распространению в разных районах Алтая-Саян лесов определенного облика с особыми группами и сериями их типов (Смагин и др., 1980). Общей чертой для всех рассматриваемых территорий является доминирование среди коренных формаций светло- и темнохвойных лесов и среди лиственных – осинников. Березняки во влажных умеренно теплых или холодных горных районах Кузнецкого Алатау, Салаира, Алтая и Саян, как коренной тип леса, почти не встречаются. В сухих теплых горных котловинах (Кузнецкая и Минусинская) береза, вместе с сосной формирует нижний лесостепной пояс, а в степях, произрастает по относительно влажным понижениям или северным склонам возвышений (например, окр. оз. Шира, Иткуль, Белё).

Таблица 2

**Интегральный показатель стабильности развития (к. А)
и критерий идентичности I (общ.) билатеральных признаков
в популяциях обыкновенной бурозубки**

	Местность	№, экз.	к. А.	I (общ.)
1997	Пригород г. Кемерово, п. Ягуновский	40	0,1840	15,1
1998	Биостанция КемГУ Ажандарово	27	0,1420	7,0
2002	Биостанция КемГУ Ажандарово	100	0,2310	11,6
2003	Биостанция КемГУ Ажандарово	100	0,1520	9,7
2004	Биостанция КемГУ Ажандарово	100	0,1660	15,9
2005	Заповедник "Кузнецкий Алатау", Рыбное 05	89	0,1320	21,8
2006	Заповедник "Кузнецкий Алатау", Рыбное 06	33	0,0740	8,8
2006	Заповедник "Кузнецкий Алатау", Ср. Маганакова	60	0,1100	14,2
2008	Заповедник "Кузнецкий Алатау", Ср. Маганакова	57	0,2260	23,9
2007	Заповедник "Кузнецкий Алатау", Безымянка	90	0,1480	36,2
2007	Заповедник "Кузнецкий Алатау", хр. Бархатный	64	0,1170	18,4
2008	Заповедник "Кузнецкий Алатау", Шатай	61	0,1740	14,1
2007	Заповедник "Саяно-Шушенский", Таловка 2 п, бур	15	0,1830	11,5
2007	Заповедник "Саяно-Шушенский", Сарлы п, бур	12	0,1250	5,5
2008	Заповедник "Саяно-Шушенский", Ермаковский	10	0,2380	6,3
2008	Заповедник "Столбы", Метеостанция	9	0,1590	6,9
2008	Заповедник "Столбы", Калтат	46	0,1960	9,6
2008	Заповедник "Столбы", Нелидовка	10	0,1630	8,4
2008	Заповедник "Алтайский"	25	0,1450	6,8

Кроме естественных различий в условиях произрастания берез в разных ООПТ региона, имеются и различия в степени и видах антропогенной нагрузки.

Учитывая эти особенности, результаты анализа можно интерпретировать следующим образом. Популяции берез из заповедника «Саяно-Шушинский» и национального парка «Шушенский бор» характеризуются стабильно высо-

ким уровнем нарушения развития листовых пластинок. Это, скорее всего, отражает естественный популяционный уровень флуктуирующей асимметрии, который ежегодно регистрируется в связи с особыми природными условиями произрастания (северные макросклоны хребтов) и изменением климатических условий, возникшими после строительства Саянского водохранилища

Близки по проявлениям флуктуирующей асимметрии популяции берез кластерных участках Хакасский заповедника. Эти леса, согласно фитоценологическому описанию, образуют в степных районах разреженные массивы по берегам озер (Белё, Шира, Иткуль), которые занимают небольшие площади. Из них выделяются березняки двух близко расположенных озер – Шира и Иткуль, отличающиеся относительно высокими показателями асимметрии листовых пластин. Однако следует признать, что их более выраженная нарушенность развития листьев, скорее всего, обусловлена естественными причинами. В степной зоне межгорных котловин береза распространена спорадично, т.к. климатические и почвенно-грунтовые условия для нее не являются оптимальными. В свою очередь рекреационная нагрузка и замусоривание территории могут ухудшать условия обитания вида, находящегося фактически на границе распространения в нижнем поясе Кузнецкого Алатау.

Более отчетливая картина антропогенного влияния на лесные насаждения прослеживается в Алтайском заповеднике. Там нарушения развития листьев берез наблюдается в лесных массивах произрастающих в хозяйственной зоне заповедника (окр. п. Яйлю), которые испытывают достаточно интенсивную рекреационную нагрузку. В остальных районах, хотя они также являются объектами рекреации (водопад Корбу, кордон Кокши), состояние берез более благополучно. Оценка рекреационной нагрузки на площадках, обследованных сотрудниками заповедника, свидетельствует, что наиболее неблагоприятная ситуация складывается не в припоселковых лесах, а в местах посещения туристов (водопад Корбу, кордон Кокши). Такое противоречие результатам морфологического анализа листьев берез, может быть объяснено тем, что в местах посещения туристов воздействия имеют локальный (точечный) характер, хотя и интенсивный, но не приводящие к масштабным изменениям почвенного покрова (уплотнение), травянисто-кустарничково яруса (изменение видового состава) и состава окрестных лесов, т.е. не вызывают изменений в корневом питании растений и микроклимата. В отличие от этих районов припоселковые леса постоянно находятся под воздействием различного рода деятельности местных жителей, могут быть местами выпаса скота и т.д. Эти воздействия в итоге приводит к изменению почвенного покрова и микроклиматической ситуации на более обширных площадях.

В заповеднике «Кузнецкий Алатау» по степени нарушенности развития листьев берез выделяются районы окр. рр. Безымянки, Верхней Терси и Ср. Маганакова (2008 г.). В окр. р. Ср. Маганакова наблюдается резкий рост показателей асимметрии листьев в 2008 г. В этот сезон в районе сформировался очаг листовертки. Этот вредитель лесных насаждений поразил массивы березняков, что и привело к резкому нарушению развития листьев. В 2006 г. состояние популяции берез оценивалось как нормальное. В окр. р. Безымянка, вероятно, основным фактором являлось загрязнение поллютантами лесной

растительности, произрастающей на хр. Безымянном, источником которых служит нефелиновый рудник п. Белогорск. Заповедник «Столбы», как и некоторые районы заповедника «Кузнецкий Алатау», также находятся в зоне влияния промышленных выбросов.

Таблица 3

**Интегральный показатель стабильности развития (к. А)
в популяциях красной полевки**

Год	Местность	№, экз.	к. А.
2005	Южно-Саянский экопрофиль	24	0,1309
2007	Заповедник "Саяно-Шушенский", Таловка 2 п, бур	15	0,1524
2007	Заповедник "Саяно-Шушенский", Саралы п, бур	50	0,1400
2007	Заповедник "Столбы", Метеостанция	10	0,1429
2008	Заповедник "Столбы", Метеостанция	17	0,1360
2007	Заповедник "Столбы", Нелидовка	10	0,1143
2008	Заповедник "Столбы", Нелидовка	11	0,1560
2008	Заповедник "Столбы", Калтат	48	0,1876

В серии выборок черепов обыкновенной бурозубки и красной полевки уровень нарушения развития низкий (табл. 2, 3). По пятибалльной шкале отклонений от условной нормы качество среды обитания животных, принадлежащих к разным трофическим уровням, может быть оценено как условно нормальное (все выборки оценены в I балл). В тоже время отмечается достоверно большая степень асимметрии у бурозубок из окр. Ср. Маганаково, отловленных в 2008 г. в сравнении с 2006 г., а также от большинства других выборок. Следует отметить, что в 2008 г. в Кузнецком Алатау наблюдалось резкое снижение доли вида в сообществах мелких млекопитающих, связанное с депрессией численности вида. Этот эффект мог сопровождаться и увеличением в популяции доли сеголеток с нарушениями индивидуального развития. Степень асимметрии в популяциях красной полевки, как в пространстве, так и во времени достоверно не различается.

Кластерный анализ показал фенотипическую обособленность популяций Кузнецкого Алатау и сходство между собой популяций из Красноярского края и Алтая. Следует отметить, что своеобразный фенооблик популяции может сохраняться на протяжении нескольких лет, как например, в Ажандарово, что свидетельствует о стабильном его характере при разном уровне численности. Однако в некоторых случаях групповые межпопуляционные особенности фенооблика могут нарушаться, как в 2008 г. у популяций вида из окр. Ср. Маганакова и р. Шатай, что приводит к выделению этих зверьков из серий топографически близких популяций.

Значения интегральных показателей асимметрии и индексов идентичности меняются примерно сходным образом. Однако индекс идентичности более четко показывает асимметрию признаков в сборах разных лет из одной популяции (например, оз. Рыбное, Ср. Маганакова, Ажандарово). Примечательно, что в окр. р. Безымянка популяции вида на правой (хр. Безымянный) и левой (хр. Бархатный), если исходить из значений критерия идентичности, различаются довольно значительно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Архипчук В.В., Гончарук В.В. Биотестирование качества воды на клеточном уровне // Химия и технология воды. 2001. Т. 23, № 5. С. 531-544. - **Архипчук В.В., Романенко В.Д., Архипчук М.В., Кипнис Л.С.** Цитогенетический метод определения влияния пороговых величин антропогенных факторов на геном растений и животных // Докл. РАН. 1992. Т. 326, № 5. С. 908-910.

Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 216 с. - **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. - **Захидов С.Т., Чеботарева Ю.В., Савваитова К.А., Максимов В.А.** Цитогенетическое изучение кроветворных клеток рыб из водоемов Норило-Пясинской водной системы (Таймыр). // Известия РАН. Серия биологическая. 1996. № 2. С. 10-15.

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. 23 с.

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/ - **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). Материалы Международного совещания 6-7 февраля 2003 г., Москва. М., 2003. С. 244

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 281 с. - **Пузаченко Ю.Г.** Математические методы в экологических исследованиях. М.: Academia, 2004. – 416 с.

Смагин В.Н., Ильинская С.А., Назимова Д.И., Новосельцева И.Ф., Чередникова Ю.С. Типы лесов гор Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. 336 с. - **Строганов С.У.** Звери Сибири, насекомоядные. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 267 с.

Юдин Б.С. Насекомоядные млекопитающие Сибири. Новосибирск: Наука, 1989. 360 с.

MORPHOLOGICAL ASPECTS AT THE ESTIMATION OF ANTHROPOGENOUS INFLUENCE ON OOPT ALTAI-SAYANSK ECOREGION.

© 2009 E.S. Bulatova, S.G. Babina

The estimation of anthropogenous influence on protected ekosistem Altai-Sayansk of region is made by a method of morphological asymmetry.

Key words: anthropogenous influence, morphological asymmetry, Altai-Sayansk ecoregion.