

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ УРБАНИЗАЦИИ НА ЭКОЛОГИЮ И ФАУНУ ЗЕМНОВОДНЫХ

Популяции амфибий из районов с различной антропогенной нагрузкой сравнивались по ряду признаков. Были установлены достоверные различия для большинства показателей между исследованными популяциями.

Земноводные являются удобным объектом для экологического мониторинга по ряду признаков: их численность в местах обитания довольно велика, икра и личинки чувствительны к загрязнителям. В целом им не характерна сильная тенденция к миграциям, поэтому в течение всей жизни они привязаны к относительно небольшой по площади территории. Продолжительность жизни амфибий в природе 4-7 лет (в отличие от мышевидных грызунов, живущих один сезон), что даёт возможность изучать эффекты длительного действия антропогенных факторов [1]. Земноводные сохраняют тесную связь с природными местообитаниями, поэтому в условиях городской среды их популяции особенно уязвимы. Таким образом, изменения батрахофауны в широком смысле и экологических особенностей отдельных видов может служить показателем антропогенного пресса и урбанизации в целом [2].

Сбор материала проводился в 2003-2005 годах. В ходе исследования популяции амфибий с участков, находящихся в промышленной и лесопарковой зонах города, сравнивались между собой, а также с популяциями с контрольного загородного участка. Выявлялись следующие характеристики: видовое разнообразие и обилие амфибий; возрастная динамика; количественные и качественные характеристики икры в популяциях; морфометрические показатели и их индексы; морфы окраски; колориметрические показатели и общий тон окраски земноводных; наличие морфологических аномалий у исследованных животных. Исследование морфометрических данных проводилось в соответствии с методикой С.С. Шварца [3]. В качестве критерия достоверности использовался t-критерий Стьюдента. Для оценки близости между популяциями строились дендрограммы сходства.

В ходе работы производился пересчет числа особей разных видов амфибий на километр пройденного маршрута. Наиболее массовым видом амфибий на всех участках была лягушка остромордая (*Rana arvalis* Nillson, 1842). Отно-

сительное обилие этого вида значительно меньше в промышленной зоне города. Большое видовое разнообразие на загородном и лесопарковом участках свидетельствует о большей экологической стабильности данных биоценозов.

В процессе исследования было отловлено 225 особей лягушки остромордой, из них 69 взрослых особей. В промышленной зоне города число пойманных животных было минимальным, причём процент сеголетов наибольший. Такие данные могут свидетельствовать о сокращении продолжительности жизни амфибий на участках с высокой степенью антропогенной нагрузки, либо об их миграции на более благоприятные территории. Снижение доли взрослых особей в городских популяциях объясняется высокой смертностью в младших возрастных группах популяций земноводных с урбанизированных территорий [1, 4].

В период икротетания проводилось исследование икры лягушки остромордой. В каждой кладке подсчитывалось количество икринок, замерялся средний диаметр комка. Также отмечалось общее состояние кладки и процент в ней икринок без зародышей (таблица 1). На участках лесопарковой зоны диаметр кладок, а в промышленных районах также количество икринок в одной кладке были достоверно ниже, чем на контрольном загородном участке. Процент икринок без зародыша на участках в промышленной зоне был достоверно выше, чем на остальных. Общее состояние кладок в водоёмах промзоны заметно хуже, многие икринки деформированы либо повреждены, оболочки мутные. Такие явления могут быть связаны с изменениями в группе производителей под давлением антропогенного пресса. У земноводных в городских популяциях наблюдаются изменения белкового и липидного обмена, приводящие к отклонениям нормального развития половых продуктов, а умеренное или слабое питание вызывает достоверное увеличение числа атретических ооцитов и редукцию массы яичников [4]. Уменьшение диаметра комков можно связать с уменьшением размеров самок.

Нами проводился морфометрический анализ всех отловленных особей лягушки остромордой. Затем эти данные подвергались статистической обработке. И у сеголеток, и у взрослых амфибий были установлены достоверные различия по средним арифметическим с контролем для большинства снятых морфометрических показателей. Масса особей из популяций промышленной зоны города была наименьшей, что, помимо сокращения пищевых ресурсов, может быть связано с их более ранним половым созреванием, так как после полового созревания дальнейший рост животных прекращается. Нами было отмечено достоверное увеличение длины глазной щели и ширины барабанной перепонки в городских популяциях. Это может свидетельствовать о том, что в условиях повышенной опасности возросла роль органов чувств животных.

Между участками были выявлены высоко достоверные различия по индексу упитанности (отношение массы тела к длине). Кроме того, были обнаружены достоверные различия по абсолютной длине задних конечностей. Наибольшей длиной задних конечностей отличались особи с контрольного участка. Однако при сравнении индексов задних конечностей достоверных различий по средним арифметическим найдено не было, то есть удлинение конечностей было связано, вероятно, с увеличением пропорций тела в целом, а не с необходимостью усиления локомоции.

У отловленных особей на основании особенностей рисунка спины определялись цветовые морфы. Исследование их частот выявило существенные различия между популяциями. Наиболее информативным признаком является доля морфы *striata*, т. к. она является моногенным мутантом, а особенности наследования этого признака делают его хорошим маркером изменений генетической структуры популяции [5]. Особи этой морфы обладают целым рядом физиологических и биохимических особенностей. В частности, отмечено более раннее половое созревание и короткая продолжительность жизни у особей *striata* остромордой лягушки, что увеличивает скорость эволюционных преобразований. Все эти особенности носят приспособительный характер и способствуют адаптации животных к жизни на антропогенно измененных территориях [6, 7]. Морфа *striata* преобладала на всех участках, однако если в городских популяциях она являлась единственной, то на контрольном участке также встречались бес-

полосые особи. Таким образом, доля морфы *striata* повышается с увеличением степени влияния факторов урбанизации. Такая же тенденция наблюдалась В.Л. Вершининым в Екатеринбурге, однако доля полосатых особей и в городских, и в загородных свердловских популяциях была заметно ниже полученных нами результатов [7, 8]. Это можно объяснить тем, что с продвижением на восток доля морфы *striata* закономерно возрастает [9]. В целом же наши данные согласуются с литературными и свидетельствуют о повышении доли морфы *striata* с увеличением степени влияния факторов урбанизации. Во всех случаях бесполосые морфотипы были установлены только у сеголеток и отсутствовали у особей старших возрастов, что также может говорить о меньшей приспособленности животных такой окраски.

В ходе исследования часть отловленных особей подвергалась сканированию. С полученных изображений снимались показатели R G B, с целью определения общего тона окраски покрова амфибий из разных популяций. На основании полученных данных рассчитывались показатели белизны и оттенка (таблица 2). Среди взрослых особей достоверно меньшим показателем белизны, а значит более темным общим тоном окраски, отличались особи из популяций лесопарковой зоны города ($78,56 \pm 5,25$). По показателю оттенка были установлены высоко достоверные различия только между взрослыми особями популяций лесопарковой зоны и контрольного участка ($1,24 \pm 0,02$ и $1,12 \pm 0,02$ соответственно). Для сеголеток были установлены достоверные различия по средней арифметической только между популяциями промзоны и контрольного участка ($1,24 \pm 0,04$ и $1,18 \pm 0,01$ соответственно), то есть более темной окраской обладали животные, обитающие в промышленной зоне города.

Как видно из приведенных данных, четкой связи между степенью антропогенной нагрузки и общим тоном окраски не прослеживается. Из этого можно сделать вывод, что решающее

Таблица 1. Количество и качество икры на исследуемых участках

Участки	Среднее число икринок в комке, шт.	Средний диаметр комка, см	Доля икринок без зародыша в комке, %
Промышленная зона	429±80	5,40±0,68	42
Лесопарковая зона	691±119	7,29±0,78	15
Контроль	998±125	12,86±0,70	12

Таблица 2. Колориметрические показатели для исследованных популяций

Колориметрические показатели	Возрастная группа	Участки		
		Промышленная зона	Лесопарковая зона	Контроль
Показатель белизны	сеголетки	101,76	105,32	119,35
Показатель оттенка		1,24	1,19	1,18
Показатель белизны	взрослые особи	101,76	105,32	119,35
Показатель оттенка		1,24	1,19	1,18

влияние на этот признак оказал другой фактор. Исходя из особенностей образа жизни *R. arvalis*, мы предполагаем, что этим фактором могла послужить степень затенённости участков, так как общий тон окраски амфибий может меняться с возрастом под влиянием внешних условий [10].

У двух особей из популяций лесопарковой зоны были обнаружены морфологические аномалии, характерные для амфибий, обитающих на урбанизированных территориях: у одной особи наблюдалась правосторонняя депигментация радужины, у другой – значительная деформация черепа и макроцефалия. Обе особи были взрослыми и довольно крупными, то есть, очевидно, уродства не носили летального или сублетального характера. Отсутствие нормальной пигментации радужной оболочки – широко распространённая среди земноводных аномалия, обусловленная различными негомолгическими мутациями [11]. Природу другого дефекта установить сложно, возможно его возникновение связано с условиями развития икры: неблагоприятный температурный режим или химическое загрязнение водоёма могло повлиять на формирование зародыша.

Отсутствие морфологических аномалий у животных, отловленных в промышленной зоне города, можно объяснить повышением давления естественного отбора, при котором особи с различными уродствами оказываются неконкурентоспособными и гибнут на ранних стадиях развития.

Для обобщения сходства и различий между данными популяциями был проведен кластерный анализ (разбиение совокупности на однородные группы). По его результатам были построены дендрограммы сходства, в которых использовались относительные показатели указанных выше признаков. По оси абсцисс откладывались исследуемые популяции, по оси ординат – евклидово расстояние (в безразмерных единицах).

При учете только морфометрических показателей и индексов в один кластер были объединены городские участки, т. е. популяции амфибий, подверженные влиянию урбанизации. Иная картина наблюдается, если при проведении кластерного анализа принимать во внимание весь комплекс количественных характеристик исследуемых популяций, включая такие показатели, как индексы обилия. При этом участки, расположенные в лесопарковой зоне города, объединяются в один кластер с контрольным загородным, а участки, находящийся в зоне многоэтажной застройки и в непосредственной близости от крупных источников загрязнений, стоят обособленно. Это можно объяснить тем, что на участках со средней степенью антропогенной нагрузки адаптации на уровне более консервативных, морфометрических признаков помогают компенсировать негативное влияние среды, снижают смертность животных и поэтому на популяционном уровне отклонения от нормы уже не так явны. В условиях же сильного загрязнения изменения настолько сильны, что затрагивают уже и популяционные показатели.

Список использованной литературы:

1. Вершинин В.Л. Материалы по росту и развитию амфибий в условиях большого города // Экологические аспекты скорости роста и развития животных. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1985. – С.61-75.
2. Ручин А.Б., Рыжов М.К. Амфибии и рептилии Мордовии: видовое разнообразие, распространение, численность – Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 2006. – 160 с.
3. Шварц С.С. Смирнов, В.С. Добринский, Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных – Свердловск: РИСО УФАИ СССР, 1968. – С.62-64.
4. Вершинин В.Л., Трубецкая Е.А. Смертность бурых лягушек в эмбриональный, личиночный и постметаморфический период при разном уровне антропогенного воздействия // Животные в условиях антропогенного ландшафта: сб. статей.– Екатеринбург, 1992.– С. 12-20.
5. Вершинин, В.Л. Адаптивные особенности группировок остромордой лягушки в условиях крупного города // Экология. - 1987. -№1. – С. 46-50.
6. Вершинин В.Л. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий: Автореф. дис. докт. биол. наук: 03.00.16. Екатеринбург, 1999. – 47с.
7. Вершинин В.Л. Адаптивные и микроэволюционные процессы в популяциях амфибий урбанизированных территорий // Вопросы герпетологии. Материалы Первого съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского. Пушкино – Москва: МГУ. 2001. – С. 56-57.
8. Вершинин, В.Л. Морфа striata и ее роль в путях адаптациогенеза рода Rana в современной биосфере // Доклады РАН. 2004. Т. 396, 2. С. 280-282.
9. Кабардина Ю.А. Формирование межвидовых различий по морфометрическим признакам травяной, Rana temporaria, и остромордой, R. arvalis, лягушек // Зоологический журнал, 2002, т. 81, М 2– С.221-233.
10. Стрелков Е.И. Исследования по сравнительной экологии позвоночных Западной Сибири. Ч.1 (Анамнии и низшие амниоты) – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1963-335с.
11. Вершинин В.Л. Встречаемость депигментации радужины в городских популяциях остромордой лягушки // Экология.– 2004.– №1.– С. 69-73.