

Сизова Е. А., Романова А. П., Умрихина В. В.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия
E-mail: Sizova.L78@yandex.ru; rnmv_nastya@mail.ru; viktoriya_279@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ *ALBURNUS ALBURNUS* И *RANA RIDIBUNDA* ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ

Реки Оренбургской области испытывают значительную антропогенную и техногенную нагрузку. На сегодняшний день совершенство системы контроля экологического состояния водоемов, которая основывается только на определении загрязнителей и сопоставлении их с предельно-допустимыми концентрациями, довольно очевидно, и все большее предпочтение отдается биологическим методам оценки состояния окружающей среды. Биологическая оценка может быть реализована при использовании организмов-биоиндикаторов, которыми в данной работе являются *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda*. Анализ стабильности развития морфологических структур этих животных позволяет установить класс качества воды в исследуемых водоемах по индексу ЧАПП (число асимметричных проявлений на признак).

В ходе отбора животных был установлен класс качества воды в р. Сакмара и в р. Урал на исследуемых участках. Результаты изучения флуктуирующей асимметрии показали 3 класс качества вод (загрязненная) с индексом ЧАПП 0,4 и 0,58 для *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda* соответственно на участках р. Сакмара в районе поселка Ленина и р. Урал в районе пешеходного моста на «Набережной» города Оренбурга. Грязная и очень грязная (4 и 5 класс качества) с индексом ЧАПП от 0,47 до 0,6 для *Alburnus alburnus* и от 0,61 до 0,73 для *Rana ridibunda* на участках р. Сакмара в районе железнодорожного моста внутри границ поселка Берды и в районе автомобильного моста на пр. Братьев Коростелевых, а также на участках р. Урал в районе железнодорожного моста в Центральном Районе Оренбурга вблизи садового товарищества «Газовик» и в районе автомобильного моста, находящегося на Загородном шоссе. Полученные данные демонстрируют возможность применения флуктуирующей асимметрии для оценки экологического состояния водной среды.

Ключевые слова: биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, стабильность развития, река Сакмара, река Урал.

Неотъемлемой частью мониторинга состояния водных экосистем являются биоиндикационные исследования, которые предполагают обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций живых организмов непосредственно в среде их обитания [1], [2]. В качестве биоиндикаторов и тест-систем могут быть использованы различные организмы, однако для исследования необходимо выбирать наиболее чувствительные объекты, которым характерна высокая скорость отклика и выраженность параметров [3], [4].

Экологический стресс влияет на устойчивость онтогенеза и зачастую приводит к фенотипическим изменениям особей в популяциях животных [5]. Неспособность особи нормально развиваться в условиях стресса часто проявляется в повышенной асимметрии билатеральных структур. Флуктуирующая асимметрия является одним из видов данной асимметрии [6]. Сущность метода оценки флуктуирующей асимметрии заключается в сравнении стабильности развития особей загрязненных районов с известной заданной нормой отклонений [7], [8].

Материалы и методы

Исследования выполнены в ходе изучения флуктуирующей асимметрии *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda*, взятых в качестве биоиндикаторов в двух пресных водоемах (р. Урал и р. Сакмара) Оренбургской области в летний период 2016 г. [9]. Сбор образцов животных проводился на 3 участках реки Сакмара и на 3 участках реки Урал (см. рис. 1).

Анализ флуктуирующей асимметрии рыб и земноводных проводился по методике биологической диагностики окружающей среды Е.И. Егоровой [10]. Оценку стабильности развития *Rana ridibunda* и *Alburnus alburnus* выполняли по 11 (1–7 – признаки окраски: число полос и пятен на бедре; число полос и пятен на голени; число полос и пятен на стопе; число пятен на спине; 8–11 – признаки кожных покровов: число пятен на вентральной стороне второго, третьего и четвертого пальцев; число пор на вентральной стороне третьего пальца) и 5 (1–5 – меристические признаки: число лучей в грудных плавниках; число лучей в брюшных плавниках; число жаберных тычинок; число

глоточных зубов; число чешуй в боковой линии) морфогенетическим показателям [11].

В исследовании использовались такие показатели, как частота асимметричных проявлений на признак (ЧАПП) и частота асимметричных проявлений на особь (ЧАП) [12]. ЧАПП рассчитывалось как отношение числа особей, имеющих асимметричный признак, к общему числу учтенных признаков, а ЧАП – как отношение числа признаков, проявляющих асимметрию, к общему числу признаков умноженное на общее число особей в одной выборке [5], [13].

Провели балльную оценку качества среды обитания в соответствии с таблицей 1 [4], в которой приведены коэффициенты флуктуирующей асимметрии [14].

Статистическая обработка данных проведена стандартными методами, с использованием общепринятых параметров [15].

Результаты

Полученные результаты позволили оценить стабильность развития *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda* на 6 исследуемых участках двух рек Оренбургской области, а также оценить степень загрязнения вод р. Сакмара и р. Урал (табл. 2 и 3).

Анализ качества вод и их балльная оценка показали, что особи *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda* в 1 и 4 точках имеют средний уровень отклонений, что соответствует 3 классу качества воды – загрязненная. Такое значение показателя в 1 точке может быть связано с воздействием на реку находящихся вблизи полей, садов и дачных участков поселка Ленина. В 4 точке вода характеризуется как загрязненная, что может объясняться прохождением

вдоль реки детской железной дороги. Еще один немало действующий негативный фактор, для данной точки сбора – это то, что в зимний период коммунальными службами сюда свозится и складировается снег, который был убран с улиц всего города Оренбурга и, соответственно, содержащий в себе ряд загрязняющих веществ, попадающих по весне в Урал.

Показатели стабильности развития *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda* во 2 точке показали

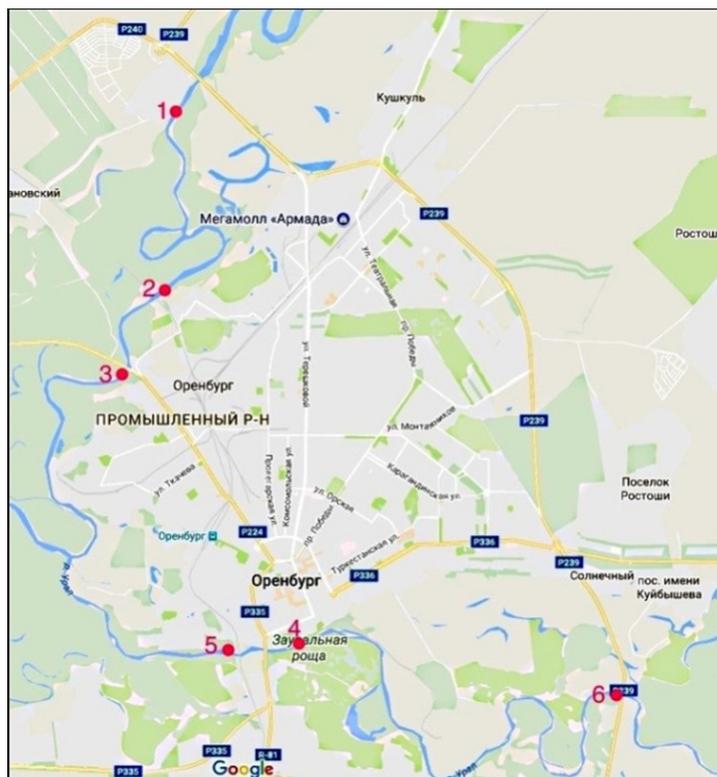


Рисунок 1 – Точки сбора образцов животных:
 точка 1 – участок р. Сакмара в районе поселка Ленина;
 точка 2 – участок р. Сакмара в районе железнодорожного моста внутри границ поселка Берды;
 точка 3 – участок р. Сакмара в районе автомобильного моста на пр. Братьев Коростелевых;
 точка 4 – участок р. Урал в районе пешеходного моста на «Набережной» города Оренбурга;
 точка 5 – участок р. Урал в районе железнодорожного моста в Центральном Районе Оренбурга вблизи садового товарищества «Газовик»;
 точка 6 – участок р. Урал в районе автомобильного моста, находящегося на Загородном шоссе

Таблица 1 – Оценка качества окружающей среды в баллах по интегральному показателю стабильности развития животных (по В.М. Захарову, 1996 г.)

Класс	Коэффициент асимметрии согласно балльной оценке				
	1 (чисто)	2 (относительно чисто)	3 (загрязнено)	4 (грязно)	5 (очень грязно)
Рыбы	<0,35	0,35-0,40	0,40-0,45	0,45-0,50	>0,50
Земноводные	<0,50	0,50-0,55	0,55-0,60	0,60-0,65	>0,65

4 и 5 класс качества воды на этом участке соответственно (грязно и очень грязно). Данная точка находится в промышленном районе города Оренбурга со значительной концентрацией производственных объектов. Помимо этого свое влияние на загрязнение реки оказывает и садовое товарищество Сакмара, которое является источником засорения берегов твердыми бытовыми отходами. Кроме перечисленного, во 2 точке значительный вклад в загрязнение реки, вносит и обширная железнодорожная сеть, находящаяся в этом районе города, поскольку продукты сгорания топлива поездов, так или иначе, попадают в водоем. В 5 точке отбора проб качество воды оценивается как 4 класс – грязно. Это может быть связано с тем, что вблизи данного участка проходят железнодорожный и автомобильный мосты со значительными потоками транспортных средств. Также высокую нагрузку на реку оказывают: с одной стороны, садовое товарищество «Газовик», с другой, сады «Остров мира-1», и ряд промышленных предприятий, сконцентрированных на улице Донгузской и в микрорайоне «Аренда».

Бальная оценка флуктуирующей асимметрии по отклонениям в стабильности развития морфологических структур *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda* в 3 и 6 точках показала 5 класс качества вод – очень грязно. В 3 точке в загряз-

нение вносит значительный вклад трасса федерального значения, проходящая по проспекту Братьев Коростелевых, а также предприятие ОАО «Гидропресс». Помимо данных факторов, можно отметить и сток загрязняющих веществ с дачных массивов поселка Берды. На частоту проявления асимметричных признаков у исследуемых животных в 6 точке влияет ряд факторов, в числе которых применение удобрений на посевах зерновых культур и подсолнечника, находящихся неподалеку, и их непосредственный смыв с дождевыми стоками в реку или через просачивание в подземные воды, сообщающиеся с р. Урал.

Сравнивая полученные результаты, все исследуемые точки можно классифицировать следующим образом:

Точка критического значения на р. Сакмара – где максимальные значения показателя флуктуирующей асимметрии у *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda* 0,5 и 0,73 соответственно – это участок реки в районе автомобильного моста на пр. Братьев Коростелевых. Точка критического значения на р. Урал – с максимальными значениями, свидетельствующими о нарушении гомеостаза развития, 0,6 и 0,73 – участок реки в районе автомобильного моста, находящегося на Загородном шоссе. Точка загрязнения на р. Сакмара – с показателями асим-

Таблица 2 – Показатели частоты асимметричного проявления на признак (ЧАПП) и среднее число асимметричных признаков в исследуемых точках отбора проб на реке Сакмара

Вид	Точка №1			Точка №2			Точка №3		
	А	ЧАПП, А/п	К	А	ЧАПП, А/п	К	А	ЧАПП, А/п	К
<i>Alburnus alburnus</i>	2,0	0,4±0,15	3	2,33	0,47±0,18	4	2,5	0,5±0,25	5
<i>Rana ridibunda</i>	5,3	0,58±0,11	3	7,7	0,7±0,03	5	8,3	0,73±0,05	5

Примечание:

А – среднее число асимметричных признаков; п – число признаков; К – качество среды в баллах по интегральному показателю стабильности развития животных

Таблица 3 – Показатели частоты асимметричного проявления на признак (ЧАПП) и среднее число асимметричных признаков в исследуемых точках отбора проб на реке Урал

Вид	Точка №4			Точка №5			Точка №6		
	А	ЧАПП, А/п	К	А	ЧАПП, А/п	К	А	ЧАПП, А/п	К
<i>Alburnus alburnus</i>	2,0	0,4±0,15	3	2,5	0,5±0,25	4	3,0	0,6±0,30	5
<i>Rana ridibunda</i>	6,3	0,58±0,08	3	8,3	0,61±0,08	4	8,7	0,73±0,14	5

Примечание:

А – среднее число асимметричных признаков; п – число признаков; К – качество среды в баллах по интегральному показателю стабильности развития животных

метрии у *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda* 0,47 и 0,7 говорит о загрязненности участка реки в районе железнодорожного моста внутри границ поселка Берды. Точка загрязнения на р. Урал, где показатели флуктуирующей симметрии 0,5 и 0,61 – это участок реки в районе железнодорожного моста вблизи садового товарищества «Газовик». Точка относительной чистоты на р. Сакмара, где показатели стабильности развития морфологических структур у *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda* 0,4 и 0,58 – участок реки в районе поселка Ленина. Точка относительной чистоты на р. Урал с показателями флуктуи-

рующей асимметрии 0,4 и 0,58 – участок реки в районе пешеходного моста на «Набережной» города Оренбурга.

Выводы

Таким образом, проведенная оценка качества водной среды показала, что участки р. Сакмара в районе поселка Ленина и р. Урал в районе пешеходного моста на «Набережной» г. Оренбурга можно признать условно чистыми при сравнении с другими исследуемыми участками рек.

14.06.2017

Список литературы:

1. Lebedev S., Yausheva E., Galaktionova L., Sizova E. Impact of molybdenum nanoparticles on survival, activity of enzymes, and chemical elements in *Eisenia fetida* test on substrata // Environ Sci Res DOI 10.1007/s11356-016-6916;
2. Kosyan D., Rusakova E., Miroshnikov S., Sizova E. The toxic effect and mechanisms of nanoparticles on freshwater infusoria // International Journal of GEOMATE. – 2016. – Vol. 11. – P. 2170-2176.
3. Yausheva E., Sizova E., Lebedev S., Skalny A., Miroshnikov S., Plotnikov A., Khlopko Y., et al. Influence of zinc nanoparticles on survival of worms *Eisenia fetida* and taxonomic diversity of the gut microflora // Environ Sci Pollut Res. – 2016. – Vol. 23. – P.13245-13254.
4. Мухамеджанова Е.Я. Мониторинг среды обитания. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. – С.110.
5. Shulz R., Liess R. Chronic effects of low insecticide concentrations on freshwater caddishly larvae // Hydrobiologia. – 1997. – №2. – P. 103-113.
6. Филенко О.Ф. Механизм реагирования водных организмов на воздействие токсичных веществ // Антропогенные влияния на водные экосистемы. – М: Изд-во МГУ, 2005. – С.70-93.
7. Захаров В.М. Асимметрия морфологических структур животных, как показатель незначительных изменений состояния среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. – 1981. – С.115-123.
8. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. – М., 1997. – С.13.
9. Depledge M.H. Healthy animals, healthy ecosystems Galloway // Front Ecology Environment. – 2015. – №3(5). – P.251-257.
10. Baharuddin Z.M., Ramli L., Othman R. The diversity of amphibian species in urban lake as ecological indicator for healthy aquatic environment // Universiti Putra Malaysia. – 2015. – №8. – P. 70-76.
11. Шуйский В.Ф. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений // Сб. науч. докл. VII Междунар. конф. «Экология и развитие Северо-Запада России». – 2002. – №4. – С. 64-69.
12. Relyea R.A. The lethal impact of roundup on aquatic and terrestrial amphibians // Ecological application. – 2005. – №15. – P. 1118-1124.
13. Sladecek V. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. Ergeb. – Limnol. – 1983. – №3. – P.211-218.
14. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. – Минск: Изд-во «Орех», 2005. – С.124.
15. Johnson R.K. Freshwater biomonitoring using individual organisms, population, and species assemblages of benthic macroinvertebrates // Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. – N. Y. – 2000. – №1. – P.40-158.

Сведения об авторах:

Сизова Елена Анатольевна, доцент кафедры биологии и почвоведения химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: Sizova.L78@yandex.ru

Романова Анастасия Павловна, студент кафедры биологии и почвоведения химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: rnmv_nastya@mail.ru

Умрихина Виктория Васильевна, студент кафедры биологии и почвоведения химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: viktoriya_279@mail.ru