

ГОРЯЧЕВА К. Н., КАКАЕВА А. И.

**БИОИНДИКАЦИЯ Р. ИНСАР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАКРОЗООБЕНТОСА
И ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ РЫБ**

Аннотация. Биоиндикация р. Инсар показала, что Рузаевский промышленный узел незначительно влиял на сапробность и выраженность флуктуирующей асимметрии серебряного карася. Заметные негативные изменения отмечены на участках после впадения стоков очистных сооружений г. Саранска. К нижнему течению реки бентические комплексы восстанавливаются.

Ключевые слова: биоиндикация, макрозообентос, флуктуирующая асимметрия, р. Инсар, загрязнение, серебряный карась.

GORYACHEVA K. N., KAKAEVA A. I.

**BIOINDICATION OF INSAR RIVER USING MACROZOOBENTHOS
AND FLUCTUATING ASYMMETRY OF FISH**

Abstract. Bioindication of the Insar River shows that the Ruzaevka industrial hub have a slight effect on the saprobity and severity of the goldfish fluctuating asymmetry. Noticeable negative changes were observed in the areas after the inflow of wastewater treatment facilities of the city of Saransk. Benthic complexes are restored at the lower course of the river.

Keywords: bioindication, macrozoobenthos, fluctuating asymmetry, Insar River, pollution, goldfish.

Проблема сохранения окружающей среды в настоящее время концентрирует на себе внимание исследователей всего мира. Быстрый рост народонаселения, увеличение площадей орошаемого земледелия, урбанизация и индустриализация привели к небывалому использованию природных ресурсов. За последние годы значительно увеличился объем загрязнений, которые попадают в водотоки [1].

Река Инсар подвержена интенсивному антропогенному воздействию. Большая часть сточных вод Рузаевского, Саранского и Ромодановского промузлов поступает в реку без необходимой очистки, сбросы предприятий пищевой и нефтехимической промышленности и городских очистных сооружений г. Саранска оказывают наиболее существенное влияние [2]. Между тем нам известны лишь единичные работы по биоиндикации р. Инсар за последние несколько лет [3; 4].

В этой связи цель нашей работы – провести биоиндикацию воды р. Инсар, используя макрозообентос и флуктуирующую асимметрию рыб.

Материалы и методы.

1. Места отбора проб.

Нами выбрано несколько участков р. Инсар, находящихся в верхнем, среднем и нижнем течении. Выбор участков определялся расположением относительно крупных населённых пунктов и промышленных центров.

Первые два участка мы считаем фоновыми. Они находятся в верхнем течении выше г. Рузаевка.

Участок 1. Расположен в Рузаевском районе в 0,5 км к северу от с. Инсар-Акшино. Точка расположена выше по течению птицефабрики «Авангард». Берега реки пологие, поросшие ивой. Течение быстрое. Ширина реки 3,5–5 м. Грунт песчаный с иловыми наносами.

Участок 2. Расположен в Рузаевском районе в 0,5 км к северу от с. Красное Сельцо (на 7 км ниже по течению участка 1, ниже птицефабрики «Авангард»). Берега реки пологие, поросшие ивой. Течение быстрое. Ширина реки 3,5–5 м. Грунт песчано-каменистый с выходами голубой глины, местами с иловыми наносами.

Участок 3. Расположен в ГО Саранск в 0,5 км к северу от с. Зыково. По этому участку оценивали влияние на гидробионтов Рузаевского промышленного узла. Грунт илисто-песчаный с включениями листового опада. Местами заметны выходы гальки и валунов. Ширина реки 7–8 м. Среди грунта заметны частицы пластика размером 2–6 мм (чаще синего цвета).

В среднем течении выбраны два рядом расположенных участка ниже впадения стоков очистных сооружений г. Саранск для оценки влияния города.

Участок 4. Расположен в Лямбирском районе в 1,5 км на восток от с. Александровка (в 2,5 км ниже выхода стоков очистных сооружений). Берега крутые, поросшие крапивой, кустарниками. Течение быстрое. Ширина реки 8–14 м. Среди частиц грунта часто встречаются кусочки мазута и пластика.

Участок 5. Расположен в Лямбирском районе в 0,5 км на северо-запад от с. Большая Елховка (в 5,5 км ниже выхода стоков очистных сооружений). Берега, поросшие ивой и кустарником. Дно илистое, на быстринах песок с галькой. Ширина реки 8–14 м. Среди частиц грунта часто встречаются кусочки мазута и пластика.

Последний участок находится в нижнем течении и позволяет оценить степень восстановления реки.

Участок 6. Расположен в Ичалковском районе в 1 км на север от с. Бaeво (в 4 км до впадения реки в р. Алатырь). Грунт песчаный, местами заилен. Течение быстрое. Ширина реки 15–18 м.

2. Методы изучения макрозообентоса.

На участках реки в 2016 г. отбирали качественные пробы гидробиологическим сачком. Верхний слой грунта промывали в сачке и сите. Макрозообентос собирали в склянки и фиксировали 70%-ным спиртом. На каждом участке отбирали 12 проб с разных грунтов и берегов. Идентификацию гидробионтов проводили по определителям [5 и др.]. Для оценки степени загрязнения (точнее сапробности) использовали наиболее распространенные показатели: индекс Вудивисса, индекс Майера и индекс Пентле-Букка в модификации М. В. Чертопруды [5].

3. Методы изучения флуктуирующей асимметрии рыб.

Серебряных карасей отлавливали на участках 2, 3, 4, 5 в 2016 и 2017 гг. После чего замораживали до камеральной обработки. В лаборатории с помощью бинокля подсчитывали меристические признаки справа и слева по методике предложенной В. М. Захаровым [6]. Возраст рыб определяли по чешуе [7]. Для анализа для каждого из участков в одну выборку объединяли рыб одного возраста.

Результаты исследования.

1. Состав макрозообентоса.

Итоги изучения 72 проб бентоса на 6 участках р. Инсар отражены в таблице 1. Всего было идентифицировано 625 особей из 37 семейств беспозвоночных животных.

Таблица 1

Состав макробентофауны на разных участках р. Инсар в 2016 г.

Таксон	Выше г. Рузаевка (участок 1)	Выше г. Рузаевка (участок 2)	Ниже г. Рузаевка (участок 3)	Ниже г. Саранск (участок 4)	Ниже г. Саранск (участок 5)	Нижнее течение (участок 6)
1	2	3	4	5	6	7
Oligochaeta - Малощетинковые черви						
сем. Tubificidae	+	–	+	+	+	+
Hirudinea – Пиявки						
сем. Glossiphoniidae	1	–	–	1	1	–
сем. Erpobdellidae	–	–	1	–	–	1
сем. Piscicolidae	–	–	–	–	–	1
Gastropoda – Брюхоногие моллюски						
сем. Planorbidae	1	–	–	–	1	–
сем. Valvatidae	1	–	1	–	–	–
сем. Lymnaeidae	–	1	–	–	–	–
сем. Bithyniidae	–	–	1	–	–	–

Bivalvia – Двустворчатые						
1	2	3	4	5	6	7
сем. Sphaeriidae	–	–	+	–	–	2
сем. Pisidiidae	+	1	+	–	–	–
сем. Euglesidae	–	1	+	–	–	–
Arachnida – Паукообразные						
отр. Acariformes	+	–	–	–	–	–
Insecta – Насекомые						
<i>отр. Odonata - Стрекозы</i>						
сем. Gomphidae	1	1	1	–	–	1
сем. Calopterygidae	1	1	1	–	1	–
сем. Corduliidae	1	–	–	–	–	–
сем. Coenagrionidae	–	–	–	1	1	–
<i>отр. Ephemeroptera - Поденки</i>						
сем. Baetidae	+	+	1	1	+	+
сем. Caenidae	1	1	–	–	–	+
сем. Heptageniidae	–	–	–	–	–	+
<i>отр. Plecoptera - Веснянки</i>						
неопр.	–	+	–	–	–	–
<i>отр. Megaloptera - Вислокрылки</i>						
сем. Sialidae	–	1	–	–	–	–
<i>отр. Hemiptera - Клопы</i>						
сем. Naucoridae	1	–	–	–	–	–
сем. Corixidae	+	1	–	1	–	1
сем. Nepidae	–	–	–	–	1	–
сем. Aphelocheiridae	–	–	1	–	–	–
<i>отр. Coleoptera - Жуки</i>						
сем. Dytiscidae	2	2	1	–	–	–
сем. Gyrinidae	–	–	1	–	–	–
сем. Heteroceridae	–	–	–	1	–	–
сем. Haliplidae	–	–	–	–	–	1
сем. Hydrophilidae	–	–	–	–	–	2
<i>отр. Diptera - Двукрылые</i>						
сем. Tabanidae	1	–	–	–	–	–
сем. Chironomidae	+	+	+	+	+	+

сем. Simuliidae	—	—	+	—	—	+
<i>отр. Trichoptera - Ручейники</i>						
сем. Leptoceridae	1	—	—	—	—	—
1	2	3	4	5	6	7
сем. Goeridae	—	1	—	—	—	—
сем. Hydropsychidae	—	1	—	—	—	—
неопр.	—	—	+	—	—	—
Общее число семейств	17	14	16	7	8	13

2. Оценка состояния реки и использованием биоиндикационных индексов.

Итоги расчета индексов приведены в таблице 2. В таблице указаны также соответствующие этим значениям показатели сапробности, оценка загрязненности и класс качества вод по Росгидромету.

Таблица 2

Биоиндикационные индексы для макрозообентоса р. Инсар

Участок реки	Индекс Вудивисса	Индекс Майера	Индекс Пантле-Букка в модификации М. В. Чертопруды
Выше г. Рузаевка (участок 1)	9 (олигосапробный, чистый, 2 класс)	16 (β-мезосапробный, умеренно загрязненный, 3 класс)	2,58 (α-мезосапробный, загрязненный, 3–4 класс)
Выше г. Рузаевка (участок 2)	8 (олигосапробный, чистый, 2 класс)	19 (олигосапробный, чистый, 2 класс)	1,57 (β-мезосапробный, умеренно загрязненный, 2–3 класс)
Ниже г. Рузаевка (участок 3)	8 (олигосапробный, чистый, 2 класс)	12 (β-мезосапробный, умеренно загрязненный, 3 класс)	2,2 (β-мезосапробный, умеренно загрязненный, 3 класс)
Ниже г. Саранск (участок 4)	6 (β-мезосапробный, умеренно загрязненный, 3 класс)	8 (α-мезосапробный, загрязненный, 4–5 класс)	3 (α-мезосапробный, загрязненный, 4 класс)
Ниже г. Саранск (участок 5)	6 (β-мезосапробный, умеренно загрязненный, 3 класс)	10 (α-мезосапробный, загрязненный, 4 класс)	2,86 (α-мезосапробный, загрязненный, 4 класс)
Нижнее течение (участок 6)	8 (олигосапробный, чистый, 2 класс)	12 (β-мезосапробный, умеренно загрязненный, 3 класс)	2,58 (α-мезосапробный, загрязненный, 3–4 класс)

Анализ таблицы 2 позволяет прийти к некоторым выводам. Сапробность, оцененная по разным индексам, далеко не всегда совпадает. Это объясняется их различной чувствительностью к отдельным группам макробентоса и особенностями методики расчета. Вероятно, наиболее математически обоснованный из них модифицированный индекс Пантле-Букка, поэтому возьмем его за основу при нашем анализе. Уровень сапробности р. Инсар после протекания реки по г. Рузаевка, если судить по индексам, практически не меняется. Но он заметно возрастает после очистных сооружений г. Саранск (участки 4 и 5). Это, конечно, легко объясняется попаданием огромного количества органики со стоками. Тем более, что эти два участка находятся в небольшом отдалении от выхода стоков очистных (2,5 и 5,5 км соответственно). Если обратиться к оценкам сапробности на участке в нижнем течении, то отметим, что по своим значениям он очень близок к участкам до г. Саранска и в особенности к участку 3. Все это позволяет думать, что к нижнему течению за счет разбавления и естественного самоочищения река избавляется от большей части органики. Но нужно всегда иметь в виду, что гидробиологические индексы могут в полной мере не отражать существующего химического загрязнения.

3. Анализ флуктуирующей асимметрии карася серебряного.

Итоги анализа приведены в таблице 3. Флуктуирующая асимметрия отражает степень стабильности развития в раннем онтогенезе и увеличивается с возрастанием стрессового фона (часто в результате загрязнения). Полученные результаты позволяют оценить степень благоприятности водной среды для раннего онтогенеза в период закладки билатеральных меристических признаков.

Таблица 3

Частота асимметричного проявления на признак у серебряного карася на разных участках р. Инсар

Возрастная группа	Участок реки			
	выше г. Рузаевка (участок 2)	ниже г. Рузаевка (участок 3)	ниже г. Саранск (участок 4)	ниже г. Саранск (участок 5)
3+	0,125±0,079 (n=4)	0,155±0,029 (n=13)	—	0,219±0,029 (n=16)
4+	0,195±0,050 (n=6)	0,168±0,043 (n=6)	0,281±0,032 (n=29)	—
5+	—	—	0,375±0,052 (n=8)	—

Исходя из анализа данных, можно заключить, что участки выше г. Саранск между собой сходны. После очистных сооружений г. Саранска ситуация заметно ухудшается. Особенно неблагоприятна среда была в отношении рыб, появившихся на свет в 2013 г. (см. возрастная группа 5+), где частота асимметрии была максимальна. Оказалось, что это вполне соответствует данным Государственных докладов по состоянию окружающей среды в РМ за 2011–2015 гг., где отмечено, что качество воды р. Инсар ниже г. Саранска в период с 2011 по 2015 гг. подвергалось значительным изменениям, а самые высокие уровни загрязнения были отмечены в 2011, 2013 и 2015 гг.

Заключение.

Результаты биоиндикации 6 участков р. Инсар показывают, что биота заметно реагирует на масштабные поступления поллютантов. При этом, по нашим данным, оказалось, что гидробионты слабо реагируют на загрязнения от Рузаевского промышленного узла. Загрязнение это, безусловно, присутствует, но, вероятно, гидробионты к нему адаптировались. Ситуация может также объясняться относительно небольшим поступлением органических веществ, которые прежде всего и ответственны за изменение сапробности. Со стоками г. Саранска, напротив, помимо химических компонентов поступает много органических веществ, которые резко повышают сапробность. Это приводит к выпадению из комплекса макрзообеноса большинства групп. В нижнем течении за счет процессов самоочищения и разбавления вод притоками водная среда вновь становится относительно благоприятной для гидробионтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсеева Т. И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студ. вузов. – М.: Академия, 2007. – 288 с.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Республике Мордовия в 2015 году / редкол.: В. Т. Шумкин, В. М. Максимкин, А. Н. Макейчев, И. А. Новиков [и др.]. – Саранск, 2016. – 192 с.
3. Каменев А. Г. Биоиндикация вод малых рек Мордовского Присурья (река Инсар) // Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды. – Тольятти: Волжский университет им. В. Н. Татищева, 2004. – С. 175–178.
4. Лукиянов С. В. Оценка влияния Саранско-Рузаевского промышленного узла на качество водной среды с использованием флуктуирующей асимметрии рыб // Биоэкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы.

Мат. 3-й Всерос. науч.-практ. конф., Самара, 14 ноября 2014 г. – Самара: ПГСГА, 2014. – С. 122–126.

5. Чертопруд М. В., Чертопруд Е. С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 179 с.

6. Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И. и др. Здоровье среды: методика оценки. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

7. Кузнецов В. А., Альба Л. Д., Андрейчев А. В. и др. Методы полевых зоологических исследований : учеб. пособие / под общ. ред. проф. В. А. Кузнецова. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – 236 с.