

© Е.Ф. ФЕДОРОВ, Н.А. КАЛИНЕНКО

eugen.fed@mail.ru

УДК 597-15+597.556.3

ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИХТИОФАУНЫ РЕКИ ИШИМ НА ЮГЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ. Изучены состав и обилие видов ихтиофауны трех участков реки Ишим на юге Тюменской области. Проведен анализ изменчивости пластических и меристических признаков у леща, плотвы и окуня. Показана взаимосвязь изменений с уровнем антропогенной нагрузки на реку.

SUMMARY. The authors of the article have studied the composition and abundance of species of ichthyological fauna of 3 parts of Ishim River in the south of the Tyumen Region. The analysis of variability of plastic and count characteristics of bream, roach and perch has been given.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Река Ишим, ихтиофауна, видовое богатство, счетные и пластические признаки, антропогенная нагрузка.

KEY WORDS. Ishim river, ichthyological fauna, species abundance, count and plastic characteristics, antropogenic load.

В настоящее время состояние рыбных ресурсов в Тюменской области оценивается как удовлетворительное, но, несмотря на это, необходим постоянный контроль за численностью рыб, видовым разнообразием и состоянием природных популяций [1]. Повышение нагрузки на водные объекты является объективным обстоятельством, так как основой мирового хозяйства служат «мокрые» технологии, использующие воду, которая в результате оказывается очень грязной [2].

Рыбы являются основными объектами биоты реки, завершают водную пищевую цепь, живут достаточно долго и способны накапливать вредные для себя и человека вещества. Степень трансформации и деградации структуры сообществ, распределения и численности разных видов рыб, видовой состав позволяют говорить о той или иной степени загрязненности среды обитания. Особенностью рыбных сообществ можно считать мощные физиолого-биохимические механизмы адаптации к кратковременным изменениям водной среды. Однако длительное неблагоприятное воздействие приводит к ломке адаптационных механизмов, что у отдельных особей проявляется в угнетении основных жизненных процессов, тератогенных изменениях, а в надорганизменных уровнях возможно даже исчезновение популяции из местообитания. Исходя из вышесказанного, для получения интегральной оценки состояния гидрозкосистемы удобно использовать как биоиндикатор рыбное население [3], [4], [5].

Целью настоящей работы явился анализ видового разнообразия рыб р. Ишим и эколого-морфологическая характеристика отдельных представителей ихтиофауны (плотва, лещ и окунь) в условиях различного антропогенного воздействия.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования является видовой состав ихтиофауны р. Ишим на юге Тюменской области, а также изменчивость пластических и счетных признаков у плотвы, леща и окуня. Отлов

материала производился в течение четырех месяцев 2008 г. (июнь-сентябрь) на трех створах в пределах Ишимского района (рис. 1).

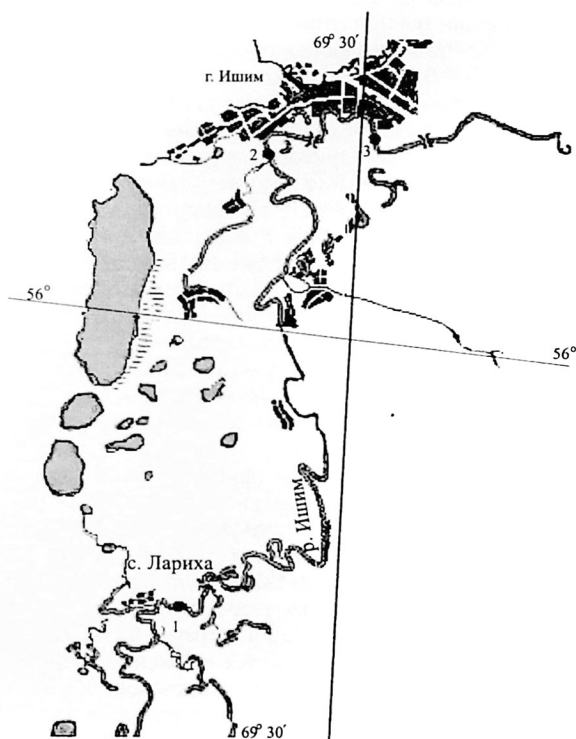


Рис. 1. Карта-схема территории Ишимского района с указанием мест сбора ихтиологического материала

Расположение контрольных створов планировалось с учетом характера антропогенной нагрузки. Створ №1 характеризуется преимущественным влиянием сельского хозяйства на речное русло. На участок реки в районе створа №2 наблюдается комбинированное воздействие сельского хозяйства и незначительно урбанизированной среды пригорода Ишима. Створ №3 — это преимущественное влияние недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод и биогенного загрязнения фекального происхождения [6], [7].

Створ №1 рассматривается как контрольный, то есть он в некоторой степени отражает фоновое состояние гидроэкосистемы р. Ишим на юге Тюменской области, в то время как створы № 2 и 3 трансформированы значительным антропогенным воздействием города и пригорода.

На каждом створе формировался порядок из четырех стандартных ставных сетей из монофиламентов (ячей 18, 20, 35, 70 мм) — самые крупные устанавливались выше по течению, далее, с интервалом 7-10 метров, остальные сети. Время постановки сетей для отлова ихтиологического материала составляло

десять часов светлого времени суток. Камеральная обработка ихтиологического материала проводилась по общепринятым методикам [8]. Видовую принадлежность рыб устанавливали по определителю [9].

Для объективизации оценки относительного обилия вида в уловах принято следующее деление их по значимости: редкий вид — $\leq 0,1\%$, малочисленный — $0,1-1,0\%$, обычный — $1,1-5,0\%$, субдоминант — $5,1-10,0\%$, доминант — $> 10\%$, супердоминант — $> 50\%$ от общей численности улова.

Применение морфологического метода в данных условиях открывает широкие возможности для изучения адаптационных процессов в системах популяций. Большинство морфологических признаков рыб не зависит от роста и обеспеченности пищей. Как правило, они очень рано, в частности, пластические и счетные, проявляются в онтогенезе, не изменяются с возрастом и могут использоваться как индивидуальные и популяционные маркеры, отражающие характеристики морфогенетического гомеостаза [10]. Морфометрическому анализу подвергались окунь, плотва и лещ. Возраст рыб варьировался от 1+ до 4+ (5+ для леща). Первые два вида анализировались как наиболее распространенные (доминанты), а лещ рассматривается как перспективный промысловый вид в ихтиофауне реки. Учитывалось 17 пластических и 4 счетных признака. Окунь анализировался только по счетным признакам. Важнейшими статистическими показателями являются дисперсия (σ^2) и среднее квадратичное отклонение (S_x), которые позволяют описать не только величину, но и специфику варьирования признаков [11]. Статистическую обработку проводили с использованием компьютерного приложения Statan-2008 (автор — д.б.н. С.Н. Гашев, кафедра зоологии и ихтиологии ТюмГУ, г. Тюмень, 2008).

Результаты и обсуждение. Ихтиофауна р. Ишим на юге Тюменской области включает в себя представителей понто-каспийского пресноводного (лещ, уклейка) и бореально-равнинного (плотва, щука, окунь, судак, ерш, сибирский елец) фаунистических комплексов. Полный состав и встречаемость видов в анализируемых створах представлен в табл. 1. Наблюдается снижение количества выловленных особей рыб от створа №1 к №3, что может служить показателем неблагоприятных условий обитания, изменяется также структура ихтиоценоза. В наиболее загрязненных условиях створа №3 на доминирующие позиции выходят окунь, плотва и щука, в то время как полностью из ихтиоценоза в этом районе выпадают судак, сибирский елец, ерш и лещ. Уклейка почти в 10 раз уменьшает свое присутствие по сравнению со створом №2. На всем этом фоне значительной трансформации ихтиоценоза от створа №1 к №2 не обнаружено. Более ранние исследования указывают на усиление доминирующих позиций трех экологически пластичных видов — окуня, щуки и плотвы — в бореальных равнинных водоемах Европы, подверженных влиянию антропогенной нагрузки [12], [13].

Таблица 1

Состав и относительное обилие видов рыб, обитающих на исследуемых створах р. Ишим.

Виды рыб	Створ №1	Створ №2	Створ №3
Отряд 1. <i>Esociformes</i> — Щукообразные			
Семейство 1. <i>Esocidae</i> — Щуковые			
1. <i>Esox lucius</i> (Linnaeus, 1758) — щука обыкновенная	Обычный (4,3%)	Обычный (1,4%)	Доминант (32,7%)

Окончание табл. 1

Отряд 2. <i>Perciformes</i> — Окунеобразные Семейство 2. <i>Percidae</i> — Окуневые 2. <i>Perca fluviatilis</i> (<i>Linnaeus, 1758</i>). — обыкновенный окунь.	Доминант (12%)	Доминант (12,8%)	Доминант (19,8%)
3. <i>Sander lucioperca</i> (<i>Linnaeus, 1758</i>) — обыкно- венный судак	Малочисленный (0,9%)	Малочисленный (0,8%)	Отсут- ствует
4. <i>Gumnocephallus cernuus</i> (<i>Linnaeus, 1758</i>) — обыкновенный ерш.	Доминант (10,6%)	Доминант (11,4%)	Отсут- ствует
Отряд 3. <i>Cypriniformes</i> — Карпообразные Семейство 3. <i>Ciprinidae</i> — Карповые 5. <i>Abramis brama</i> (<i>Linnaeus, 1758</i>) — лещ.	Обычный (5%)	Субдоминант (6%)	Отсут- ствует
6. <i>Alburnus alburnus</i> (<i>Linnaeus, 1758</i>) — уклейка	Доминант (16,9%)	Доминант (30%)	Обычный (4,3%)
7. <i>Leuciscus leuciscus</i> <i>baicalensis Dybowski</i> — сибирский елец.	Субдоминант (7,3%)	Обычный (3,1%)	Отсут- ствует
8. <i>Rutilus rutilus</i> (<i>Linnaeus,</i> <i>1758</i>) — плотва	Доминант (43%)	Доминант (34,5%)	Доминант (43,2%)
Объем выборки	563	352	163

Анализ индексов разнообразия (табл. 2) по исследуемым створам выявляет снижение индексов видового разнообразия, выравненности, упругой и общей устойчивости и повышается индекс доминирования Симпсона, что характерно для трансформированных, нарушенных сообществ, и, в определенной степени, обусловлено неблагоприятным действием сноса токсичных веществ с территории города и хозяйственно-бытовых сточных вод.

Таблица 2

Видовое биоразнообразие сообществ рыб

Индексы биоразнообразия	Створ № 1	Створ № 2	Створ № 3
Индекс видового богатства, R	9,12	9,12	3,91
Индекс видового разнообразия Шеннона, H	-1,67	-1,60	-1,18
Индекс видового разнообразия Симпсона, D	0,75	0,75	0,66
Индекс доминирования Симпсона, C	0,23	0,25	0,34
Индекс выравненности Пиелу, E	-1,80	-0,77	-0,85
Упругая устойчивость системы, UU	9,41	9,41	5,39
Резистентная устойчивость системы, UR	1,12	1,12	1,51
Общая устойчивость системы, U	10,53	10,53	6,89

Таблица 3

Пластические признаки плотвы

Признаки	Статистические показатели															F
	Створ № 1 (n = 97)					Створ № 2 (n = 95)					Створ № 3 (n = 70)					
	\bar{x}	min	max	σ^2	S_x	\bar{x}	min	max	σ^2	S_x	\bar{x}	min	max	σ^2	S_x	
r/c	0,230	0,210	0,267	0,0004	0,020	0,258	0,205	0,320	0,0017	0,041	0,279	0,170	0,473	0,0112	0,108	
o/c	0,250	0,200	0,280	0,0006	0,025	0,261	0,218	0,296	0,0010	0,032	0,251	0,176	0,421	0,0051	0,073	
po/c	0,478	0,367	0,533	0,0025	0,050	0,480	0,400	0,533	0,0017	0,042	0,452	0,333	0,647	0,0103	0,101	
hc/c	0,783	0,632	0,870	0,0040	0,068	0,765	0,666	0,821	0,0037	0,060	0,745	0,605	1,090	0,0276	0,166	
c/l	0,231	0,217	0,286	0,0004	0,019	0,235	0,214	0,258	0,0002	0,015	0,241	0,157	0,284	0,0015	0,039	
H/l	0,304	0,280	0,347	0,0005	0,022	0,309	0,286	0,352	0,0004	0,020	0,299	0,258	0,348	0,0009	0,031	
aD/l	0,536	0,514	0,565	0,0002	0,015	0,547	0,505	0,575	0,0006	0,024	0,553	0,516	0,605	0,0006	0,026	
pD/l	0,344	0,314	0,384	0,0003	0,018	0,348	0,325	0,391	0,0005	0,023	0,370	0,293	0,424	0,0011	0,034	
hD/lD	1,510	1,230	1,830	0,0300	0,170	1,432	1,096	1,711	0,0417	0,204	1,587	1,230	1,933	0,0756	0,274	
hA/lA	0,970	0,645	1,294	0,0610	0,248	1,035	0,687	1,294	0,0453	0,213	1,083	0,783	1,294	0,0319	0,178	
pl/l	0,263	0,239	0,299	0,0003	0,018	0,267	0,241	0,290	0,0002	0,016	0,269	0,250	0,327	0,0005	0,022	
PV/l	0,255	0,250	0,273	0,0002	0,014	0,261	0,253	0,276	0,0001	0,006	0,265	0,250	0,301	0,0002	0,014	
VA/l	0,228	0,198	0,242	0,0001	0,012	0,232	0,201	0,258	0,0002	0,016	0,218	0,183	0,252	0,0004	0,022	
Среднее				0,0077	0,053				0,0074	0,054				0,0128	0,083	

Примечание

- — различия между σ^2 створов № 1 и 2 статистически достоверны ($P < 0,05$).
- — различия между σ^2 створов № 1 и 3 статистически достоверны ($P < 0,05$).
- — различия между σ^2 створов № 2 и 3 статистически достоверны ($P < 0,05$).

Таблица 4

Пластические признаки леща

Признаки	Статистические показатели									
	Створ №1 (n=29)					Створ №2 (n=21)				
	\bar{x}	min	max	σ^2	S_x	\bar{x}	min	max	σ^2	S_x
r/c	0,317	0,242	0,446	0,0076	0,087	0,304	0,264	0,366	0,0012*	0,035
o/c	0,272	0,200	0,333	0,0015	0,039	0,263	0,192	0,324	0,0015	0,039
po/c	0,473	0,416	0,526	0,0015	0,039	0,482	0,384	0,535	0,0024	0,049
hc/c	0,729	0,645	0,944	0,0127	0,113	0,722	0,629	0,918	0,0120	0,109
c/l	0,210	0,193	0,226	0,0001	0,010	0,208	0,186	0,226	0,0002*	0,014
H/l	0,384	0,357	0,440	0,0006	0,025	0,380	0,333	0,426	0,0005	0,023
aD/l	0,547	0,505	0,627	0,0020	0,045	0,546	0,473	0,645	0,0023	0,048
pD/l	0,337	0,311	0,362	0,0002	0,016	0,337	0,296	0,373	0,0006*	0,025
hD/lD	1,918	1,400	2,330	0,0688	0,262	1,903	1,465	2,333	0,0760	0,275
hA/lA	0,816	0,784	0,833	0,0004	0,021	0,651	0,566	0,750	0,0034*	0,058
pl/l	0,251	0,231	0,279	0,0003	0,017	0,248	0,213	0,300	0,0005*	0,023
PV/l	0,271	0,222	0,320	0,0011	0,034	0,270	0,233	0,309	0,0010	0,031
VA/l	0,164	0,133	0,200	0,0005	0,023	0,167	0,131	0,218	0,0009	0,030
Среднее σ^2				0,0074	0,056				0,0078	0,058

Примечание. * — различия между створом № 1 и № 2 по σ^2 статистически достоверны (P<0,05).

Таблица 5

Счетные признаки

Створ	n	l.l.		D		A		Sp. br.	
		Lim		Lim		Lim		Lim	
Плотва									
№1	97	40-44	42,7	9-11	10,2	9-12	10,9	12-16	14,0
№2	95	39-43	42,3	9-12	11,1	9-12	10,4	11-16	13,4
№3	70	40-45	44,6	10-12	11,4	10-12	11,3	12-17	14,7
Лещ									
№1	29	50-53	52,0	8-11	9,3	23-27	26,1	20-24	23,6
№2	21	52-54	52,6	7-11	9,4	24-28	27,2	21-25	24,3
Окунь									
№1	70	45-48	46,8	7-9	8,2	16-18	17,4	17-21	20,2
№2	45	44-49	46,1	7-9	8,4	15-18	17,6	18-22	21,1
№3	32	44-49	48,3	7-10	8,5	14-19	16,9	16-20	17,8

Табл. №№ 3, 4 и 5 отражают морфологические особенности плотвы, леща и окуня в исследуемых створах реки Ишим. У плотвы повышаются показатели дисперсии от створов №1 к №3 практически по всем пластическим признакам. Максимальный уровень σ^2 наблюдается у показателя hD/lD (0,0756) у плотвы из створа №3 и у леща из створа №2 (0,0760). Кроме того, высокие показатели

величины варьирования признаков выявлены у индексов hc/c , $г/c$ и po/c одновременно и у плотвы и у леща. И только показатели дисперсии $hA/1A$ у плотвы выше средней величины, а у леща принимают минимальные значения. Также минимальные значения σ^2 у плотвы зафиксированы по $VA/1$, $PV/1$, $pl/1$, $pD/1$, $aD/1$, $H/1$ и $c/1$, что может говорить о стабильности данных признаков в рассматриваемых выборках. Подобная картина наблюдается и в выборке леща.

Средние показатели дисперсии по створам №1 и №2 аналогичны и у плотвы и у леща. Они варьируются в пределах 0,0074-0,0078. Подобным образом ситуация складывается и по средним величинам показателя S_x (0,053-0,058). Наибольшая средняя дисперсия наблюдается в выборке плотвы из створа №3 (0,0128), в меньшей степени на этом участке возрастает среднее S_x (от 0,054 до 0,083).

Статистически достоверные различия σ^2 наблюдаются у подавляющего большинства анализируемых признаков плотвы, причем между выборками со всех створов. Интересно то, что средние величины σ^2 у плотвы между створами №1 и №2 статистически не различаются. Это говорит о том, что σ^2 по отдельным параметрам в данных выборках растет не только от створа №1 к №2, но и в обратном направлении, что в итоге нивелирует отличия по всей выборке. У леща достоверно отличаются только параметры $г/c$, $c/1$, $pD/1$, $hA/1A$ и $pl/1$.

Анализ счетных признаков плотвы, леща и окуня позволяет говорить о нестабильности их проявления при продвижении от створа №1 к №3. Наиболее стабильным счетным признаком по всем трем видам можно считать число ветвистых лучей в спинном плавнике (D), а наиболее нестабильными — это $l.l$ и $Sp. br$. Высокими отклонениями характеризуются счетные признаки у окуня и плотвы из выборки створа №3. Увеличивается диапазон показателя Lim , а также и средние значения анализируемых счетных признаков.

Выводы.

С каждым годом уровень воды в р. Ишим устойчиво снижается. Вкупе со стабильно высоким уровнем антропогенного воздействия на речное русло это создает угрозу превышения ПДК токсичных веществ [6]. Уменьшение абсолютной численности рыб, снижение индексов видового разнообразия, а также выпадение из сообществ отдельных видов от створа №1 к №3 — все это говорит о неблагоприятном влиянии городского хозяйства и сточных вод на ихтиофауну реки.

В ходе исследования выявились близкие морфологические различия параметров у плотвы и леща в зоне влияния сельского хозяйства (створ №1) и умеренного антропогенного воздействия (створ №2), что выразилось в сходных значениях σ^2 и S_x по многим пластическим и счетным признакам. Отличие заключается в том, что у леща эти различия, в большинстве своем, статистически недостоверны, а у плотвы — достоверны. Очевидно, можно говорить об относительном сходстве механизмов адаптации у плотвы и леща к умеренному антропогенному воздействию. В более жестких условиях (створ №3) лещ не обитает, что говорит об ограниченности его адаптационных способностей (пластичности). Плотва из створа №3 отличается не только измененными морфологическими параметрами, но и нарушением стабильности развития [14].

Учитывая статистически значимые отличия по дисперсии большинства анализируемых признаков у плотвы, можно говорить о существовании определенного механизма адаптации к стрессовым антропогенным воздействиям (прежде всего — усилении биогенного загрязнения и, как следствие, нарушении кисло-

родного режима), что позволяет плотве доминировать во всех исследуемых створах р. Ишим среди нехищных рыб.

Окунь, как достаточно пластичный в экологическом отношении вид, также проявляет высокую морфологическую изменчивость счетных признаков от створа №1 к №3. В наиболее напряженном в экологическом смысле участке окунь занимает доминирующее положение за счет того, что вытесняет других хищников, и за счет того, что увеличивается относительная численность основного кормового ресурса — плотвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеенко Т. И. Морфофизиологическая перестройка организма рыб под влиянием загрязнения // Экология. 2000. №6. С. 463-472.
2. Котляков В.М. Природа России испытывает двойную нагрузку // Вестн. РАН. 1992. Вып. 8. С. 67-74.
3. Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: ВО «Агропромиздат», 1987. 239 с.
4. Шуйский В.Ф., Максимова Т.В., Петров Д.С. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений // Сб. научн. докл. VII междунар. конф. «Экология и развитие северо-запада России». С.-Петербург, 2 -7 авг. 2002 г. СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2002. С. 25-45.
5. Петлина А.П., Юракова Т.В. и др. Гидробионты малых водотоков нижней Томи и их значение в оценке экологической ситуации водоемов // Сибирский экологический журнал. 2000. № 3. С. 323-335.
6. Калинин Н. А., Федоров Е. Ф. Неорганические формы азота в водах реки Ишим // Естественные науки и экология: Межвуз. сб. науч. трудов. Вып. 12. Омск: изд-во ОмГПУ, 2008. С. 129-132.
7. Обзор. Экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области. Тюмень, 2005. 210 с.
8. Правдин И.Ф.: Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая пром-сть, 1966. 224 с.
9. Веселов Е.А. Определитель пресноводных рыб фауны СССР. М.: Просвещение, 1977. 238 с.
10. Слынько Ю.В., Кияшко В.И. Морфологический анализ массовых видов рыб // Экологическое состояние малых рек Верхнего Поволжья / Отв. ред. В. Г. Папченко. М.: Наука, 2003. С. 155-164 .
11. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
12. Penczak, T., Gomes, L.C. Impact of engineering on fish diversity and community structure in the Gwda River basin, north Poland // Pol. Arch. Hydrobiol. 2000. V. 47 . № 1. P. 131-142.
13. Николаев С.А. Антропогенные сукцессии ихтиоценозов малых рек бассейна Рыбинского и Горьковского водохранилищ // Биоценология рек и озер Волжского бассейна. Ярославль, 1985. С. 77-86.
14. Федоров Е. Ф., Калинин Н. А. Стабильность развития в природной популяции *Rutilus rutilus* L. реки Ишим юга Тюменской области. // Урбозкосистемы: проблемы и перспективы развития: М-лы IV междунар. научно-практ. конф. / Отв. ред. Н.Н. Никитина. Вып. 4. Тюмень: Тюменский издательский дом, 2009. С. 322-325.