

**С.В. ЯКОВЛЕВ**  
(Волгоград)

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ИХТИОФАУНЫ ВОДОЕМОВ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ**

*Рассматривается влияние различных антропогенных факторов, присутствующих на водоемах Волго-Ахтубинской поймы, на различные показатели ихтиофауны.*

*Ключевые слова: региональные системы мониторинга, ихтиофауна, биологическое разнообразие, водоем, экологический и экоаналитический контроль, оценка качества природных экосистем*

В пределах Волгоградской области Волго-Ахтубинская пойма (ВАП) простирается на расстоянии около 100 км, ширина поймы достигает 30 км, площадь составляет около 194 тыс.га. Постоянно под водой находится 38,7 тыс.га (22,2%). Из них озера занимают 25,9 тыс. га (14,2%); ерики – 12,8 тыс.га (8,0%) [16].

Нижняя Волга характеризуется богатым видовым составом и разнообразием систематических и экологических групп рыб. Это объясняется полноводностью основного водотока – реки Волги, близостью Каспийского моря, климатическими условиями региона, наличием нерестовых площадей в дельте Волги и Волго-Ахтубинской пойме.

По литературным источникам [6; 8; 15] и нашим наблюдениям в период 1994 – 2013 гг. в озерах и ериках Волго- Ахтубинской поймы, в руслах реки Волги и ее рукаве Ахтубе в общей сложности встречается 52 вида рыб. Постоянно обитают в ериках и озерах 20 видов рыб. Но лишь 11 из них являются относительно многочисленными.

Наиболее сложной экологической группой в структуре водных экосистем по праву можно считать ихтиофауну. Во-первых, эта группа животных в подавляющем большинстве случаев замыкает пищевую пирамиду энергетических потоков всего эконозоа. Во-вторых, она оказывает непосредственное влияние на большинство остальных групп животных и растений. В-третьих, она испытывает максимальную антропогенную нагрузку, включающую не только изменение характеристик среды обитания, но и непосредственное воздействие человека в виде промысла, любительского и браконьерского лова, искусственного воспроизводства и т.д. В-четвертых, на количественный и качественный состав ихтиокомплекса в значительной степени влияют не только условия самой водной среды, но и характеристика береговых участков, являющихся местами нереста в весенний период. И в-пятых, эта группа наиболее подвижна и может перемещаться как внутри водоема, так и между водоемами, так и активно избегать учетных орудий лова, что вносит определенные коррективы при проведении научных исследований.

В отличие от большинства других объектов водной экосистемы, легко объединяемых в несколько экологических групп, каждый вид рыб имеет свой индивидуальный набор характеристик, связанный с особенностями обитания, численности, питания, размножения, требовательности к условиям среды, локализации в определенных нишах водоема, нерестовыми и пищевыми миграциями, воздействием различных орудий лова и т.д.

Задачей данной работы была попытка вычленить влияние различных антропогенных факторов, присутствующих на водоемах Волго-Ахтубинской поймы на различные показатели ихтиофауны. Сложный математический анализ производился на основании материалов, собранных на разнотипных водоемах Поймы на протяжении ряда лет.

На материалах, собранных в летне-осенний период (август-октябрь) 2008, 2009 и 2010 гг. сделана попытка оценить состояние ихтиоценозов ряда водоемов верхнего участка Волго-Ахтубинской поймы на основе мультиметрического индекса (ММИ).

Оценка состояния ихтиоценозов водоемов производилась по показателям, характеризующим их различные функциональные и структурные особенности, широко применяемые и апробированные в гидробиологических и ихтиологических исследованиях: численность, биомасса, количество выявленных видов, информационный индекс Шеннона, индекс доминирования по Симпсону, индекс видового богатства по Маргалёфу, индекс выравненности по Пиеллу, Комбинированный индекс состояния сообщества (КИСС), индекс доминирования Бергера-Паркера и полученный нами коэффициент требовательности к условиям среды (КТУ).

Таблица 1

## Бальная шкала оценки показателей состояния ихтиоценоза в озерах Волго-Ахтубинской поймы

Баллы	Видовое богатство	Численность на 100м <sup>2</sup>	Биомасса на 100м <sup>2</sup>	КТУ	Индекс Шеннона	Индекс доминирования по Симпсону	Индекс видового богатства по Маргалёфу	Индекс выравненности по Пиеллу	КИСС	Индекс доминирования Бергера-Паркера	Сложность	Абсолютная организация
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0 – 2,00	0 – 14	0 – 35	0 – 2,85	0 – 0,15	1,0 – 0,95	0 – 0,40	0 – 0,25	80,0 – 65,1	1,2 – 0,94	0,50 – 0,69	0 – 0,06
2	2,01 – 3,55	15 – 700	36 – 1500	2,86 – 2,99	0,16 – 0,35	0,94 – 0,85	0,41 – 0,95	0,26 – 0,50	65,0 – 58,1	0,93 – 0,88	0,70 – 0,92	0,07 – 0,19
3	3,56 – 5,10	701 – 1400	1501 – 3000	3,00 – 3,12	0,36 – 0,55	0,84 – 0,75	0,96 – 1,55	0,51 – 0,70	58,0 – 51,1	0,87 – 0,82	0,93 – 1,16	0,20 – 0,38
4	5,11 – 6,65	1401 – 2000	3001 – 4500	3,13 – 3,26	0,56 – 0,75	0,74 – 0,65	1,56 – 2,10	0,71 – 0,95	51,0 – 43,8	0,81 – 0,74	1,17 – 1,39	0,39 – 0,56
5	6,66 – 8,20	2001 – 2800	4501 – 6000	3,27 – 3,39	0,76 – 0,95	0,64 – 0,55	2,11 – 2,65	0,96 – 1,15	43,7 – 36,7	0,73 – 0,67	1,40 – 1,62	0,57 – 0,75
6	8,21 – 9,75	2801 – 3500	6001 – 7500	3,40 – 3,53	0,96 – 1,15	0,54 – 0,45	2,66 – 3,25	1,16 – 1,40	36,6 – 29,6	0,66 – 0,59	1,63 – 1,85	0,76 – 0,93
7	9,76 – 11,30	3501 – 4150	7501 – 9000	3,54 – 3,67	1,16 – 1,35	0,44 – 0,35	3,26 – 3,80	1,41 – 1,60	29,5 – 22,4	0,58 – 0,52	1,86 – 2,08	0,94 – 1,12
8	11,31 – 12,90	4151 – 4850	9001 – 10500	3,68 – 3,80	1,36 – 1,55	0,34 – 0,25	3,81 – 4,35	1,61 – 1,85	22,3 – 15,3	0,51 – 0,44	2,09 – 2,31	1,13 – 1,30
9	12,91 – 14,45	4851 – 5550	10501 – 12000	3,81 – 3,94	1,56 – 1,75	0,24 – 0,15	4,36 – 4,90	1,86 – 2,05	15,2 – 8,2	0,43 – 0,37	2,32 – 2,54	1,31 – 1,49
10	14,46 – 16,00	5551 – 6250	12001 – 13500	3,95 – 4,07	1,76 – 2,00	0,15 – 0	4,90 – 5,50	2,06 – 2,30	8,1 – 1,0	0,36 – 0,28	2,55 – 2,80	1,50 – 1,67

Учитывая неоднозначность прямых количественных показателей – численности и биомассы рыб, значение которых может быть весьма велико даже при неблагоприятных экологических условиях (концентрация в результате естественного обмеления водоема и т.д.), мы использовали параллельно две таблицы, содержащие по 10 критериев. Во второй таблице мы заменили численность и биомассу на два критерия, также часто используемых в экологических исследованиях: сложность и абсолютная организация видового состава рыб водоема.

Для удобства анализа весь спектр значений оценивался в баллах. Размах величин значений каждого показателя ранжировался по реальным показателям из наших материалов в десятибалльной системе по возрастанию к оптимуму (таблица 1).

Анализ данных по связи ММИ по ихтиоценозу с уровнем антропогенной нарушенности и с ММИ по бентосу в целом показал:

1. ММИ-1 ихтиоценоза колеблется достаточно в широких пределах, от 25,8 в оз.Б.Невидимка (2010 г.), до 67,2 в Булгаковском затоне (2008 г.). ММИ-2 ихтиоценоза – от 26,8 в оз.Садок (2010 г.) до 80,6 в оз.Чичеры (2008 г.).

2. Среднее значение показателя ММИ-1 по 44 водоемам составило  $53,5 \pm 6,25$  балла и ММИ-2 составило  $63,4 \pm 8,08$  балла.

3. Средние значения выше 50 при небольшом среднем отклонении. Этот показатель характеризует большинство водоемов как благоприятные для ихтиофауны. При меньших значениях ММИ можно говорить о влиянии на ихтиоценоз негативных воздействий естественного или антропогенного характера.

Таблица 2

Распределение водоемов выборки по ММИ – ихтиофауна

Интервал ММИ	Количество водоемов в выборке		Состояние ихтиоценоза
	ММИ-1	ММИ-2	
20 – 30	1	1	Критическое
31 – 40	3	2	Очень плохое
41 – 50	20	6	Плохое
51 – 60	40	14	Уязвимое
61 – 70	15	36	Удовлетворительное
71 – 80	0	19	Нормальное
81 – 90	0	1	Хорошее
90-100	0	0	Очень хорошее

4. Интегрированный показатель ММИ-2 оказался более презентабельным, разделив характеристику водоемов на большее количество групп. При этом произошло явное смещение количества водоемов в сторону благополучного экологического состояния для ихтиофауны. По нашей экспертной оценке такое распределение более соответствует истинному состоянию ихтиокомплексов водоемов.

5. К ихтиоценозам, находящимся в критическом состоянии, относятся таковые в оз.Б.Невидимка (2010 г.) по ММИ-1 и оз.Садок (2010 г.) по ММИ-2;

6. В озере Б.Невидимка в 2009 и 2008 гг. данные показатели были значительно выше. При этом прослеживается четкая тенденция к снижению ММИ от 2008 к 2010 г (ММИ-1 – **58,9; 48,0; 25,8**; ММИ-2 – **72,6; 55,7 и 32,9** соответственно). Данный факт свидетельствует о неблагоприятных процессах, происходящих в водоеме. При этом в других озерах такой картины не наблюдается. Подобная тенденция присутствует и в бентоценозе (2008 – **78**, 2009 – **63**).

7. ММИ для водоемов в разные годы может колебаться, однако резкого изменения уровня целостности, установленного с помощью ММИ, как правило не происходит. Однако, встречаются и исключения (озера Чичеры и Петровский Лиман в 2009 году). Возможно, что это связано с недостаточной повторностью контрольных обловов, т.к. в некоторых водоемах наблюдаются также качественные и количественные различия в видовом составе контрольных обловов.

8. Объединенный показатель антропогенной нагрузки слабо коррелирует с обоими значениями ММИ-ихтиофауна, причем корреляция была обратной. Некоторые компоненты комплексного показателя антропогенной нагрузки (АН) показали более высокую корреляцию и ММИ-ихтиофауна, чем с АН в целом (таблица 3).

Таблица 3

## Коэффициенты корреляции ММИ-ихтиофауна с различными антропогенными факторами

Показатели	ММИ1 ихтиофауна	ММИ2 ихтиофауна
Наличие поселений на территории, прилегающей к ВБУ	0.100	0.051
Интенсивность земледелия на прилегающей территории (в масштабе 1:5)	0.039	0.054
Сенокос в полосе 100 м от ВБУ	0.267	0.322
Интенсивность выпаса РС в полосе 100 м от ВБУ	-0.105	0.006
Масштаб выпаса РС по периметру ВБУ	-0.107	0.010
Наличие ферм или летников рядом с ВБУ (расстояние)	-0.220	-0.129
Антропогенное нарушение гидрорежима	-0.505	-0.560
Дополнительные источники загрязнения	-0.235	-0.212
Туристические стационары в прибрежной полосе	-0.267	-0.275
Эксплуатация биоресурсов	-0.087	-0.033
Общий показатель антропогенной нагрузки	-0.254	-0.168

Таблица 4

## Антропогенные факторы в озерах Волго-Ахтубинской поймы.

Антропогенные факторы	Небольшие воздействия в прошлом (выпас), дорожная сеть вблизи	Экстенсивное с/х (выпас, сенокос) Активная рекреация	Интенсивное с/х (пашня)	Урбанизация (в черте сельских поселений)	Урбанизация (в черте городских поселений)	Дноуглубления (за последние 10-20 лет)	Загрязнение из точечных источников (фермы, предприятия)	Антропогенное нарушение гидрорежима: ГТС, дорожные дамбы, забор воды	Антропогенное нарушение гидрорежима: блокирование притока обвалованными территориями	Аквакультура и добыча биоресурсов	ИТОГО
Максимальное число баллов	10	20	30	40	50	10	10	10	10	10	100
Бесчастное		20				0	0	0	0	8	28
Клешни				40		0	0	10	0	6	56
Клетское				40		10	0	10	0	8	68
Запорное				40		10	0	10	10	6	76
Лебединое		20				0	0	0	0	2	22
Васино				40		0	0	10	10	0	60
Бол.Неведимка	10					0		10	0	2	22
Мал.Неведимка	10					0		10	0	2	22
Гусиный лиман		20				0	2	0	0	6	28
Дубок		20				0	0	0	0	6	26
Золотое	10					0	0	10	0	4	24
Казачка			30			0	0	10	0	6	46
Калач		20				0	0	0	0	6	26
Давыдкино		20				0	0	4	0	4	28
Кожуры		20				0	0	0	0	6	26
Мутное-1 (ер. Бештанник 1)		20				0	0	0	0	6	26

Продолжение таблицы

Мутное-2 (ер. Бештаник 2)		20				0	0	0	0	6	26
Неизвестное-2	10					0	0	6	0	2	18
Неизвестное-3	10					0	0	6	0	2	18
Неизвестное-34	10					0	0	0	0	2	12
Нимфейное		20				0	0	0	0	0	20
Островское		20				0	10	0	0	6	36
Петровский лиман		20				0	10	10	0	6	46
Садок-2		20				0	10	0	0	6	36
Садок-4		20				0	10	0	0	2	32
СветлоеМ		20				0	0	0	0	6	26
Тополевское	10					0	0	0	0	2	12
Чичера		20				6	10	0	0	10	46
Яроватое		20				0	0	0	0	10	30
Замора-2		20				0	0	10	0	0	30
СветлоеБ		20				0	10	0	0	6	36
Кудаевское		20				0	0	0	0	8	28
Самсоновское				40		10	0	10	0	6	66
Озеро Любви		20				0	0	10	0	2	32
Кувшинковое	10					0	0	0	0	0	10
Шуваевское		20				0	0	10	0	6	36
Горцевое		20				0	0	10	10	6	46
Вязники		20				10	10	10	10	10	70
Садок Булг				40		0	2	10	0	10	62
Раскатное		20				0	0	10	0	6	36
Спорное		20				0	0	10	0	6	36
Сайгачье		20				0	0	10	0	6	36
Боярский Лиман		20				0	0	0	0	6	26
Нарезное				40		0	0	10	10	6	66
Дегтярное				40		0	0	10	10	6	66

9. Наибольшее влияние на состояние ММИ-бентос оказали такие антропогенные факторы как:

- Антропогенное нарушение гидрорежима;
- Туристические стационары в прибрежной полосе;
- Сенокос в полосе 100 м от ВБУ;
- Дополнительные источники загрязнения.

Для определения влияния кумулятивного антропогенного воздействия на состояние ихтиофауны водоемов и ее биологического разнообразия используем таблицу 4.

Проведение корреляционного анализа различных ихтиологических показателей с кумулятивными антропогенными показателями для различных водоемов Волго-Ахтубинской поймы показали отсутствие достоверной зависимости (таблица 5).

Таблица 5

**Коэффициенты корреляции ихтиологических показателей водоемов  
ВАП и антропогенных факторов этих водоемов**

Ихт. Показатели	R	Tst
Видовое богатство	-0,08533	-0,63514
Численность на 100м2	-0,06921	-0,51449
Биомасса на 100м2	-0,00029	-0,00218
КТУ	-0,13962	-1,04573
Индекс Шеннона	-0,06324	-0,46996
Индекс доминирования по Симпсону	-0,05974	-0,44381
Индекс видового богатства по Маргалёфу	-0,10505	-0,78341
Индекс выравненности по Пиеллу	0,110883	0,82743
КИСС	0,017106	0,12688
Индекс доминирования Бергера-Паркера	-0,03567	-0,26468
ММИ1 ихтиофауна	-0,08019	-0,59664
ММИ2 ихтиофауна	-0,09226	-0,68713
Сложность	-0,14747	-1,10579
Абсолютная организация	-0,12944	-0,96808
Относительная организация	-0,11088	-0,82744
КТУ-1	0,19744	1,49366
КТУ-2	-0,06428	-0,47769

Установив достаточно сложный характер взаимосвязи различных показателей ихтиофауны и величины комплексного воздействия антропогенных факторов, мы выяснили общие закономерности, которые подтверждаются большинством показателей, в особенности комплексными, отражающими кумулятивное состояние всего рыбного сообщества в водоеме.

Однако комплексные параметры, отображающие общую суть процессов, весьма трудно использовать на практике, ввиду необходимости проведения значительных работ и вычислений. Для оперативного принятия решений и оперативного мониторинга ситуации необходимо выявить более тонкие зависимости между отдельными антропогенными факторами и получить более простые индикаторы состояния ихтиокомплекса.

Таковыми индикаторами могут послужить отдельные виды рыб, отличающиеся особенностями питания, размножения, требовательности к кислороду, объему жизненного пространства, наличию течения и т.д. Естественно, что объединяя в комплексных параметрах такое разнообразие экологических форм рыб, мы теряем более тонкие механизмы, которые можно использовать в качестве индикаторов.

Логично было бы сразу использовать группу видов рыб, наиболее чувствительных к различного вида загрязнениям и ухудшению условий обитания. Однако, в нашем случае мы имеем дело с пойменными водоемами, имеющими уже в природном состоянии достаточно жесткие экологические условия для существования рыб и отсеивающие в своем большинстве такие виды рыб. Поэтому встречаемость и численность таких видов как судак, жерех, чехонь, синец, голавль, белоглазка и т.д. в контрольных уловах весьма незначительна и какие либо закономерности при применении параметрических и непараметрических видов анализа получить не удастся. В этой связи, мы приняли решение остановиться на видах, встречаемость которых в контрольных уловах превышает 50%. Таких видов оказалось немного: лещ, щука, окунь, густера, плотва, красноперка, уклея и карась серебряный. По каждому виду рыб у нас имеются данные по четы-

рем показателям: численность шт./100 м<sup>2</sup>; численная доля вида в общей численности на единицу площади; КТУ – доля вида умноженная на коэффициент требовательности к условиям среды; биомасса кг/ 100 м<sup>2</sup>. Тщательно проанализировав эти факторы мы оставили только два из них, наиболее показательных для характеристики состояния вида в водоеме: численность и КТУ.

Сначала была рассмотрена взаимосвязь этих показателей с общей антропогенной нагрузкой в водоемах посредством корреляционного анализа. Практически по всем видам достоверной линейной зависимости не было за исключением щуки (КТУ на уровне значимости – 0,90), что еще раз подчеркнуло достаточно сложный характер реакции рыб на различные антропогенные факторы.

В целях определения взаимного влияния видов мы провели попарный корреляционный анализ (таблица 6).

Таблица 6

**Корреляционный анализ численности и КТУ различных видов рыб в водоемах Волго-Ахтубинской поймы**

Виды рыб	Лещ	Щука	Окунь	Густера	Плотва	Красно-перка	Уклея	Карась	КТУ
Лещ		-0,191	-0,175	<b>0,266</b>	-0,065	-0,137	-0,046	-0,175	
Щука	0,152		<b>0,320</b>	<b>-0,216</b>	<b>-0,380</b>	0,109	-0,096	0,158	
Окунь	0,109	0,103		-0,201	-0,168	-0,166	<b>-0,232</b>	-0,019	
Густера	<b>0,332</b>	0,111	<b>0,262</b>		0,069	<b>-0,254</b>	-0,004	-0,191	
Плотва	<b>0,417</b>	0,071	0,141	<b>0,458</b>		-0,097	-0,128	<b>-0,396</b>	
Красно-перка	0,085	0,164	0,149	<b>0,585</b>	<b>0,660</b>		-0,109	-0,089	
Уклея	<b>0,257</b>	0,128	0,006	0,116	0,059	0,074		-0,212	
Карась	-0,048	-0,170	-0,135	-0,058	-0,071	0,003	-0,071		
Численность на 100м <sup>2</sup>									

Примечания: Желтым цветом выделены уровни значимости коэффициентов корреляции (R) – 0,90; - голубым – 0,95; - зеленым – 0,99; – розовым – 0,999.

По численности максимальная связь прослеживается у плотвы (с густерой, красноперкой и лещем), у густеры (с красноперкой, плотвой и лещем), у красноперки (с плотвой и густерой), у леща (с плотвой и густерой). Меньшая зависимость у леща с уклейей и густеры с окунем. Причем все коэффициенты корреляции положительны. Таким образом, наиболее прослеживается связь у рыб бентофагов (лещ, густера, плотва) и рыб со смешанным типом питания (уклея и красноперка).

По параметру КТУ наблюдаем совершенно другую картину. Максимальная зависимость у плотвы (с щукой и карасем), причем в обоих случаях отрицательная. У щуки с окунем и у леща с густерой прослеживается положительная зависимость. Более слабая отрицательная зависимость наблюдается у щуки с густерой и окуня с уклейей, а также у густеры с красноперкой. Таким образом, этот параметр лучше отображает трофические связи (хищник-жертва) и конкурентные отношения внутри экологических групп.

Данные по корреляционным зависимостям между показателями различных видов рыб и антропогенными факторами представлены в таблице 13.

Анализируя данные таблицы, можно сделать следующие выводы:

1. Для различных видов рыб наблюдается различная чувствительность к антропогенным факторам.
2. Уклея по обоим параметрам не реагирует на антропогенные факторы, поэтому данный вид нельзя использовать в качестве индикатора. Подобная реакция связана с образом жизни и питания уклейи, которая обитает в приповерхностных частях водоема и питается преимущественно зоопланктоном и сестоном.

3. У леща всего одна невысокая корреляция по КТУ с фактором интенсивного сельского хозяйства (пашня) – рисунок 1. Присутствие леща в водоемах Поймы во многом зависит от прихода произво-

дителей из Волги в период весеннего паводка, что накладывает сильный отпечаток на все показатели. Необходимо учесть гидрологические факторы. Так что лещ также не приемлем в качестве индикатора.

4. Численность щуки достоверно (0,95) коррелирует с фактором дноуглубления водоема. Данная зависимость отрицательная и объясняется особенностями биологии щуки, которая предпочитает мелководные участки водоемов с зарослями водной растительности (рисунок 2). Естественно, что дноуглубление сокращает площади таких участков в водоеме, что сказывается на ее численности. Учитывая тот факт, что на фактор дноуглубления не реагирует больше ни один из рассмотренных видов рыб, численность щуки может служить индикатором для данного фактора.

Таблица 7

**Корреляционный анализ зависимости видовых показателей и антропогенных факторов по водоемам Волго-Ахтубинской поймы**

Антропогенные факторы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Небольшие воздействия в прошлом (выпас), дорожная сеть вблизи	Экстенсивное с/х (выпас, сенокос)	Интенсивное с/х (пашня)	Урбанизация (в черте сельских поселений)	Дноуглубления (за последние 10-20 лет)	Загрязнение из точечных источников (фермы, предприятия)	Антропогенное нарушение гидрорежима: ГТС, дорожные дамбы, забор воды	Антропогенное нарушение гидрорежима: блокирование притока обвалованными территориями	Аквакультура и добыча биоресурсов	Сумма корреляций	Общая корреляция
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Лещ – численность</b>											
R	-0,117	0,175	-0,037	-0,098	-0,116	-0,070	0,134	-0,034	0,046	<b>0,827</b>	
Tst	<b>-0,876</b>	<b>1,319</b>	<b>-0,271</b>	<b>-0,733</b>	<b>-0,867</b>	<b>-0,524</b>	<b>1,000</b>	<b>-0,249</b>	<b>0,341</b>		
<b>Лещ – КТУ</b>											
R	-0,182	0,133	<b>0,259</b>	-0,163	-0,170	0,070	0,107	-0,039	0,020	<b>1,144</b>	<b>1,971</b>
Tst	<b>-1,372</b>	<b>0,998</b>	<b>1,992</b>	<b>-1,228</b>	<b>-1,280</b>	<b>0,521</b>	<b>0,798</b>	<b>-0,290</b>	<b>0,150</b>		
<b>Щука – численность</b>											
R	-0,112	0,076	-0,088	0,053	<b>-0,330</b>	-0,079	0,015	-0,078	-0,109	<b>0,939</b>	
Tst	<b>-0,838</b>	<b>0,562</b>	<b>-0,654</b>	<b>0,392</b>	<b>-2,595</b>	<b>-0,591</b>	<b>0,110</b>	<b>-0,579</b>	<b>-0,810</b>		
<b>Щука – КТУ</b>											
R	0,107	-0,024	-0,065	-0,024	-0,208	-0,163	-0,164	0,033	-0,187	<b>0,973</b>	<b>1,913</b>
Tst	<b>0,795</b>	<b>-0,175</b>	<b>-0,480</b>	<b>-0,180</b>	<b>-1,575</b>	<b>-1,225</b>	<b>-1,234</b>	<b>0,242</b>	<b>-1,408</b>		
<b>Окунь – численность</b>											
R	-0,074	0,084	0,061	-0,078	0,014	-0,050	<b>-0,294</b>	-0,155	0,009	<b>0,819</b>	
Tst	<b>-0,548</b>	<b>0,626</b>	<b>0,452</b>	<b>-0,581</b>	<b>0,107</b>	<b>-0,368</b>	<b>-2,279</b>	<b>-1,165</b>	<b>0,070</b>		
<b>Окунь – КТУ</b>											
R	0,204	-0,202	0,025	0,063	0,157	-0,117	-0,175	0,012	-0,181	<b>1,138</b>	<b>1,957</b>
Tst	<b>1,549</b>	<b>-1,527</b>	<b>0,189</b>	<b>0,471</b>	<b>1,181</b>	<b>-0,874</b>	<b>-1,320</b>	<b>0,090</b>	<b>-1,369</b>		
<b>Густера – численность</b>											
R	-0,124	<b>0,226</b>	-0,041	-0,154	-0,080	0,003	<b>-0,240</b>	-0,076	0,081	<b>1,024</b>	
Tst	<b>-0,925</b>	<b>1,717</b>	<b>-0,304</b>	<b>-1,155</b>	<b>-0,593</b>	<b>0,022</b>	<b>-1,831</b>	<b>-0,564</b>	<b>0,604</b>		
<b>Густера – КТУ</b>											
R	-0,134	<b>0,301</b>	-0,036	<b>-0,243</b>	0,119	<b>0,312</b>	-0,206	0,068	0,151	<b>1,570</b>	<b>2,593</b>
Tst	<b>-1,004</b>	<b>2,341</b>	<b>-0,269</b>	<b>-1,858</b>	<b>0,885</b>	<b>2,437</b>	<b>-1,558</b>	<b>0,508</b>	<b>1,130</b>		



Продолжение таблицы

Продолжение таблицы										
<b>Плотва – численность</b>										
R	-0,147	0,248	-0,057	-0,154	-0,104	0,016	-0,051	-0,106	0,106	0,987
Tst	-1,099	1,902	-0,422	-1,154	-0,774	0,116	-0,375	-0,787	0,787	
<b>Плотва – КТУ</b>										
R	-0,322	0,405	0,088	-0,285	0,020	0,307	-0,252	-0,237	0,282	2,198
Tst	-2,519	3,283	0,656	-2,206	0,145	2,394	-1,935	-1,805	2,181	
<b>Красноперка – численность</b>										
R	-0,090	0,405	-0,102	0,013	-0,155	-0,244	0,043	-0,176	0,006	1,233
Tst	-0,670	3,283	-0,759	0,093	-1,160	-1,867	0,316	-1,330	0,041	
<b>Красноперка – КТУ</b>										
R	0,046	0,006	-0,102	0,013	-0,155	-0,244	0,043	-0,176	0,006	0,790
Tst	0,343	0,042	-0,759	0,093	-1,160	-1,867	0,316	-1,330	0,041	
<b>Уклея – численность</b>										
R	-0,152	0,192	-0,052	-0,081	-0,123	-0,107	0,093	-0,068	0,080	0,950
Tst	-1,137	1,453	-0,390	-0,604	-0,923	-0,802	0,690	-0,508	0,595	
<b>Уклея – КТУ</b>										
R	-0,189	0,095	-0,053	0,075	-0,041	-0,048	0,093	0,082	-0,021	0,696
Tst	-1,431	0,706	-0,393	0,557	-0,303	-0,355	0,690	0,608	-0,155	
<b>Карась – численность</b>										
R	0,038	-0,225	-0,039	0,274	-0,063	-0,022	0,156	-0,043	0,171	1,030
Tst	0,281	-1,709	-0,291	2,111	-0,465	-0,160	1,171	-0,319	1,290	
<b>Карась – КТУ</b>										
R	0,257	-0,297	-0,077	0,199	-0,042	-0,096	0,196	0,011	-0,026	1,201
Tst	1,976	-2,310	-0,574	1,502	-0,312	-0,714	1,485	0,079	-0,194	
<b>Суммарная корреляция для численности</b>										
	0,853	1,630	0,477	0,905	0,985	0,591	1,024	0,736	0,608	7,808
<b>Суммарная корреляция для КТУ</b>										
	1,442	1,462	0,706	1,065	0,911	1,357	1,236	0,657	0,874	9,710
<b>Общая корреляция</b>										
	2,295	3,093	1,182	1,970	1,896	1,949	2,259	1,393	1,481	17,518
<b>Количество достоверных корреляций по антропогенному фактору</b>										
	1	7	1	3	1	4	3	1	1	1

Примечания: Желтым цветом выделены уровни значимости коэффициентов корреляции (R) – 0,90, – голубым – 0,95, – зеленым – 0,99

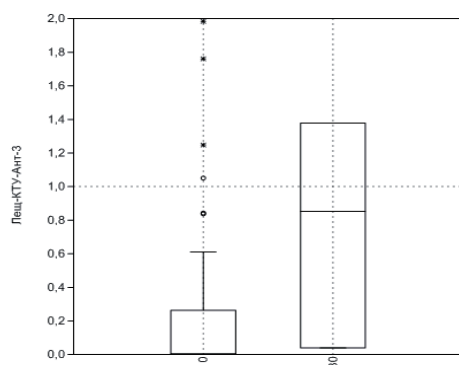


Рис.1. Зависимость КТУ леща – Интенсивное с/х (пашня).

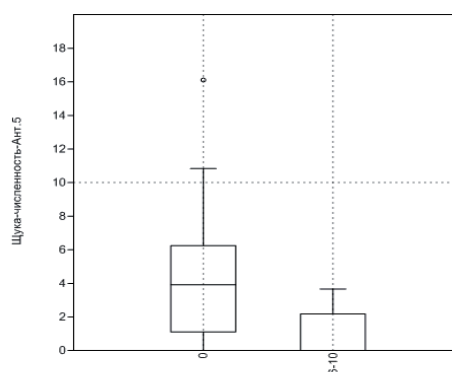
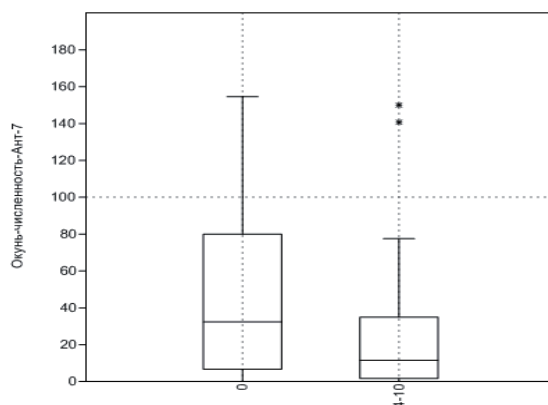


Рис. 2. Зависимость КТУ щуки – Дноуглубления (за последние 10-20 лет).

Численность окуня имеет отрицательную корреляцию также с одним фактором – антропогенное нарушение гидрорежима: ГТС, дорожные дамбы, забор воды на уровне – 0,95. Данный фактор сказывается на эффективности залития мелководий в период весеннего нереста, на которых нерестится окунь и данные



**Рис. 3.** Зависимость КТУ окуня -Антропогенное нарушение гидрорежима: ГТС, дорожные дамбы, забор воды.

Изменения сказываются на уровне воспроизводства окуня. Также этот фактор оказывает отрицательное влияние на численность густеры и на КТУ плотвы но на более низком уровне значимости (0,90). Таким образом, численность окуня можно использовать в качестве индикатора для фактора – антропогенное нарушение гидрорежима: ГТС, дорожные дамбы, забор воды.

Численность карася положительно коррелирует с фактором – урболандшафт (в черте сельских поселений). Данная связь вполне закономерна, и подчеркивает неприхотливость карася к внешним условиям и занятие им освобождающихся ниш при снижении численности других видов. Этот факт подтверждается отрицательной зависимостью КТУ наиболее многочисленных видов Поймы – плотвы и густеры от данного фактора. Таким образом, увеличение численности карася может служить индикатором увеличения антропогенной нагрузки на водоем.

Наиболее мощным фактором, оказывающим достоверное влияние на показатели рыб (7 корреляций) является – экстенсивное сельское хозяйство (выпас, сенокос). Причем для таких видов как плотва, густера и карася эта зависимость является положительной и для численности и для КТУ (уровень значимости до 0,99). Данный факт объясняется тем, что все эти виды являются фитофильными по способу размножения и нерестятся на заливаемой мягкой луговой растительности. Сенокос в данном случае не дает зарастать нерестилищам жесткой растительностью и кустарником, что способствует лучшему естественному воспроизводству данных видов. Выпас скота кроме аналогичной функции дает еще дополнительные биогенные вещества в виде помета животных, позволяющие повысить кормовую базу личинок и мальков рыб в период их весеннего развития. Увеличение численности этих видов подавляет численность карася, что объясняет отрицательную корреляцию этого вида с фактором экстенсивного с/х.

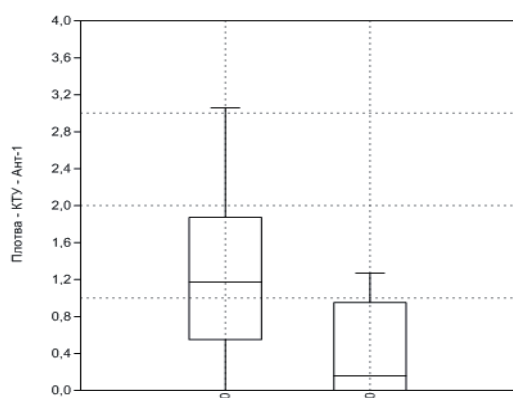
Учитывая большую значимость данного фактора для основных видов рыб Волго-Ахтубинской поймы, можно объяснить куполообразный характер плотв, отражающих изменение кумулятивных показателей ихтиофауны в зависимости от интенсивности антропогенных факторов. Именно этот фактор способствовал увеличению показателей развития ихтиофауны на втором этапе и частично нивелировал отрицательное действие других факторов на третьем и четвертом этапах.

Видом, наиболее чувствительным к максимальному количеству антропогенных факторов, является плотва. По показателю КТУ суммарная корреляция превышает аналогичные показатели других видов более чем в два раза, достоверные коэффициенты корреляции наблюдаются по 7 факторам из 9.

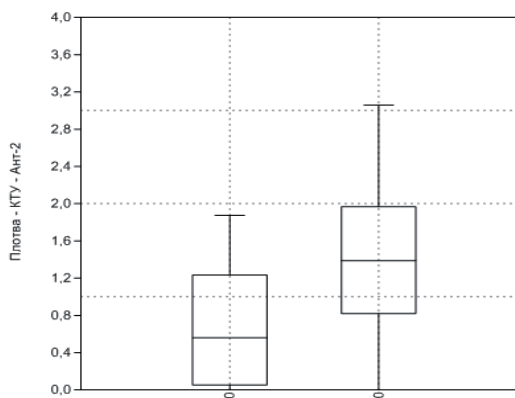
Причем положительная корреляция, кроме описанного выше фактора проявляется только еще у фактора – загрязнение из точечных источников (фермы, предприятия). Учитывая тот факт, что на изученных водоемах загрязнение было исключительно от ферм, дающих водоемам дополнительные органические удобрения в виде навоза, смываемого паводковыми водами и дождями, наблюдается повышение первичной продукции в водоемах при умеренном характере данного загрязнения. Также положительно влияет на показатели плотности и аквакультура и добыча биоресурсов, которая после 2006 г. свелась в основном к любительскому рыболовству при котором в большей части вылавливаются караси (пищевые конкуренты плотвы) и хищники (щука, окунь и др., основные враги плотвы особенно на стадии молоди).

Остальные четыре фактора имеют главную направленность, отрицательно влияющую на условия естественного размножения плотвы и на состояние нерестилищ, что подтверждается отрицательными значениями коэффициентов корреляции для этих факторов.

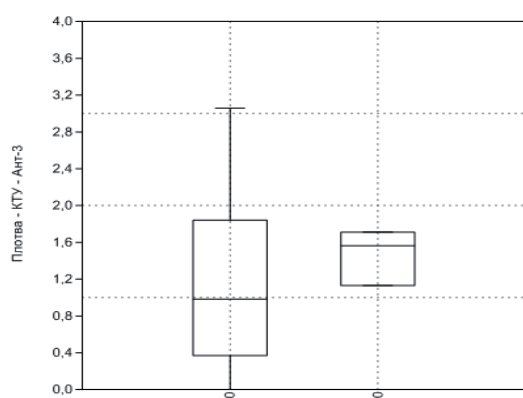
Рассмотренные зависимости КТУ плотвы с различными антропогенными факторами хорошо прослеживаются на построенных плотях (рис. 4–12).



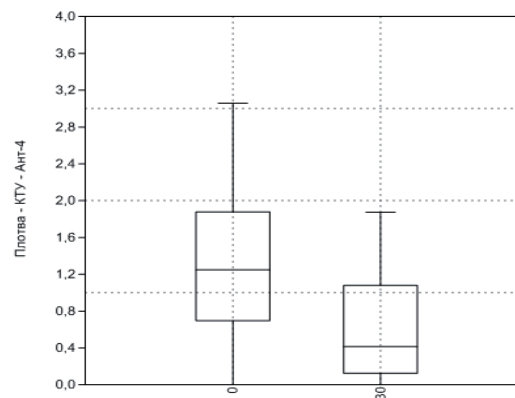
**Рис. 4.** Зависимость КТУ плотвы – Небольшие воздействия в прошлом (выпас), дорожная сеть вблизи.



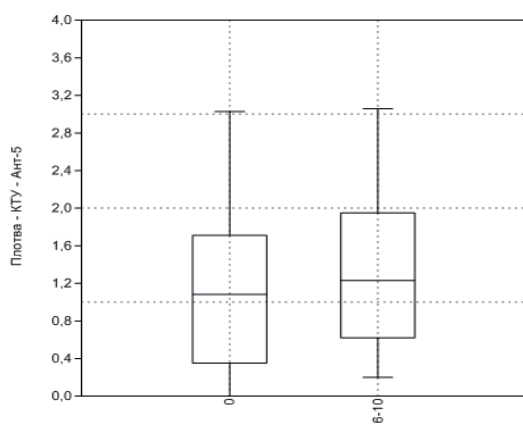
**Рис. 5.** Зависимость КТУ плотвы – Экстенсивное с/х (выпас, сенокос).



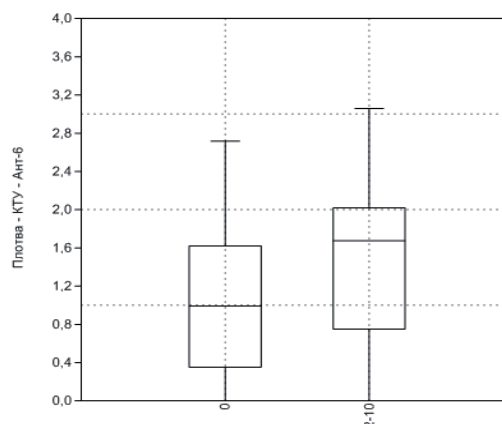
**Рис. 6.** Зависимость КТУ плотвы – Интенсивное с/х (пашня).



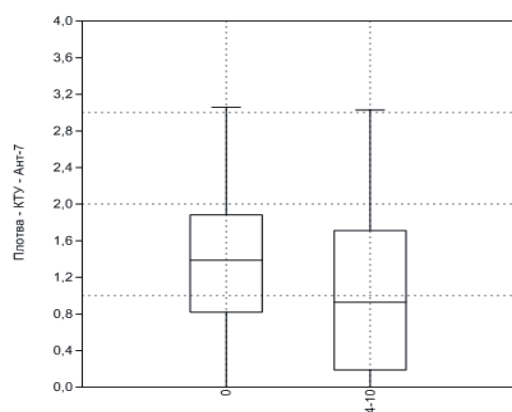
**Рис. 7.** Зависимость КТУ плотвы – Урболандшафт (в черте сельских поселений).



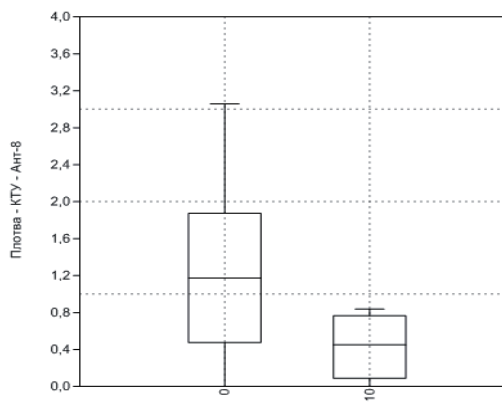
**Рис. 8.** Зависимость КТУ плотвы – Дноуглубления (за последние 10-20 лет).



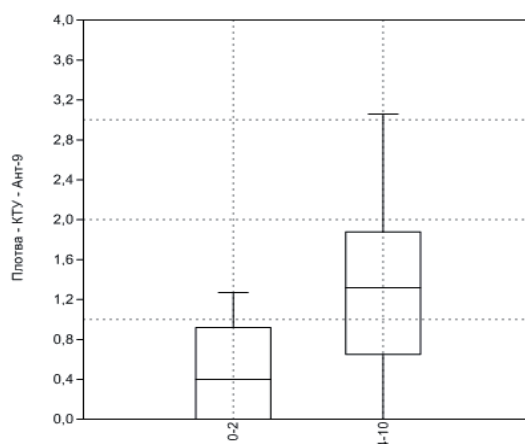
**Рис. 9.** Зависимость КТУ плотвы – Загрязнение из точечных источников (фермы, предприятия).



**Рис. 10.** Зависимость КТУ плотвы - Антропогенное нарушение гидрорежима: ГТС, дорожные дамбы, забор воды.



**Рис. 11.** Зависимость КТУ плотвы – Антропогенное нарушение гидрорежима: блокирование притока обвалованиями территорий.



**Рис. 12.** Зависимость КТУ плотвы – Аквакультура и добыча биоресурсов.

### Литература

1. Алимов А.Ф. Обзор исследований по биологической продуктивности донных животных в пресноводных водоемах Советского Союза (Из итогов МБП) // Известия АН СССР. Сер. : Биология, 1975. №1. С. 94–103.
2. Баканов А.И. Использование комбинированных индексов для мониторинга пресноводных водоемов по зообентосу. // Водные ресурсы, 1999. Т.26. №1. С.108–111.
3. Горелов В.П. Характеристика донной фауны водоемов Волго-Ахтубинской поймы как кормовой базы рыб // В сб. Природный парк Волго-Ахтубинская пойма. Природно-ресурсный потенциал. Волгоград, 2004. С.105–117.
4. Иванова М.Б. К вопросу об определении состояния озерных экосистем при антропогенном воздействии. // Биология внутренних вод. №1. 1997. С.5–13.
5. Казанчиев Е.Н. Рыбы Каспийского моря. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.
6. Калужная Н.С., Яковлев С.В., Клинова Г.Ю., Горелов В.П. Концепция программы экологического мониторинга водных и околоводных экосистем Волго-Ахтубинской поймы // Состояние, охрана, воспроизводство и устойчивое использование биологических ресурсов внутренних водоемов: Матер. Междунар. научно-практической конференции. Волгоград, 2007. С. 141–147
7. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск. 2007.
8. Коблицкая А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. М., Лег. и пищ. Пром-сть, 1981.
9. Левич А.П., Терехин А.Т. 1997 Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на экосистемы (метод ЭДУ) // Водные ресурсы. №3. С.328–335.
10. Мейснер В.И. Гидробиологические очерки некоторых поемных озер долины реки Волги у Саратова. // Работы Волжской Биологической Станции, Т.IV, №4-5, 1913.С.1–50.
11. Мирошниченко М.П., Гламазда В.В., Калинина С.Г., Скабичевский Б.О., Вольвич Л.И., Кравцова Г.В., Горелов В.П., Долидзе Т.М., Лебедева Т.В. Рыбохозяйственная оценка кормовой базы водоемов Волго-Ахтубинской поймы в условиях зарегулированного стока Волги. // Состояние и охрана биологических ресурсов Волгоградской области (Тезисы докладов 2-ой межотраслевой научно-практической конференции). Волгоград, 1981, С.64–66
12. Семенченко В.П. 2004. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Мн.: Орех.
13. Шепель П.А. Паводок и пойма. // Нижневолжское кн. изд. Волгоград. 1986.
14. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003.
15. Яковлев С.В., Долидзе Ю.Б., Калужная Н.С. Экологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы и организация системы мониторинговых исследований. // Социально-экологические аспекты развития муниципальных образований аридных территорий: Материалы международной конференции – М.:Издательство «Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук», 2008. С.78–87.
16. Яковлев С.В. Состояние водных биологических ресурсов и пути развития рыбного хозяйства в водоемах Волго-Ахтубинской поймы. // Социально-экономические и природоохранные аспекты развития сельских муниципальных образований. М.: Издательство «Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук», 2010. С.209–220.
17. Gorski K, VandenBosch LV, VandeWolfshaar KE, Middelkoop H, Filipov OV, Zolotarev DV, Vekhov DA, Yakovlev SV, Minin AE, Nagelkerke LAJ, Winter HV, DeLeeuw JJ, Buijse, Verreth JAJ. 2011. Post-damming flow regime development in a large floodplain river (Volga, Russian Federation): implications for floodplain inundation and fisheries. River Res Appl.



#### ***Influence of various anthropogenic factors on formation of the fish fauna in the ponds of the Volga-Akhtuba floodplain***

*There is considered the influence of various antropogenic factors regarding the ponds of the Volga-Akhtuba floodplain on various signs of the fish fauna.*

Key words: *regional systems of monitoring, fish fauna, biologic variety, pond, ecological and ecoanalytical control, quality assessment of natural ecosystems.*