

## БИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 59:597(571.621)

### АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВОДОЁМЫ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ИХТИОФАУНУ

В.Н. Бурик

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016, Россия,  
e-mail: vburik2007@rambler.ru

*В статье рассмотрены вопросы концепции индекса антропогенной нагрузки, интерпретации данных карты антропогенного воздействия Международного информационного центра наук о Земле (CIESIN) для территории и водотоков Еврейской автономной области. Охарактеризованы аспекты антропогенного воздействия на ихтиофауну рек области. Даны примеры выявления количественных и качественных различий ихтиофауны бассейнов рек, различающихся степенью антропогенной нагрузки. Данные являются новыми для региона и приводятся впервые.*

**Ключевые слова:** антропогенное воздействие, ихтиофауна, вид, река, бассейн.

Биоразнообразие является важной качественной характеристикой биотопов, биогеоценозов, территориальной экосистемы в целом. Зависимость биоразнообразия как от природных средовых, так и от антропогенных факторов очевидна. Антропогенное воздействие – глобальный обуславливающий фактор для экологических процессов на планете, наравне с климатическими тенденциями, геологическими силами и астрономическими изменениями. В ходе изучения ихтиологического разнообразия участков бассейна среднего Амура с различной степенью антропогенной нагрузки нами проводились исследования пойменных водоёмов Среднеамурской низменности [5].

За время ихтиологических наблюдений, проводимых в водоёмах Еврейской автономной области (ЕАО) с 2001 по 2014 гг., сложилось впечатление, что антропогенный фактор в виде непосредственного промыслового прессы, а также иного антропогенного воздействия на водоём и окружающую территорию является значимым как для количественных, так и для качественных характеристик ихтиологического разнообразия при прочих равных условиях [4].

В данной работе представлен анализ приуроченности водоёмов области к территориям с различной степенью воздействия антропогенных факторов. В качестве исходных параметров антропогенной нагрузки взяты данные интерактивной глобальной карты антропогенного воздействия (Human Footprint (HF)), созданной в Колумбийском университете объединёнными силами Общества сохранения дикой природы (WCS) и Международного информационного центра наук о Земле (CIESIN) в 2004 г. [16].

#### Материалы и методы

При составлении карты антропогенного воздействия (Human Footprint (HF)) использовались материалы ряда баз данных национальных международных организаций (Международного центра тропического сельского хозяй-

ства (CIAT), Европейской комиссии Объединённого научно-исследовательского центра (JRC) глобального мониторинга растительности (GVM) и др.).

Карта учитывает широкий спектр данных антропогенного воздействия на дикую природу [14]. Параметры карты представлены в формате географической системы координат 30-градусной размерной сетки, в 1-километровом масштабе. Расчёт индекса антропогенного влияния и антропогенного воздействия произведён посредством наложения значений ряда факторов, имеющих влияние на экосистемы: распределение народонаселения, урбанизация, дороги, судоходные реки и различное использование пахотной земли. Объединённое влияние этих факторов даёт индекс антропогенного влияния (Human Influence Index (НИ)). В свою очередь, этот индекс, нормализованный по глобальным биомам, представляет набор данных для определения антропогенного воздействия (Human Footprint (HF)) [13].

Шкала индекса антропогенного воздействия ранжируется от 1 до 100 баллов, причём для каждого биома (степей, тропических лесов, умеренных широколиственных лесов и т.п.) за единицу берётся свой уровень минимальной антропогенной нагрузки.

Предварительно нагрузка в баллах по степени освоенности территории рассчитывалась по восьми критериям, составившим слои карты, при объединении давшие интегральный показатель индекса антропогенного влияния (Human Influence Index (НИ)). Это такие критерии, как:

- влияние плотности населения (для десяти градаций плотности);
- влияние железных дорог (ближе или дальше 2 км);
- влияние крупных автомагистралей (менее 2 км, от 2 до 15 км, дальше 15 км);
- влияние судоходных рек (ближе или дальше 15 км);
- Влияние близости побережий (ближе или дальше 15 км);

влияние постоянного яркого ночного освещения (для четырёх градаций освещённости);

- степень урбанизации (в зоне населённых пунктов и в радиусе ночного освещения близ них);

Отдельно рассматривались категории влияния на растительный покров для городских территорий, зон орошаемого земледелия, зон неорошаемого земледелия, других типов покрова, включая леса, тундру, пустыни и др. [16].

Суммарный балл антропогенного влияния (НП) по восьми переменным оценивается по шкале от 0 до 64. В дальнейшем, при нормализации индекса Антропогенного Влияния относительно 15-ти распространённых на планете биомов, принятых Всемирным фондом дикой природы, расчисляются баллы индекса антропогенного воздействия (Human Footprint (HF)) [15].

Баллы антропогенного воздействия рассчитываются по формуле:

$$Z = \frac{(X - X \min)(X \max - X \min)}{(Y \max - Y \min)} + X \min$$

где  $Z$  – оценка антропогенного воздействия HF;  $X$  – оценка антропогенного влияния НП, приходящегося на биом;  $X \min$  – минимальное антропогенное влияние НП в биоме;  $X \max$  – максимальное антропогенное влияние НП в биоме;  $Y \min$  – минимальное антропогенное влияние НП на Земле (0);  $Y \max$  – максимальное антропогенное влияние НП на Земле (64).

При нормализации в пределах каждого биома минимальные значения НП=0, а максимальные – 100.

Методами ихтиологических исследований являлись полевые маршрутные и стационарные наблюдения, ихтиологические контрольные ловы, биометрические измерения, обработка и использование литературных данных, ведомственных материалов. Производился их анализ, статистическая и компьютерная обработка.

Ихтиологические сборы проводились по стандартным методикам [11]. Для видового описания использовались определитель и каталоги круглоротых и рыб России и бассейна р. Амур [2, 7, 9].

Для выявления степени сходства видового состава ихтиофауны пойменных водоёмов исследованных локальных бассейнов использовали формулу общности Жаккара [10]:  $K = C \times 100 / (A + B) - C$ , где  $A$  – число видов рыб в ихтиофауне первого бассейна  $A$ ;  $B$  – число видов в ихтиофауне сравниваемого бассейна  $B$ ;  $C$  – число видов, общих для обоих бассейнов;  $K$  – коэффициент общности (индекс Жаккара), выражаемый в процентах.

Сравнение уровня разнообразия ихтиофауны в исследуемых бассейнах проводили по индексу Шеннона [12], представляющему собой формализацию, которая используется при оценке сложности и содержания информации любых типов систем и лучше всего подходит для целей сравнения в тех случаях, когда не интересуют компоненты разнообразия по отдельности:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i,$$

где  $p_i$  – отношение частоты встречаемости каждого  $i$ -ого из  $n$  видов в выборке к общему количеству рыб в выборке.

### Результаты исследования

В ходе ихтиологических исследований, проводимых с 2001 г., определены основные экологические абиотические и биотические факторы, оказывающие существенное влияние на состав и плотность ихтиофауны водоёмов ЕАО: скорость течения реки как непосредственный физический фактор и фактор, влияющий на состав и количество водной биоты; удалённость участков или отдельных водоёмов от русла Амура; ширина русла, связанные с ней площади кормовых и нерестовых участков, ширина поймы и наличие пойменных водоёмов.

Дополнительным значимым для ихтиофауны ЕАО фактором выступает фактор антропогенного воздействия. Он многомерен, так как имеет прямые аспекты воздействия и опосредованные. К прямым аспектам антропогенного воздействия на ихтиофауну относятся: промысел рыб и уничтожение их местообитаний. К опосредованным воздействиям относятся различные типы загрязнения и иные негативные изменения среды обитания рыб вследствие деятельности человека.

Наиболее явным прямым негативным воздействием человека на состояние популяций промысловых рыб может являться перелов производителей этих видов на старших возрастах. Многие рыбы автохтонного китайского ихтиокомплекса обитают в Амуре на северной границе своего ареала и, находясь в зоне экологического угнетения, становятся половозрелыми, набирают промысловый вес и размеры значительно позже, чем на более южных участках ареала или в районах акклиматизации [6]. Из-за паводкового режима Амура, высыхания и промерзания мелких пойменных водоёмов для возрастной динамики популяций многих амурских рыб характерна большая смертность на ранних возрастах. В результате этого ежегодное пополнение стада составляет небольшой процент от общего количества, увеличивается число возрастных групп. Для таких рыб снижение численности на старших возрастах восстанавливается медленно [8]. При недостатке механизмов регуляции промысла перелов рыб старших возрастов, наиболее крупных и плодовитых особей, возникающий в связи с браконьерским ловом, грозит снижением численности и трудностями воспроизводства стада.

Факторы антропогенного воздействия на биомы, учтённые в рассматриваемой нами карте Human Footprint (HF), влияют на водоёмы и их ихтиофауну как прямую (степень доступности для браконьерства и разрушения местообитаний), так и опосредованно (нарушение естественных биоритмов и жизненных циклов популяций и особей вследствие деятельности человека) [1].

За период ихтиологических исследований из обитающих в амурском бассейне 128 видов рыб в водоёмах Еврейской автономной области зарегистрировано 92 вида, которые относятся к 66 родам, 22 семействам, 12 отрядам. Это составляет 72% видового разнообразия достоверно обитающих в бассейне р. Амур рыб [4, 9].

В ходе анализа данных нами было проведено наложение карты антропогенного воздействия на карту основных водотоков ЕАО (рис.).

Нами были проанализированы согласно карте Индекса антропогенного воздействия местоположения участков среднего Амура и ряда его левых притоков – значимых водотоков ЕАО в зонах с различной антропогенной нагрузкой (табл.).

По результатам интерпретации карты индекса антропогенного воздействия на территории, по которым протекают реки области, наглядно показано, что наибольший процент территорий с низкой антропогенной нагрузкой (от 0 до 10 баллов) находится в таёжных верховьях горных рек. Долинные редколесья, пойменные луга и болота, неосвоенные пахотным сельским хозяйством, обычно имеют индекс антропогенной нагрузки не выше 20 баллов, а индекс нагрузки на берега рек, примыкающих к сельскохозяйственным угодьям, может равняться 30 баллам.

Закономерно, что наибольшая антропогенная нагрузка приходится на участки водотоков, проходящие через города, селения, авто- или железнодорожные магистрали, либо в непосредственной близости от них. Влияние различных антропогенных факторов на ихтиоценозы и разные виды рыб специфично. В данном случае мы го-

ворим лишь об уровне антропогенного воздействия в целом на тот или иной участок бассейна.

В сопоставлении данных по ихтиологическому разнообразию участков амурского бассейна, различающихся по антропогенной нагрузке, но сходных биотопически, ряд существенных различий был выявлен нами на примере пойменных биотопов р. Забеловка и системы Тунгуска – Урми.

В ходе исследований выявлен таксономический состав ихтиоценозов пойменных водоёмов двух участков амурского бассейна, различающихся по гидрологическому режиму и степени антропогенной нагрузки. Бассейн реки Забеловка находится на территории с индексом антропогенного воздействия до 20 баллов, незначительная часть бассейна рядом с автотрассой (5%) – в зоне с индексом до 30 баллов. Пойма р. Тунгуска и низовий р. Урми попадает в зоны антропогенного воздействия более широкого спектра – от 10 до 80 баллов. Выявленный видовой состав ихтиофауны бассейна р. Забеловка и прилегающей поймы р. Амур включает 46 видов рыб, представителей 34 родов, 11 семейств, 6 отрядов [3]. В сходных по природным условиям пойменных водоёмах низовий рек Урми и Тунгуска (медленные протоки, заливы, проточные озёра) – 35 видов рыб, представителей 29 родов, 9 семейств, 5 отрядов [5]. В

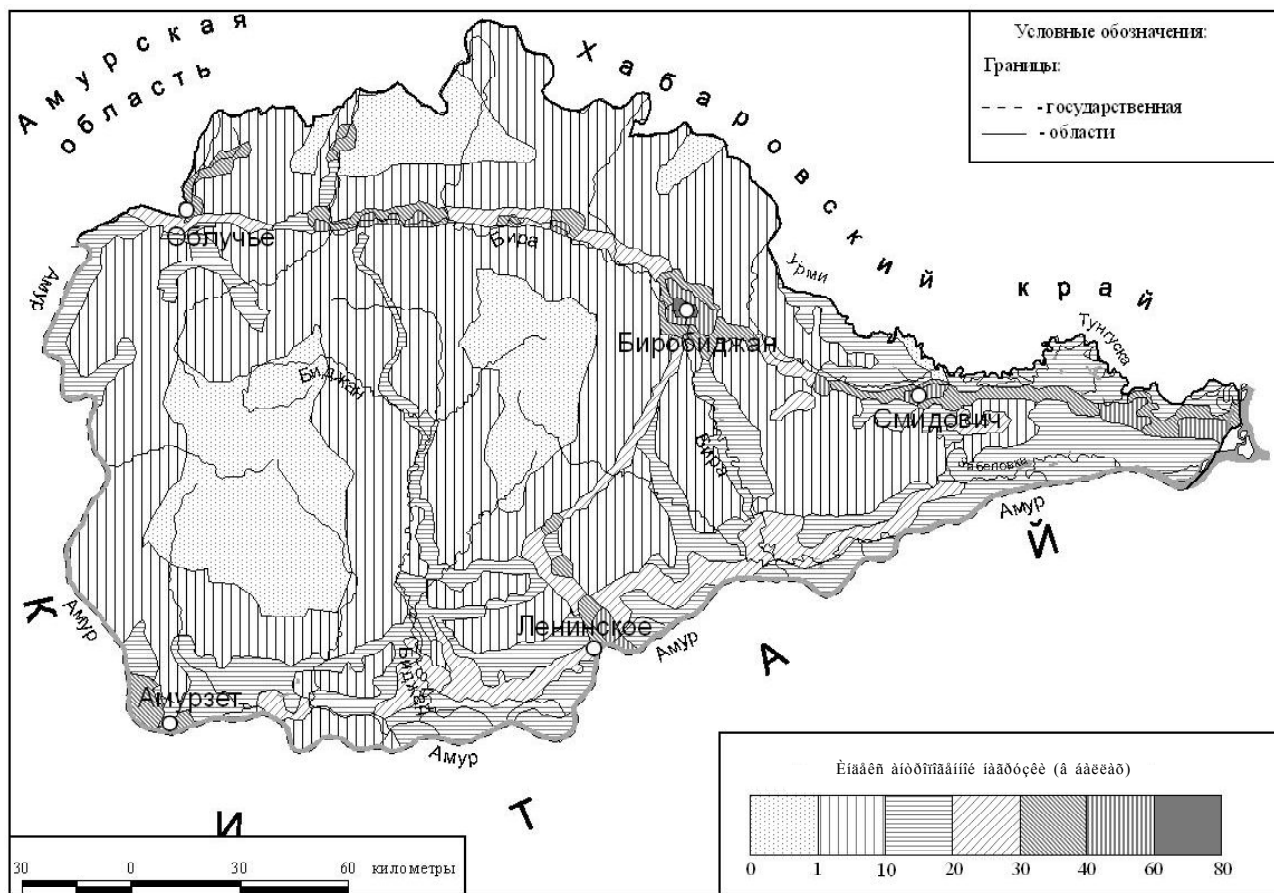


Рис. 1. Антропогенное воздействие (Human Footprint (HF)) на территорию Еврейской автономной области

Антропогенная нагрузка на водотоки Еврейской автономной области

Реки	Процентное соотношение участков течения рек с различным индексом антропогенного воздействия (в баллах)						
	до 1 балла	до 10 баллов	до 20 баллов	до 30 баллов	до 40 баллов	до 60 баллов	до 80 баллов
Амур, Радде – Пашково			70%	30%			
Амур, Хинганское сужение		50%	50%				
Амур, с. Союзное – с. Нагибово			30%	30%	40%		
Амур, с. Нагибово – с. Ленинское		30%	70%				
Амур, с. Ленинское – с. Нижнеленинское					50%	50%	
Амур, с. Нижнеленинское – с. Владимировка		60%	40%				
Амур, с. Владимировка – устье р.Тунгуски					50%	50%	
Хинган		3%	40%	30%	15%	7%	5%
Помпеевка	35%	65%					
Большая Самара	33%	34%	30%	3%			
Малая Самарка	27%	50%	20%	3%			
Осиновка	73%	27%					
Кулёмная	65%	35%					
Добрая		40%	50%	10%			
Большой Таймень	60%	38%	2%				
Дитур		95%	5%				
Унгун	15%	80%	5%				
Биджан	20%	20%	55%	5%			
Малая Бира	5%	40%	45%	10%			
Кульдур			20%	40%	40%		
Сутара		80%	20%				
Икура		10%	45%	5%	15%	15%	10%
Бира		33%	35%	15%	10%	5%	2%
Забеловка			95%	5%			
Ин		15%	15%	40%	27%	3%	
Урми			60%	20%	20%		
Тунгуска			65%	10%	10%	10%	5%

сообществах этих двух территорий наблюдается значительная видовая общность, коэффициент общности Жаккара здесь равен  $K=68,75\%$ . Разница в представленности видов, родов и семейств рыб, выявленная в ходе наших исследований в двух бассейнах, объясняется в основном более низкой плотностью популяции рыб пойменных водоёмов бассейна р. Тунгуска. В некоторые периоды отношение между плотностью рыб здесь и в бассейне р. Забеловка составляет 1:4 и менее. Индекс Шеннона на двух участках бассейнов в многоводный и благоприятный для рыб период различается незначительно ( $H = 2,204$  для бассейна Забеловки и  $H=2,290$  для бассейна Тунгуски в 2004 г.). Заметно сильное падение индекса Шеннона для бассейна р. Забеловка при обмелении в 2007 г. ( $H=1,611$ ). На участке бассейна р. Тунгуска, менее подвергшемся обмелению, в 2007 г. падение индекса Шеннона незначительно ( $H=2,042$ ).

Значительно ниже по сравнению с р. Забеловка ихтиологическое разнообразие малой равнинной реки Икура. Здесь нами отмечено 22 вида рыб, представителей 20 родов, 8 семейств, 5 отрядов. Река протекает по территориям, на 90% имеющих индекс антропогенного воздействия от 20 до 80 баллов. Значительная часть русла проходит по территории г. Биробиджан. В пойме среднего и нижнего течения р. Бира, где индекс антропогенного воздействия составляет от 20 до 80 баллов,

ихтиофауна также характеризуется значительно меньшим разнообразием, чем в пойме р. Забеловка. В пойменных водоёмах среднего течения р. Бира отмечено 26 видов рыб и рыбообразных, представителей 23 родов, 8 семейств, 6 отрядов. Коэффициент видовой общности Жаккара между ихтиофауной участка амурской поймы в районе р. Забеловка и пойменных водоёмов р. Бира составляют:  $K=42,86\%$ . По нашим предположениям, на ихтиологическое разнообразие этих рек, кроме природных факторов (удалённость от русла р. Амур, меньшие площади пойменных водоёмов и др.) в значительной мере влияет антропогенный фактор.

Сравнение бассейнов с разной степенью антропогенного воздействия выявило в данном случае низкие качественные и значительные количественные различия в биоразнообразии ихтиоценозов. Существенная разница в плотности популяций рыб на двух участках речных бассейнов при сходстве их биоценозов может быть обусловлена как природными факторами (морфология поймы, гидрологический и температурный режимы), так и антропогенной нагрузкой (рыболовство), существенно превышающей в бассейне р. Тунгуска нагрузку на ихтиоценоз в бассейне р. Забеловка.

Перспективная задача исследований определить как можно точнее механизмы антропогенного влияния на ихтиофауну рек области, выявить корреляции между

степенью воздействия различных антропогенных факторов и количественными, а также качественными характеристиками популяций рыб.

**Работа выполнена при финансовой поддержке программы научных исследований ДВО РАН «Дальний Восток».**

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Аношкин А.В. Типы пойменно-русловых комплексов рек Еврейской автономной области с точки зрения их устойчивости к антропогенной нагрузке // Региональные проблемы. Т. 14, № 2. 2011. С. 82–86.
2. Богуцкая Н.Г., Насека А.М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 389 с.
3. Бурик В.Н. Изменение состава ихтиофауны биоценозов реки Забеловка // Региональные проблемы. № 12. 2009. С. 46–49.
4. Бурик В.Н. Ихтиофауна Еврейской автономной области // Региональные проблемы. № 10. 2008. С. 68–75.
5. Бурик В.Н. Ихтиологическое разнообразие пойменных водоёмов Среднеамурской низменности (на примере поймы рек Амур, Забеловка, Урми, Тунгуска) // Региональные проблемы. Т. 16, № 1. 2013. С. 55–61.
6. Бурик В.Н. Массовые виды промысловых карповых заказника «Забеловский» // Региональные проблемы. № 8. 2007. С. 121–127.
7. Веселов Е.А. Определитель пресноводных рыб фауны СССР. М.: Просвещение, 1977. 238 с.
8. Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. М.: «Наука», 1956. 551 с.
9. Новомодный Г.В. Рыбы Амура. 2011. <http://tinro.khv.ru/amurfishes/amurfishes.htm> (Дата обращения: 06.11.2014).
10. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 367 с.
11. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром., 1966. 165 с.
12. Протасов А.А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсиколия. Изд-во Института гидробиологии НАН Украины, Киев, 2002. 105 с.
13. Mayell H. 2002. 'Human Footprint' Seen on 83 Percent of Earth's Land. National Geographic News. [http://news.nationalgeographic.com/news/2002/10/1025\\_021025\\_HumanFootprint.html](http://news.nationalgeographic.com/news/2002/10/1025_021025_HumanFootprint.html) (Дата обращения: 06.11.2014).
14. Sanderson, E.W., M. Jaiteh, M.A. Levy, K.H. Redford, A.V. Wannebo, and G. Woolmer. 2002. The Human Footprint and The Last of the Wild. BioScience 52(10) 891-904, [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0891:THFATL\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0891:THFATL]2.0.CO;2) (Дата обращения: 06.11.2014).
15. Scott M. 2003. The Human Footprint. NASA Earth Science Enterprise Data and Services. <http://earthobservatory.nasa.gov/Study/footprint/> (Дата обращения: 06.11.2014).
16. Global Human Footprint (Geographic), v2 (1995–2004) // Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). <http://sedac.ciesin.org/data/set/wildareas-v2-human-footprint-geographic> (Дата обращения: 06.11.2014).

*In the article it is considered the concept of anthropogenic load index, and interpretation of the anthropogenic influence map data, provided by the International Information Centre of Earth Science, on the territory and water currents of the Jewish Autonomous Region. The author gives the characteristics of aspects of anthropogenic impact on the local river fish fauna, as well as the examples of the fish fauna quantitative and qualitative distinctions dependent on the anthropogenic load degree. This data is presented for the first time, being new for the region.*

**Key words:** anthropogenic influence, fish fauna, species, river, basin.