

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

дельты Волги. Скопления рачков максимальной численности (13,6—41,9 тыс. экз/м³) занимали район от о-ва Малая Жемчужная (21,6—22,8 °С, 5,6—7,3 ‰) до островов Кулалы и Рыбачий (23,0 °С, 12,9 ‰). Биомасса на отдельных станциях составляла свыше 130 мг/м³. По свалу глубин от о-ва Тюлений до 15-го буя (19,8—22,9 °С, 9,7—10,9 ‰) отмечены плотные скопления (2,0—10,1 тыс. экз/м³) рачков биомассой 47—193 мг/м³.

Заключение

Исследования вселенца *Acartia clausi* в северной и средней частях Каспийского моря показали, что этот рачок, активно размножаясь в течение 1982—1984 гг., широко расселился в новом для него водоеме. Численность его в Северном Каспии в июне 1983 г. была невелика (780 экз/м³), в то время как в Среднем Каспии в августе она превысила северокаспийскую в 3,3 раза, а биомасса — в 7 раз.

В 1984 г. отмечено интенсивное распространение вселенца в Северном Каспии. Количество особей науплиальных стадий увеличилось в 14,5, копелодитных — в 9,6 раза. Таким образом, за год общая численность рачков возросла почти вдвое.

Как хороший кормовой объект для планктоноядных рыб *A. clausi* в Северном Каспии вошел в рацион молоди и взрослой кильки *Clupeonella delicatula caspia*, у которой составил до 4,7 % массы пищевого комка. В Среднем Каспии он вошел в рацион кильки *Cl. engrauliformis*.

*

The number and biomass of *A. clausi* in June, 1983 in the Northern Caspian Sea area was 0.8 thousand specimens/m³ and 3.2 mg/m³. In 1984 the number of *A. clausi* sharply increased up to 3.4 thousand specimens/m³ and 30.1 mg/m³.

In the Middle Caspian area in August, 1983 *A. clausi* quantity was 3.3 times higher than in the Northern Caspian area. Maximum development of *A. clausi* took place in the zone of depths of 0-50 m.

*

1. Богоров В. Г. К методике обработки планктона // Рус. гидробиол. журн.—1927.— 6, № 8—10.— С. 193—197.
2. Курашова Е. К., Абдуллаева Н. М. *Acartia clausi* Giesbrecht (Calanoidae, Acartiidae) в Каспийском море // Зоол. журн.— 1984.— 63, № 6.— С. 931—933.
3. Петина Т. С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря // Тр. Сев.-восточ. биол. ст.— 1957.— 9.— С. 39—37.
4. Яшинов В. А. Планктон Каспийского моря // Тр. I Всекасп. науч. рыбохоз. конф.— 1938.— 2.— С. 51—57.

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Астрахань

Поступила 19.06.86

УДК 577.472(28)

А. Ф. Алимов, В. А. Тесленко

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЧНОГО ЗООБЕНТОСА В ЗОНЕ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В данной работе рассмотрены изменения структурных и функциональных характеристик зообентоса на примере одной реки Приморского края, подверженной антропогенному воздействию сточных вод.

Материал и методика исследований. Исследования проводили на р. Рудной, стекающей по восточному склону хребта Сихотэ-Алинь в Японское море. Длина реки — 73 км, питание — дождевыми водами. В летний период подъемы уровня воды могут достигать 0,8—1,0 м. Скорость течения на перекатах составляет до 1,8—2,1, на плесах — 0,6—0,8 м/сек. На дне преобладают валуны, галька, гравий, в устьевой части — песчано-листые грунты. По рыбохозяйственной классификации река относится к категории лососевых.

Зообентос р. Рудной изучали в июне — декабре 1982 г. на четырех станциях: ст. 1 располагалась в верховьях реки вне зоны загрязнений, ст. 8 — выше и ст. 13 — ниже места поступления сточных вод, ст. 11 — между ст. 8 и 13 (табл. 1).

1. Некоторые физико-химические характеристики р. Рудной

Станции	Расстояние от устья, км	Температура воды, °С		Бихроматная окисляемость, мг О/л	БПК ₅
		колебания	средняя		
1	66	0,5—9,8	6,0	4,0—7,2	1,32—2,27
8	30	12,8—21,0	17,2	Не определяли	Не определяли
11	28	11,0—22,5	17,0	То же	То же
13	22	3,0—22,5	14,6	7,1—17,1	2,17—4,72

Количественные сборы зообентоса осуществляли бентометром конструкции В. Я. Леванидова [3]. Сходство видового состава сообществ оценивали индексом Жаккара, их разнообразие — индексом Шеннона: $H = -\sum \left(\frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N} \right)$ где N_i — численность i -го вида, N — численность всех видов данного сообщества. Продукцию популяций отдельных видов определяли физиологическим способом. Температурные поправки вносили с учетом того, что в диапазоне толерантных температур $Q_{10} = 2,25$.

Результаты исследований и их обсуждение

На ст. 1 локализовано сообщество *Neophylax ussuriensis*, *Cinygmula* sp., *Megarctus ochracea*, в состав которого входил 81 вид гидробионтов; по численности и биомассе преобладали стенобионтные личинки ручейников, поденок и веснянок (табл. 2). На ст. 8 обнаружено сооб-

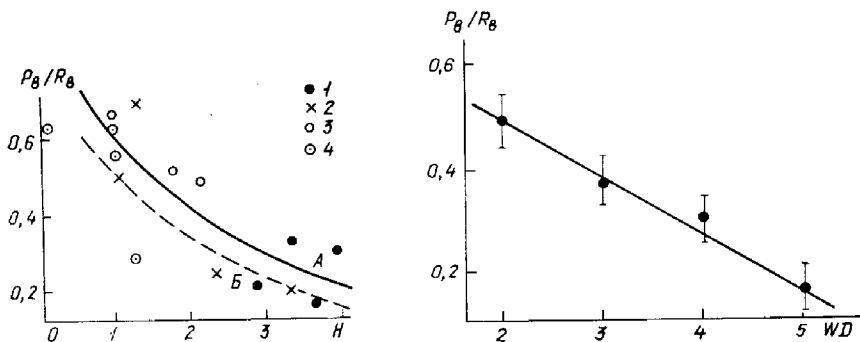
2. Биомасса (% от общей, числитель) и численность (% от общей, знаменатель) беспозвоночных животных на станциях р. Рудной*

Группы организмов	Ст. 1	Ст. 8	Ст. 11	Ст. 13
Ручейники	26,5	—	0,1	5,4
	34,3	—	0,1	0,1
Поденки	44,4	9,4	0,8	3,0
	24,2	3,7	1,1	0,6
Веснянки	16,7	44,1	2,9	2,6
	8,9	2,3	0,7	2,3
Хирономиды	4,8	45,0	18,9	63,5
	26,4	93,3	97,0	96,0
Прочие двукрылые	3,5	—	24,7	24,7
	1,3	—	0,6	0,5
Олигохеты	4,1	1,5	—	—
	4,9	0,5	—	0,5
Моллюски	—	—	52,6	—
	—	—	0,6	—
Жуки	—	—	—	0,4
Биомасса, г/м ²	15,8	1,3	5,1	4,3
Численность, экз/м ²	8402,0	2524,0	3142,0	9890,0

* Приведены средние значения за период исследований.

щество *Orthocladius* gr. *olivaceus*, *Skwala pusilla*, состоявшее из 44 видов с доминированием веснянок и хирономид, на ст. 11 — сообщество *Orthocladius* ex gr. *olivaceus*, *Lumnaea* sp., в котором отмечено 53 вида; наиболее обильны были личинки двукрылых и брюхоногие моллюски. Сообщество *Orthocladius* ex gr. *olivaceus*, *Dicranota* sp. характерно для ст. 13. В его состав входило 48 видов, преобладали эврибионтные хирономиды.

Анализ составляющих потока энергии в разных сообществах р. Рудной в отдельные периоды наблюдений (табл. 3) показал, что



1. Зависимость отношения P_b/R_b от индекса разнообразия (H) для сообществ донных животных р. Рудной (А) и р. Ижоры (Б): 1 — ст. 1; 2 — ст. 8; 3 — ст. 11; 4 — ст. 13.

2. Связь между отношением P_b/R_b и биотическим индексом Вудивисса (WD) для донных биоценозов р. Ижоры [2]; вертикальные линии — ошибки средних.

разнообразие сообществ (H) оказалось наиболее высоким на ст. 1, не подверженной влиянию сточных вод. Уменьшение видового разнообразия было связано как с возрастанием бихроматной окисляемости воды, так и с величиной БПК₅.

Индекс разнообразия используется как показатель сложности структуры сообществ, т. е. как одна из структурных характеристик. В качестве функционального показателя сообществ животных рассматривалось отношение P_b/R_b , изменения которого хорошо коррелируют с изменениями структуры сообществ, в том числе и возникающими под влиянием антропогенного фактора [1]. Анализ этих характеристик бентосных сообществ р. Рудной показал их хорошую корреляцию и явно выраженное упрощение структуры и возрастание отношения P_b/R_b под влиянием сточных вод (рис. 1). Зависимость этого отношения в отдельные даты наблюдений от величины индекса разнообразия может быть выражена в виде экспоненциального уравнения:

$$P_b/R_b = 0,88e^{-0,370H}. \quad (1)$$

Ранее при изучении донной фауны р. Ижоры (Ленинградская область) были установлены такая же зависимость рассматриваемых показателей и их изменение от степени загрязнения вод [2]. Величины P_b/R_b и H позволили рассчитать уравнение для сообществ бентоса р. Ижоры:

$$P_b/R_b = 0,776e^{-0,414H}, \quad (2)$$

которое оказалось весьма близким к уравнению (1).

На примере донной фауны р. Ижоры была продемонстрирована связь между величиной отношения P_b/R_b и биотическим индексом Вудивисса, отражающим степень загрязнения вод (рис. 2):

$$P_b/R_b = 0,74 - 0,12WD, \quad (3)$$

где WD — индекс Вудивисса.

3. Составляющие потока энергии и индекс разнообразия (H) в сообществах донных животных в р. Рудной

Дата	H бит/эвз.	Поток энергии, кал/сут				
		R_b	P_n+P_c	C_c	P_b	A_b
Станция № 1						
8.06	3,86	715,0	679,1	578,0	101,0	816,0
5.07	2,82	1309,2	1184,3	1116,1	68,2	1377,4
4.08	3,29	264,6	247,2	198,3	48,9	313,5
10.09	2,63	743,6	625,1	115,6	509,5	1253,1
7.12	3,56	828,4	552,3	526,0	26,0	854,4
Станция № 8						
8.06	2,33	13,7	9,6	7,9	1,7	15,4
8.07	1,02	84,9	57,4	47,4	10,0	94,9
4.08	1,19	85,6	66,0	7,8	58,2	143,8
8.09	3,29	92,8	84,4	66,2	18,2	111,0
Станция № 11						
9.06	2,68	85,3	47,3	4,2	43,1	128,4
6.07	0,95	412,5	279,0	5,4	273,6	686,1
5.08	2,11	133,1	74,4	9,4	65,0	198,1
10.09	1,81	109,4	57,6	40,8	16,8	126,2
9.12	1,72	47,4	24,7	—	24,7	72,1
Станция № 13						
9.06	0,98	82,9	55,9	2,3	53,6	136,5
6.07	0,004	893,5	609,9	59,5	550,4	1443,9
5.08	1,58	127,1	90,8	74,5	16,3	143,4
9.09	0,95	325,5	242,8	50,8	198,0	550,5
9.12	1,19	6,4	4,3	4,6	1,8	8,2

Примечание. R_b — траты на обмен животными сообщества; P_n, P_c — соответственно, продукция нехищных и хищных животных; C_c — рацион хищников; P_b — продукция сообщества; $A_b = P_b + R_b$ — поток энергии в сообществе. Величина $H=0,004$ при расчетах параметров уравнения (1) во внимание не принималась как случайная.

Из уравнений (2, 3) нетрудно вывести уравнение, отражающее зависимость индекса Вудивисса от индекса разнообразия:

$$WD = 6,17 - 6,47 e^{-0,414H}. \quad (4)$$

Поскольку есть основания считать, что изменения бентоса в реках под воздействием загрязнений могут быть отражены индексом Вудивисса, модифицированным применительно к видовому составу тех или иных акваторий, можно ожидать наличия связи между значениями этого индекса и разнообразием речных сообществ. В первом приближении эту связь можно выразить, исходя из уравнений (1, 3) в виде:

$$WD = 6,17 - 7,33 e^{-0,370H}. \quad (5)$$

Уравнение (5) может быть использовано при оценке изменений донных сообществ в загрязненной среде. Однако оно требует дополнительной проверки, направленной на уточнение количественного выражения входящих в него параметров.

Расчитанные величины потоков энергии в сообществах донных животных р. Рудной дают возможность в первом приближении оценить участие донных животных в процессах самоочищения реки. Сделаем некоторые допущения. Принимая во внимание, что на пlesaх и перекатах скорости течения различаются, для большей объективности расчетов участия животных в самоочищении на отдельных участках реки

логично предположить, что животные способны воздействовать не на всю толщу воды над ними, а лишь на придонный слой, толщина которого, например, не превышает 10 см, т. е. на объем воды не более 100 л над 1 м². С учетом сказанного, по данным табл. 3 рассчитаны потоки энергии и их составляющие для бентосных сообществ на отдельных участках реки как средние за время наблюдений.

На участке реки между станциями 1 и 8 средняя величина потока энергии через сообщества животных на площади 1 м² составляла $(922,9 + 91,3) : 2 = 507,1$ кал/сут, траты на обмен — 420,8 кал/сут. Бихроматная окисляемость воды на этом участке в среднем равна 5,6 мг О/л, что эквивалентно 19,1 кал/л. За время пробегания воды над этим участком поток энергии через сообщества донных животных составил 198,8 кал, или 10,4 % от величины бихроматной окисляемости воды в ее объеме, проходящим над 1 м² площади дна. Траты на обмен за это же время были равны 165 кал (8,6 %), что эквивалентно окислению около 0,03 мг беззольного органического вещества. Аналогичные расчеты, выполненные для участка реки между станциями 11 и 13, показали, что поток энергии достигал 349,4, траты на обмен — 225 кал/сут. За время прохождения воды над сообществами донных животных этого участка реки поток энергии через них не превышал 25,3 кал, траты на обмен — 16,3 кал, что соответственно составляло 0,61 и 0,40 % (0,003 мг беззольных органических веществ) от количества органических веществ, содержащихся в объеме воды, проходящим над донными животными за время пробегания воды.

Таким образом, на примере изучения структурных и функциональных характеристик сообществ животных бентоса р. Рудной были подтверждены установленные ранее для других водотоков зависимости между показателями структуры и функционирования сообществ донных животных.

*

Structure of communities of benthic organisms has been revealed with determination of their production in the Rudnaya River flowing from the eastern slope of the Sikhotealin Range towards the Sea of Japan. Structural and functional characteristics of the Rudnaya River and the Izhora River (Leningrad Region) are shown to be changed. An equation reflecting the Woodiwiss index relation to the index of diversity has been calculated. The role of benthic invertebrates in the self-purification processes of the river has been estimated in first approximation from values of energy flows. The previously established dependences between the indices of structure and functioning of benthic organisms' communities have been confirmed.

*

1. Алимов А. Ф. Структурно-функциональный подход к изучению сообществ водных животных // Экология.— 1982.— № 3.— С. 45—51.
2. Алимов А. Ф., Финогенова Н. П. Количественная оценка доли сообществ донных животных в процессах самоочищения пресноводных водоемов // Гидробиологические основы самоочищения вод.— Л., 1976.— С. 5—14.
3. Леванидов В. Я. Биомасса и структура донных биоценозов малых водотоков Чукотского полуострова // Пресноводная фауна Чукотского полуострова.— Тр. Биолог.-почв. ин-та ДВНЦ АН СССР.— 1976.— 36 (139).— С. 104—122.

Зоологический институт АН СССР, Ленинград

Поступила 30.12.86