

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ТЫМЬ
(О-В САХАЛИН) ПО СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ
ХАРАКТЕРИСТИКАМ МАКРОЗООБЕНТОСА**

Д.С. Даирова

Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), ул. Комсомольская, 196, Южно-Сахалинск, 6930023, Россия. E-mail: dairova3110@mail.ru

На основе анализа структурно-функциональных характеристик сообществ зообентоса проведена сравнительная оценка качества воды с использованием традиционных и интегральных методов биоиндикации на примере детального анализа качества воды и экологического состояния нижнего течения р. Тымь; показана необходимость их модификации с учетом региональных химических и биологических показателей.

**EVALUATION OF WATER QUALITY AND ECOLOGICAL
CONDITION OF DOWNSTREAM TYM' RIVER
(SAKHALIN ISLAND) BY STRUCTURAL AND FUNCTIONAL
CHARACTERISTICS OF THE MACROZOOBENTHOS**

D.S. Dairova

Sakhalin Scientific Research Institute of Fisheries & Oceanography (SakhNIRO), 196 Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia. E-mail: dairova3110@mail.ru

Based on an analysis of structural and functional characteristics of communities zoobenthos held a comparative assessment of water quality with use of traditional and integrated methods of bioindication on an example of the detailed analysis of quality of water and ecological status of downstream Tym' River, the necessity of updating of bioindication methods is shown in view of regional chemical and biological parameters.

Река Тымь – наиболее значительная водная артерия острова Сахалин. Река берет начало на южном склоне горы Лопатина (1609 м) Набильского хребта в системе Восточно-Сахалинских гор, в среднем течении протекает по заболоченной Тымь-Поронайской низменности, впадает в Ныйский залив Охотского моря (Руководство по гидробиологическому мониторингу..., 1992).

Изучению донной фауны р. Тымь посвящено всего несколько работ, касающихся вопросов систематики видов (Bogatov et al., 2003; Прозорова и др., 2004;

Лабай, 2005; Макаrenchенко, 1985; Макаrenchенко и др., 2005), и до настоящего времени она остается недостаточно изученной. В сентябре 2009 г. в ходе экспедиций лаборатории Гидробиологии отдела Прикладной экологии СахНИРО обследованы потамаль и эстуарная зона р. Тымь. Накопленный материал позволил достаточно подробно описать видовой состав, структуру, количественные характеристики зообентоса и закономерности их изменения в нижнем течении р. Тымь.

Цель работы – на основе анализа структурно-функциональных характеристик сообществ зообентоса оценить качество воды и экологическое состояние нижнего участка р. Тымь в осенний период 2009 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящего исследования послужили сборы проб макрозообентоса в нижнем течении р. Тымь в сентябре 2009 г. Работы выполнялись на шести разрезах – непосредственно в самом устье (разрезы № 1 и 2), в верхнеэстуарной зоне – в 6 км выше устья (разрезы № 3 и 4) и в потамали – в 20 км выше устья (разрезы № 5 и 6). На каждом разрезе отбиралось по 10 проб зообентоса.

Оценка качества воды осуществлялась с использованием биотического индекса Вудивисса (**БИ**) (Вудивисс, 1977; Woodowiiss, 1964), индекса сапробности (**S**) Пантле и Букка (Pantle, Buck, 1955) в модификации Сладечека (Sládeček, 1973), индекса Гуднайта и Уитлея (Goodnight, Whitley, 1961) в модификации Пареле D_i (1974).

Для оценки степени зрелости сообществ в ряду сукцессионных изменений применялся индекс I_{ABC} в модификации В.С. Лабая (Лебедева и др., 2002; Labay, Shevchenko, 2004). Для оценки видового разнообразия донных сообществ использовался индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера (**H**) (Shannon, Weaver, 1963), который был применен и для оценки качества воды исследуемых разрезов согласно градации чистоты вод В.А. Яковлева (1998).

Трофическая характеристика водных беспозвоночных, используемая при оценке качества воды и экологического состояния нижнего течения р. Тымь, принята по работам А.С. Константинова (1959), Э.И. Извековой (1975), К. Камминза (Cummins, 1973).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим динамику качества воды от устьевового участка до потамали реки с использованием биотического индекса (**БИ**). Качество воды исследуемых участков согласно значениям **БИ** можно охарактеризовать следующим образом: в устьевом участке наблюдается изменение класса качества воды (табл. 1) в направлении от «чистой» (II) до «умеренно загрязненной» (III), воды верхнеэстуарного участка и потамали оценивались в основном как «умеренно-загрязненные», что соответствует III классу качества вод.

Значения индекса сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека (**S**) характеризуют водоток на всех разрезах как «умеренно-загрязненный», что соответствует III классу качества вод, а исследуемые воды могут быть отнесены к β -мезосапробной зоне. Оценка качества воды по значениям индекса сапробности (**S**) и биотического индекса (**БИ**), рассчитанных по показателям зообентоса, согла-

Таблица 1
Сравнительная оценка методов биоиндикации по структурно-функциональным характеристикам сообществ зообентоса и фитоперифитона

	БИ		Н		D ₁		S по зообентосу		S по фитоперифитону		ИТК
	Разрезы	баллы	Значение индекса	Класс качества воды по В.А. Яковлеву (1998)	Значение	Класс качества воды	Значение	Класс качества воды, зона сапробности	Значение	Класс качества воды, зона сапробности	
Устьевой участок	1	7	1,48	IV	15,4	I	1,98	III, β-мезосапробная	1,37–1,51	II–III, о-β-мезосапробная	III
	2	6	1,40	IV	4,7	I	2,08	III, β-мезосапробная	1,44–1,55	II–III, о-β-мезосапробная	III
Верхне-эстуарная зона	3	5	1,71	III–IV	21,7	II	2,06	III, β-мезосапробная	1,36–1,46	II–III, о-β-мезосапробная	III
	4	6	1,82	III–IV	8,7	I	2,08	III, β-мезосапробная	1,39–1,46	II–III, о-β-мезосапробная	III
Потамаль	5	6	1,67	IV	13,0	I	2,07	III, β-мезосапробная	1,14–1,43	II, о, о-β-мезосапробная	IV
	6	5	1,10	IV	42,1	III	2,22	III, β-мезосапробная	1,44–1,56	II–III, о-β-мезосапробная	IV

Примечание: БИ - биотический индекс; Н - индекс Шеннона-Уивера; D₁ - олигохетный индекс Гуднайт-Уитлея в модификации Пареле; S - индекс сапробности; ИТК - индекс трофической комплектности.

судется с характеристикой исследуемых вод по значениям индекса сапробности (S), рассчитанных по показателям перифитона (табл.1).

Информационный индекс видового разнообразия (H) показывает заниженные результаты, т.к. он не учитывает гидролого-гидрографические параметры, влияющие на состав и распределение донных беспозвоночных. Например, в эстуарной зоне реки сообщества зообентоса крайне не стабильны из-за воздействия приливно-отливных явлений, вызывающих подвижность грунта, что в целом неблагоприятно сказывается для седентарных и сессильных форм. На формирова-

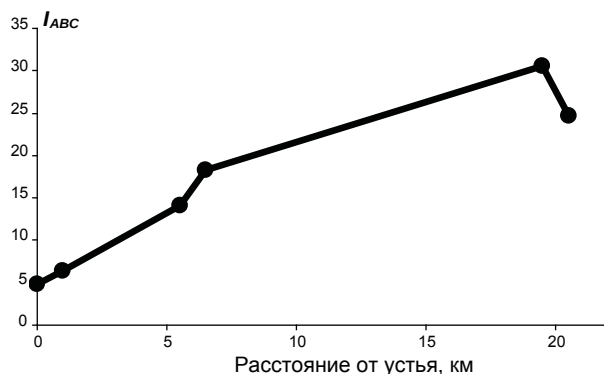


Рис.1. Динамика изменения степени зрелости сообществ по индексу I_{ABC} в нижней части р. Тымь

ние видовой структуры влияет и существование солевого барьера, поскольку морские формы обычно не выносят падения солености ниже 5–8 ‰, а пресноводные – ее повышение до таких величин. На неоднородность состава и распределения зообентоса указывают низкие значения индекса I_{ABC} (4,8–6,4 ‰). С продвижением от устья вверх по течению, где ослабевает влияние вышеперечисленных факторов, значения индекса I_{ABC} увеличиваются (рис.1).

Значения олигохетного индекса Гуднайта-Уитлея в модификации Пареле D_I (табл. 1) не отражают действительной картины состояния водотока в связи с тем, что он часто показывает завышенную оценку и не согласуется с показателями других индексов, кроме того при расчете данного индекса не учитывается видовой состав олигохет, а значит, и экологическое значение этой группы.

Одним из чувствительных показателей состояния водных экосистем и качества воды является трофическая структура зообентоса. На основании трофической структуры сообществ предложено несколько методов оценки экологического состояния водотоков и водоемов, один из них – это индекс трофической комплектности **ИТК** (Pavluk et al., 2000), который был разработан как индикатор функционирования водной экосистемы (Безматерных, 2008).

В эстуарной зоне, на всех четырех разрезах, в трофической структуре бентосных сообществ отмечено 7–8 трофических группировок. По методу **ИТК** качество воды эстуарной зоны отнесено к III классу качества воды (оценка «плохо»), а водная экосистема «подвержена значительному деструктивному воздействию от постоянного поступления токсических веществ или значительного механического возмущения донной поверхности, что способствует повышению количества взвешенных минеральных частиц в воде». В потамали обнаружено всего по 4 трофических группировок на каждом разрезе, что позволяет отнести качество исследуемой воды по методу **ИТК** к IV классу (оценка «очень плохо»). Согласно данной оценке экосистему потамали можно охарактеризовать следующим образом: «полный дисбаланс в функционировании водной экосистемы, перемещение веществ в пище-

вых цепях осуществляется по единичным путям, требуется серьезный пересмотр водохозяйственной политики на данной территории. Восстановление исходного состояния экосистемы при улучшении ситуации (прекращение загрязнения) может занять 1–3 года».

Ниже рассмотрим несколько информативных индексов трофического разнообразия Шеннона ($H_{\text{троф.}}$) и индекс N_x/N_m , характеризующий соотношение хищных и мирных организмов макрозообентоса как показатели состояния водных экосистем и качества воды.

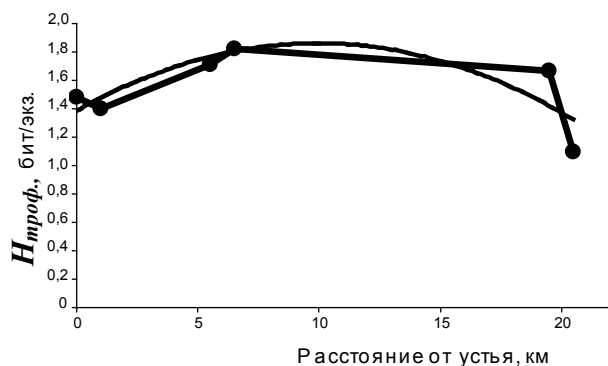


Рис. 2. Динамика изменения индекса трофического разнообразия ($H_{\text{троф.}}$) зообентоса в эстуарной зоне и потамали р. Тымь

потамали, отражая некоторое упрощение трофической структуры донных сообществ (рис. 2, 3).

Представляет интерес провести анализ соотношения хищных и мирных организмов макрозообентоса, результаты которого представлены в таблице 2. Как видно, в устьевом участке реки (табл. 2) отношение (N_x/N_m) численности «хищных» беспозвоночных к «мирным» существенно снижается, составляя 0,0035–0,0061, в сравнении с верхнеэстуарной зоной (за исключением разреза № 5), где относительная доля численности хищников в сравнении с «мирными» выше и находится в пределах 0,0377–0,0581. На уменьшение доли «мирных» беспозвоночных в верхнеэстуарной зоне, вероятнее всего, косвенно влияет сокращение запасов пищевых ресурсов вследствие подавления автотрофной компоненты экосистемы (фитопланктона и макрофитов), а также снижение роли детритного направления утилизации органического вещества.

В потамали произошло упрощение трофической структуры зообентоса, в которой из-за выпадения группы активных хищников, стала преобладать детритная цепь (рис. 3). В структуре сообщества исчезают и фильтраторы (группы СДФ и ДСФ), что возможно связано отсутствием приливно-отливных течений, с выеданием их бентосоядными рыбами и уменьшением укрытий на дне водоема, обусловленное преобладанием жестких грунтов (щебень, крупные фракции песка) и повышением мутности воды (высокие концентрации взвешенного вещества).

Следует отметить, что чрезвычайное упрощение трофической структуры зообентоса, выражающееся в заметном доминировании одной трофической

Для характеристики трофического разнообразия сообществ макрозообентоса использовали информационный индекс Шеннона ($H_{\text{троф.}}$) (Shannon, Weaver, 1963; Гиляров, 1967; Зинченко, 1982; Зинченко и др., 1983). Оценку производили по численности трофических групп в донных сообществах. Индекс трофического разнообразия Шеннона, рассчитанный по численностям трофических групп бентоса, снижается с 1,82 бит/экз. в эстуарной зоне до 1,1 бит/экз. в

Таблица 2
Соотношение численности мирных (N_m) и хищных (N_x) животных в нижнем течении р. Тымь

Тип участка реки		N_m (экз./м ²)	N_x (экз./м ²)	N_x/N_m
Устьевой участок	разрез № 1	3663	13	0,0035
	разрез № 2	1478	9	0,0061
Верхнеэстуарная зона	разрез № 3	310	18	0,0581
	разрез № 4	610	23	0,0377
Потамаль	разрез № 5	34	0	0
	разрез № 6	20	0	0

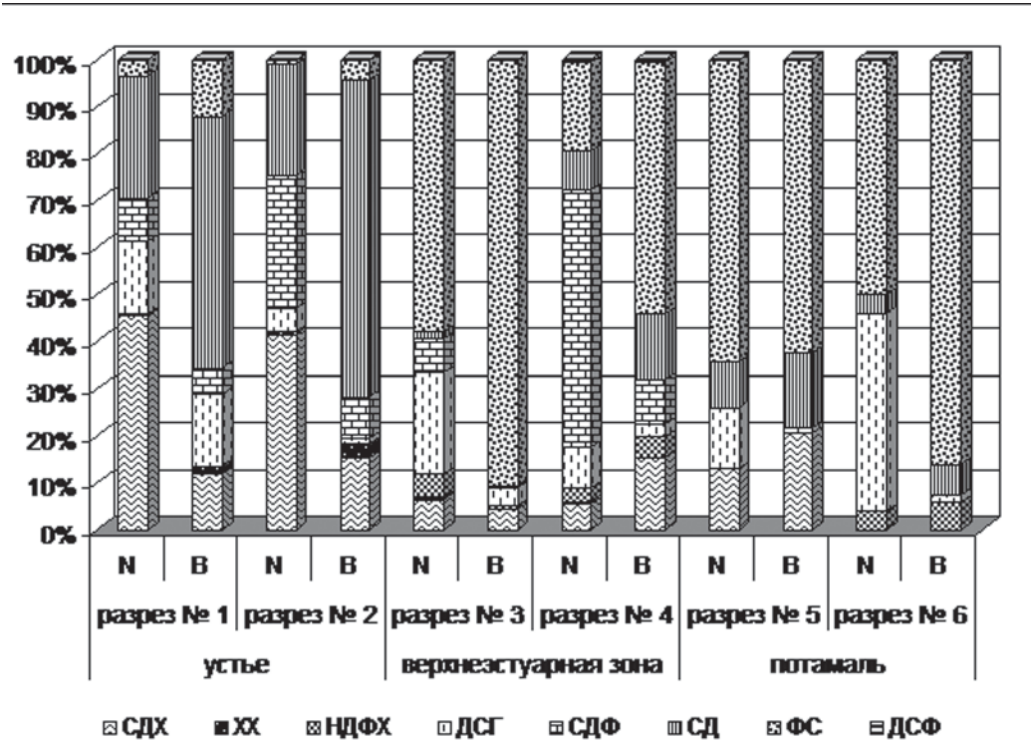


Рис. 3. Соотношение трофических групп зообентоса (% от общей численности (N) и биомассы (B) зообентоса) в нижней части р. Тымь: собирающие детритофаги, сакрофаги, необлигатные хищники (СДХ), хищники-хвататели (ХХ), неспециализированные детритофитофаги+факультативные хищники (НДФХ), детритофаги-собиратели+грунтозаглатыватели (ДСГ), сестонофаги+детритофаги-фильтраторы (СДФ), собирающие детритофаги (СД), фитодетритофаги-собиратели (ФС), детритофаги-собиратели+фильтраторы (ДСФ)

группировки (фитодетритофагов-собирателей), выпадения активных хищников и фильтраторов и тенденция снижения общего таксономического разнообразия, – обычное явление для зоны потамали рек Дальнего Востока (Леванидов, 1981; Богатов, 1994). Хотя согласно некоторым методам оценки качества воды по состоянию трофической структуры, разработанные преимущественно для равнинных

рек европейской части (Абакумов, Сушеня, 1991; Руководство по гидробиологическому мониторингу..., 1992; Яковлев, 1998, 2000) выше перечисленные признаки свидетельствуют об эвтрофировании и токсификации водотока, а состояние экосистемы потамали в целом определяется как экологический регресс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сравнительный анализ методов биоиндикации показал неинформативность индекса трофической комплектности (*ИТК*), олигохетного индекса Гуднайта-Уитлея (*D_I*), индекса Шеннона-Уивера (*H*) по отношению к исследуемой экосистеме, что в дальнейшем при оценке экологического состояния водотоков требует их региональной модификации. Кроме того, на основании результатов исследования показано, что при оценке степени загрязнения (оценке качества воды) эстуарной зоны и потамали р. Тымь по показателям донных сообществ необходимо учитывать неоднородность экологических (гидрологических, гидрохимических) условий, определяющих состав и степень развития зообентоса. Поэтому при изучении антропогенного влияния на зообентос исследуемых районов следует использовать данные многолетней динамики и закономерности пространственного распределения доминирующих групп и видов макрозообентоса.

ЛИТЕРАТУРА

- Абакумов В.А. Сушеня Л.М. 1991. Гидробиологический мониторинг пресных вод и пути его совершенствования // Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Л.: Гидрометеиздат. С. 41–51.
- Безматерных Д.М. 2008. Зообентос равнинных притоков Верхней Оби. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. 186 с.
- Богатов В.В. 1994. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.
- Вудивисс Ф. 1977. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхн. вод по гидробиол. показателям. СПб.: Гидрометеиздат. С. 132–161.
- Гиляров А.М. 1967. Теория информации в экологии // Успехи современной биологии. Т. 64, вып. 1/4. С. 107–115.
- Зинченко Т.Д. 1982. Хирономиды (Diptera, Chironomidae) – обрастатели водопроводного канала как биологические помехи в водоснабжении: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 23 с.
- Зинченко Т.Д., Извекова Э.И., Семенов Ю.Б. 1986. Пищевое поведение личинок *Cricotopus bicinctus* Meig. и *Orthocladius oblidens* Walk. – хирономид-обрастателей водопроводного канала // Поведение водных беспозвоночных: материалы IV Всесоюз. симпоз, Борок, 1983. Андропов. С. 130–135.
- Извекова Э.И. 1975. Питание и пищевые связи личинок массовых видов хирономид Учинского водохранилища: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 24 с.
- Константинов А.С. 1959. Питание личинок хирономид и некоторые пути повышения кормности водоемов. М.; Л. С. 260–269.
- Лабай В.С. 2005. Фауна высших раков (Crustacea, Malacostraca) пресных и солоноватых вод острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин Часть 2. Владивосток: Дальнаука. С. 64–87.

- Лебедева Н.В., Кривоулицкий Д.А. и др. 2002.** География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во Научного и методического центра. 432 с.
- Леванидов В.Я. 1981.** Экосистемы лососевых рек Дальнего Востока // Беспозвоночные животные в экосистемах лососевых рек Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 3–21.
- Макарченко Е.А. 1985.** Хирономиды Дальнего Востока СССР. Подсемейства Podonominae, Diamesinae, Prodiamesinae (Diptera, Chironomidae). Владивосток. 99 с.
- Макарченко Е.А., Макарченко Е.А., Зорина О.В., Холин С.К., Сергеева И.Е. 2005.** Фауна хирономид (Diptera, Chironomidae) острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин Часть 2. Владивосток: Дальнаука. С. 189–222.
- Пареле Э.А. 1974.** Олигохетофауна устьевого района реки Даугава в условиях загрязнения // Факторы самоочищения устьевого района р. Даугавы. Рига: Зинатне. С. 106–121.
- Прозорова Л.А., Богатов В.В., Саенко Е.М. 2004.** Новые данные по фауне пресноводных моллюсков острова / Под ред. С.Ю. Стороженко и др. Владивосток: Дальнаука. Ч. 1. С. 44–51.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973.** Дальний Восток. Сахалин и Курилы / Под ред. М.Г. Васильковского; Сах. упр. гидромет. службы. Л.: Гидрометеиздат. Т.18. вып.4. 262 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992.** Макрозообентос / Под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат. 319 с.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2003.** Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: Изд-во Самарского НЦ РАН. 463 с.
- Яковлев В.А. 1998.** Оценка качества поверхностных вод Кольского Севера по гидробиологическим показателям и данным биотестирования (практические рекомендации). Апатиты. 27 с.
- Яковлев В.А. 2000.** Трофическая структура зообентоса – показатель состояния водных экосистем и качества воды // Водные ресурсы. Т. 27. № 2. С. 237–253.
- Bogatov V.V., Prozorova L.A., Starobogatov Ya. I. 2003.** The family Margaritiferidae (Mollusca: Bivalvia) in Russia // Ruthenica. Vol. 13. N 1. P. 41–52.
- Cummins K.W. 1973.** Trophic relations of aquatic insects // Annual Review of Entomology. V. 18. P. 183–206.
- Goodnight C.J., Whitley C.J. 1961.** Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15-th Ind. Waste Conv. V. 106. P. 139–142.
- Labay V.S., Shevchenko G.V. 2004.** Influence of tidal currents on spatial distribution of benthic communities on the northern Sakhalin shelf // Proceedings of the 19th international symposium on Okhotsk sea & sea ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan. P. 308–313.
- Pantle R., Buck H. 1955.** Die biologische Überwachung der Gewässer und Darstellung der Ergebnisse // Gas- und Wasserfach. Bd 96. N 8. S. 1–604.
- Pavluk T.I., bij de Vaate A., Leslie N.A. 2000.** Biological assessment method based on trophic structure macroinvertebrate communities // Hydrobiologia. V. 427. P. 135–141.
- Shannon C.E., Weaver W. 1963.** The Mathematical Theory of Communication. Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press. 345 p.
- Sládeček V. 1973.** System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol., Beiheft., Ergebnisse der Limnol. Bd 7. S. 1–218.
- Woodowiiss F.S. 1964.** The biological system of stream classification used by the Trent Board // Chem. And Ind. V. 11. P. 443–447.