
УДК 574 (470.6)
ББК 28.082 (235.7)
Э 40

Якимов А.В.

Кандидат биологических наук, ведущий инженер-гидробиолог ФГБУ «Каббалкводресурсы», e-mail: yakimov_andrei@mail.ru

Шаповалов М.И.

Кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии факультета естествознания, эксперт-эколог лаборатории биоэкологического мониторинга беспозвоночных животных Адыгеи НИИ комплексных проблем Адыгейского государственного университета, тел. (8772) 59-39-38, e-mail: max_bio@rambler.ru

Шекихачев Х.Х.

Директор ФГБУ «Каббалкводресурсы», тел./факс (8662) 40-50-27

Ефимова Т.Н.

Кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и природопользования факультета лесного хозяйства и экологии Марийского государственного технического университета, e-mail: max_bio@rambler.ru

Гладкая О.Т.

Зам. директора ФГБУ «Каббалкводресурсы», тел./факс (8662) 40-50-27

**Экологическая оценка антропогенного воздействия на бентофауну
реки Баксан (Кабардино-Балкарская Республика, Центральный Кавказ)
(Рецензирована)**

Аннотация

Дана оценка современного антропогенного воздействия на сообщества донных организмов в реке. Проведена оценка класса качества и сапробности вод в реке Баксан, по показателям индекса загрязнения вод (ИЗВ) и биоиндикационным методом. В высотном аспекте отмечено изменение экологического состояния на различных участках реки Баксан. Рассматриваются причины ухудшения экологической обстановки данного водотока.

Ключевые слова: зообентос, сапробность текущих вод, шкала зон сапробности, виды индикаторов загрязнения, река Баксан, Центральный Кавказ.

Yakimov A.V.

Candidate of Biology, leading engineer-hydrobiologist of FGBU «Kabbalkvodresursy», e-mail: yakimov_andrei@mail.ru

Shapovalov M.I.

Candidate of Biology, Associate Professor of Physiology Department of Natural Science Faculty, Environmental Expert of Laboratory of Bio-Ecological Monitoring of Invertebrate Animals in Adygeya Republic at Research Institute of Complex Problems, Adyghe State University, ph. (8772) 59-39-38, e-mail: max_bio@rambler.ru

Shekikhachev Kh.Kh.

Director of FGBU «Kabbalkvodresursy», ph./fax (8662) 40-50-27

Efimova T.N.

Candidate of Biology, Associate Professor of Ecology and Nature Management Department, Forestry and Ecology Faculty, Mariysky State Technical University, e-mail: max_bio@rambler.ru

Gladkaya O.T.

Deputy Director of FGBU «Kabbalkvodresursy», ph./fax (8662) 40-50-27

**Environmental assessment of anthropogenic influence on the benthic fauna
of the Baksan river (Kabardino-Balkarian Republic, Central Caucasus)**

Abstract

The paper presents the evaluation of the current anthropogenic influence on communities of benthic organisms in the river. Class of quality and in-stream water saprobity were defined using the index of water pollu-

tion (WPI) and bioindication method. Changes in ecological conditions are observed in different high-altitude parts of the Baksan river. Reasons for the deterioration of the environmental situation of this water body are examined.

Keywords: *zoobenthos, saprobity of flowing water, scale of saprobic zones, types of indicators of pollution, river Baksan, Central Caucasus.*

Введение

Применяемые в настоящее время методы физического и химического анализа вод не могут дать полной оценки воздействия хозяйственной деятельности человека на окружающую среду, эти методы отражают ситуацию непосредственно в период взятия проб. Однако получить по ним полную характеристику среды невозможно, т.к. главный критерий – реакция на нее биоты, остается неучтенным. Биологический метод позволяет обнаружить экологические эффекты воздействия на водоем за предшествующий времени анализа период. Биологические системы реагируют на все виды загрязнений независимо от их природы и дают интегрированную характеристику качества воды как среды обитания [1].

В связи с тем, что химический состав воды и объем поступающих загрязнений является фактором первостепенной важности, определяющим состояние экосистемы водных объектов, нами был проанализирован объем и характер сточных вод, попадающих в реку Баксан (Кабардино-Балкарская Республика) и их влияние на зообентосные сообщества данного водотока. В настоящей работе отражены результаты биоиндикации качества воды в реке Баксан, полученные за период 2002-2010 гг.

Река Баксан берет свое начало с южного склона горы Эльбрус на высоте 2340 м над ур.м. и впадает в реку Малка у г. Прохладный (185 м над ур.м.). Исток Баксана находится на леднике Большой Азау. Большая часть площади водосбора реки расположена в центральной части Большого Кавказа. Бассейн реки имеет треугольную форму и вытянут в северо-восточном направлении. Общая длина бассейна – 150 км, средняя ширина – 45 км, площадь бассейна реки Баксан – 6800 км².

В верховьях реки Баксан (до г. Тырнауза и пос. Былым) имеется множество притоков, стекающих с ледников Эльбруса, Главного и Бокового хребтов. Среди них выделяются Ирик, Кыртык, Юсенги, Адылсу, Адырсу, Тютюсу, Герхожансу, Кестанты. Крупным притоком Баксана в горной части его бассейна является Гунделен, впадающий в него слева у с. Заюково.

Паводковый режим реки Баксан наблюдается в летние месяцы – конец мая – август. Максимальные уровни отмечаются в июле-августе. Пики уровня реки образуются в периоды, когда на летнее половодье накладываются кратковременные обильные ливни. Минимальные расходы воды приходятся на зимний период.

Сток наносов реки Баксан формируется по всей площади водосбора, в пределах которой развиты плоскостной смыв, линейная эрозия. Сток взвешенных частиц в течение года неравномерен. Большая часть твердого стока приходится на период половодья и паводков [2].

Для горных рек Кавказа в аспекте оценки качества вод наиболее показательны бентосные животные, они чаще всего представлены автохтонным литореофильным комплексом. Биоценозы дна, формируясь в определенных условиях, в течение длительного времени и достаточно надежно отражают степень антропогенного воздействия на экосистемы, позволяют судить о динамике процессов самоочищения воды. Таксономический состав и количественные показатели (общая численность и биомасса, численность и биомасса отдельных групп организмов) являются основой для оценки качества воды по показателям зообентоса. В ряде случаев бентонтов можно использовать и для диагностики токсикологического загрязнения среды, хотя шкала токсобности поверх-

ностных вод до сих пор не разработана [3, 4].

Цель работы: изучить изменения бентофауны реки Баксан, вызванные воздействием технических сточных вод, дать интегральную оценку экологического состояния реки по гидробиологическим и гидрохимическим показателям.

Материал и методы исследования

Всего из реки Баксан за 2002-2010 гг. согласно общепринятой методике [5-7] было отобрано более 2000 гидрохимических и гидробиологических проб, охватывающих все сезоны года.

Гидрохимические индексы загрязнения воды (ИЗВ) получены в результате обработки наблюдений за загрязнением поверхностных вод в реке Баксан. В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяются по качеству на 6 классов [8], которые также характеризуются определенным индексом сапробности (степени органического загрязнения).

Качество поверхностных вод в реке Баксан определялось биоиндикационным методом Пантле-Бука в модификации Сладечека [9, 10]. Расчет сапробности водоемов проведен по формуле:

$$S = \frac{\sum S_i h_i}{\sum h_i},$$

где S – общая сапробность водоема, S_i – индивидуальный индекс определенного вида, h_i – частота встречаемости, изменяющаяся от 1 до 9 (1 – в пробе единично, 3 – мало, 5 – среднее, 7 – много, 9 – очень много).

Индивидуальные индексы сапробности организмов (S_i) взяты из «Временных методических указаний по гидробиологическому анализу качества вод малых рек» [5, 6], а также других справочных пособий [7, 11]. Шкала сапробности приведена в таблице 1.

Таблица 1

Шкала зон сапробности в реках по гидробиологическим показателям
(по Горидченко [5], с дополнениями)

Качество вод	Класс вод	Индекс сапробности	Относительная численность олигохет от общего числа организмов в пробе, %
Очень чистые (оч), ксеносапробные (к)	I	менее 0,5	1-20
Чистые (ч), олигосапробные (о)	II	0,5-1,5	21-35
Умеренно загрязненные (уз), бета-мезосапробные (β)	III	1,51-2,50	36-50
Загрязненные (з), альфамезосапробные (α)	IV	2,51-3,5	51-65
Грязные (г), полисапробные (п)	V	3,51-4,50	66-85
Очень грязные (ог), гиперполисапробные (гп)	VI	4,5 и более	86-100 или макрозообентос отсутствует

Сборы зообентоса производились с каменистого или каменисто-галечного субстрата на удалении не менее 50 см от береговой линии. Для количественного учета

гидробионтов с донного субстрата использован наиболее приемлемый прибор для работы на горных реках – бентометр Садовского [12]. Для взятия проб дрефта в водном потоке использовался гидробиологический сачок. Пойманные животные фиксировались 70° раствором этилового спирта. Фиксированный материал во избежание обесцвечивания хранится в темноте. Идентификация водных беспозвоночных проводилась с использованием соответствующих определительных пособий [13, 14]. Координаты створов фиксировались при помощи GPS-навигатора.

Результаты исследований и их обсуждение

В условиях Кабардино-Балкарской Республики впервые проведена экологическая оценка антропогенного воздействия на бентофауну реки Баксан. Перечень основных водопотребителей приведен в таблице 2. С 2001 г. деятельность Тырныузского горно-обогатительного комбината (ТГОК) – главного источника загрязнения реки Баксан – приостановлена. В результате объем сточных вод заметно снизился: 37,0-55,0 тыс. м³ в 2004-2005 гг. (табл. 2) против 14906 тыс. м³ в 1993 г. [15]. Однако хвостохранилище ТГОК, занимающее значительную территорию в долине Баксана (пос. Былым) и неподдающееся надежной рекультивации, остается крупным сосредоточенным источником загрязнения реки.

Таблица 2

Объем и структура сточных вод, сбрасываемых в реку Баксан предприятиями

№ п/п	Наименование водопользователя	Приемник сточных вод и расстояние от устья в км	Объем сброса сточных вод, тыс. м ³		Категория сбрасываемых сточных вод
			2004 г.	2005 г.	
1.	МУП ЖКХ «Приэльбрусье», пос. Эльбрус	р. Баксан, 167	313,0	313,0	недостаточно очищенные
2.	«Институт ядерных исследований РАН» «Баксанская нейтринная обсерватория (БНО), пос. Нейтрино	р. Баксан, 150	51,0	51,0	недостаточно очищенные
			416,0	420,0	нормативно-чистые (без очистки)
3.	ОАО «Тырныузский горно-обогатительный комбинат», г. Тырныуз (ТГОК)	р. Баксан, 114	55,0	37,0	загрязненные без очистки
4.	ОАО «Эльбрусводоканал», г. Тырныуз	р. Баксан, 111	1717,0	1760,4	недостаточно очищенные
		р. Баксан, 110	1911,0	1868,5	загрязненные без очистки
5.	МУП «Баксанрайводоканал», г. Баксан	р. Баксан, 58	3885,0	3890,0	недостаточно очищенные
6.	ОАО «Радуга», с. Алтуд	р. Баксан, 20	2,0	1,0	загрязненные без очистки
Итого по р. Баксан:			8350,0	8340,9	

Гидрохимическая и гидробиологическая оценка современного состояния вод реки Баксан отражена в таблицах 3 и 4. По сравнению с периодом деятельности ТГОК качество воды в реке Баксан заметно улучшилось. На фоновом створе отмечено значительное содержание Al (4,5 ПДК), Fe общего (4,1 ПДК), Mn (3,4 ПДК), Cu (2,8 ПДК), Mo (в среднем около 2 ПДК) и W (0-2,5 ПДК) связано с наличием полиминеральных руд на всей водосборной площади. Поэтому индекс загрязнения вод чаще всего характеризует фоновые створы как «умеренно загрязненные». По данным биоиндикации они оцениваются как «чистейшие» и «чистые» (сапробность от 0,4 до 1,5). Действительно, только здесь отмечены особо требовательные к чистоте воды биоценозы, включающие, в том числе, эндемичные виды зообентоса (*Protonemura* sp., *Isoperla* sp., *Taeniopteryx caucasica*, *Epeorus (Caucasiron)* sp., *Baetis baksan*, *Rh. torrentium*, *Drusus caucasicus*, *Prosimulium pronevitshae*, *Metacnephia nigra*, *Schoenbaueria subpussila*, *Montisimulium montium*, *Simulium monticola*, *Diamesa insignipes*, *Orthocladius rivicola*, *O. rivulorum*, *Liponeura decipiens*, *Liponeura cinerascens*, *Aspistomyia elegans*, *Dicranota bimaculata*, *Hexatoma bicolor*, *Wiedemannia lamellata* и др.).

Таблица 3

Гидрохимическая (ИЗВ) и гидробиологическая (сапробность) оценка качества воды в реке Баксан

Створ (населенные пункты)	Качество воды, класс			Зона сапробности / качество / класс 2003-2005 гг.
	2003 г.	2004 г.	2005 г.	
Пос. Тегенекли (фон)	уз, III	ч, II	уз, III	о / ч / II
Выше г. Тырнауз	уз, III	з, IV	уз, III	о / ч / II
Ниже г. Тырнауз и ТГОК	уз, III	з, IV	г, IV	β - α / уз-з / III-IV
Ниже г. Баксан	з, IV	з, IV	г, V	β - p / уз-г / IV-V
г. Прохладный (устье)	уз, III	уз, III	уз, III	β / уз / III

Таблица 4

Классификация вод реки Баксан по уровню загрязненности (ИЗВ) в период за 2005–2010 гг.

№ п/п	Пункт наблюдения	Величина (ИЗВ) / Критический класс качества воды					
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
1.	Пос. Тегенекли (фон)	1,2	1,12	1,29	1,73	1,168	1,004
2.	Выше г. Тырнауз	2,54	2,07	1,96	4,05 / V	1,405	1,621
3.	Ниже г. Тырнауз и хвостохранилища ТГОК	4,0 / V	3,55	3,29	4,91 / V	2,129	2,445
4.	С. Исламей	3,2	2,88	3,03	5,21 / V	2,191	2,486
5.	г. Прохладный – устье	2,3	1,8	1,94	3,24	1,196	1,856

Даже с прекращением деятельности ТГОК стоки с его хвостохранилища (около 1200 м над ур.м.) значительно повышают концентрацию молибдена и вольфрама в воде Баксана по сравнению с фоном: Mo – до 50 и более ПДК, W – до 46 ПДК. По ИЗВ здесь вода по годам «загрязненная» или «грязная». Реакцией биоты на такое загрязнение является ее заметное обеднение: из вышеприведенного списка фоновых видов полностью выпадают ручейник *Drusus caucasicus*, самый многочисленный вид в верховье, а также веснянки и поденки. Численность оставшихся видов резко сокращается.

Следует отметить, что загрязняющее действие хвостохранилища ТГОК (многократные превышения ПДК по Mo и W) распространяется на Малку и даже Терек. Разработка Тырныаузского месторождения полиминеральных руд являет пример пагубности горнодобывающей промышленности как для качества вод наших рек, так и для их обитателей.

В высотном аспекте отмечено изменение экологического состояния на разных участках реки Баксан. Поверхностные воды верховий (пос. Тегенекли, 1950 м над ур.м, с. ш. 43°14'82", в. д. 42°33'76") реки Баксан по биоиндикационным показателям в 2008-2010 гг. вышли за пределы ксеносапробных (чистейших), пока еще остаются в олигосапробной зоне ($S_o=0,85-1,35$). Это несколько хуже по сравнению с прошлыми годами (0,4-0,85). Фактом, указывающим на тенденцию снижения качества воды, является уменьшение численности и полное выпадение из донных сообществ ряда ранее доминировавших здесь ксено- и олигосапробных видов.

Вплоть до г. Тырныауз (1301 м над ур.м, с.ш. 43°22'20", в.д. 42°54'24") сапробность колеблется в пределах 1,0-1,3 (олигосапробная зона).

Некоторое увеличение сапробности ($S_o=1,5-1,9$) наблюдается уже ниже очистных сооружений г. Тырныауз (1100 м над ур. м, с.ш. 43°26'69", в.д. 43°00'13"). Здесь из списка гидробионтов полностью выпадают ксеносапробные виды, а численность олигосапробных заметно сокращается. На данном створе индикаторами специфического загрязнения продолжают выступать личинки поденки *Baetis*, комаров-звонцов *Diamesa* sp. и др. Аналогичная картина наблюдалась и у пос. Былым (1078 м над ур.м, с.ш. 43°27'43", в.д., 43°00'83").

Сапробность поверхностных вод Баксана у с. Исламей (515 м над ур.м, с.ш. 43°40'01", в.д., 43°27'70") в течение всего периода исследований не покидала беттаме-зосапробной зоны (1,75-2,20, умеренно загрязненные воды).

Существенное влияние на экосистему реки Баксан оказывают сточные воды очистных сооружений г. Баксан (355 м над ур.м, с.ш. 43°39'25", в.д. 43°39'45"), которые значительно ухудшают экологическое состояние данной реки. Сапробность воды в данной точке в 2010 г. составила 2,75-3,45.

В нижнем створе р. Баксан, перед слиянием с р. Малка у г. Прохладный (185 м над ур.м, с.ш. 43°43'24", в.д. 44°03'12"), происходит резкое снижение общей численности гидробионтов во все сезоны года при росте биоразнообразия (до 7-12 видов гидробионтов в пробе) за счет резистентных к загрязнению видов – *Hydropsyche* sp., *Atherix* sp., *Tipula* sp. и др.

Общая закономерность такова, что в верхних створах ледниковой реки Баксан в сообществах дна продолжают доминировать ксено- и олигосапробные беспозвоночные – личинки ортокладиин *Orthocladius* sp., ручейников *Drusus* sp. и *Rhyacophila* sp., веснянок *Protonemura* sp., *Taenitopteryx* sp. и др., поденок *Epeorus* sp., *Baetis* группы «*tricolor*», мошек и др. В нижних створах при наличии источников органического загрязнения их заменяют личинки хирономин и таниподин, комаров-долгоножек *Tipula* sp., нематоды и, прежде всего, олигохеты. Доля нетребовательных к чистоте и толерантных к загрязнению поверхностных вод видов особенно велика в зонах повышенного поступления соединений азота и фосфора, приуроченных к местам сброса вод очистных сооружений.

Выводы

1. В высотном аспекте отмечено изменение экологического состояния на различных участках реки Баксан, что отражается в наметившейся тенденции сокращения численности и даже выпадении отдельных ранее выявленных ксено- и олигосапробных ви-

дов зообентоса. Индикаторами специфического загрязнения в условиях водотока выступают личинки поденок рода *Baetis* и личинки Diptera. Доля нетребовательных к чистоте и толерантных к загрязнению поверхностных вод видов увеличивается в зонах повышенного поступления соединений азота и фосфора, приуроченных к местам сброса вод очистных сооружений.

2. Общее экологическое состояние реки Баксана вниз по течению до очистных сооружений г. Баксан, по биологическим показателям за 2002-2010 гг., имеет тенденцию к некоторому улучшению, что напрямую связано с остановкой деятельности ТГОК.

3. Ниже г. Баксан, в районе с. Кишпек, наблюдается резкое ухудшение качества поверхностных вод, что обусловлено прямым сбросом канализационно-бытовых стоков города непосредственно в реку. Данное негативное влияние смягчается лишь после впадения в реку Баксан реки Черек. Сапробность воды из «загрязненной» и «грязной» (IV–V класс качества) переходит в «умеренно загрязненную» зону (III класс качества).

Примечания:

1. Макрушин А.В. Возможности и роль биологического анализа в оценке степени загрязнения водоемов // Гидробиологический журнал. 1974. Т. 10. № 2. С. 98-104.
2. Лурье П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 506 с.
3. Mayer F., Ellersieck M.R. Manual of acute toxicity: interpretation and data base for 410 chemical and 66 species of freshwater animals // US Dep. Inter. Fish and Wildlife Serv. Resour. Publ. 1986. No. 160, IV. 506 pp.
4. Schulz R., Liess M. Chronic effects of low insecticide concentrations on freshwater caddisfly larvae // Hydrobiologia. 1995. Vol. 299, No. 2. P. 103-113.
5. Горидченко Т.П. Временные методические указания по гидробиологическому анализу качества вод малых рек. М., 1994. 204 с.
6. Горидченко Т.П. Временные методические указания по осуществлению отбора гидробиологических проб на малых реках. М., 1994. 86 с.
7. ГОСТ 17.1.3.07-82. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
8. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. Утв. Госкомгидрометом СССР 22.09.1986 г. № 250-1163. М.: 1986. 5 с.
9. Sladeczek V. System of water quality from

References:

1. Makrushin A.V. Capabilities and the role of the biological analysis in the assessment of pollution rate of water reservoirs // Hydrobiological journal. 1974. Vol. 10. No. 2. P. 98-104.
2. Lurye P.M. Water resources and water balance of the Caucasus. SPb.: Gidrometeoizdat, 2002. 506 pp.
3. Mayer F., Ellersieck M.R. Manual of acute toxicity: interpretation and data base for 410 chemical and 66 species of freshwater animals // US Dep. Inter. Fish and Wildlife Serv. Resour. Publ. 1986. No. 160, IV. 506 pp.
4. Schulz R., Liess M. Chronic effects of low insecticide concentrations on freshwater caddisfly larvae // Hydrobiologia. 1995. Vol. 299, No. 2. P. 103-113.
5. Goridchenko T.P. Temporary methodological instructions according to the hydrobiological analysis of quality of waters of the small rivers. M., 1994. 204 pp.
6. Goridchenko T.P. Temporary methodological instructions on realization of selection of hydrobiological tests on small rivers. M., 1994. 86 pp.
7. State Standard 17.1.3.07-82. Rules of control of quality of water of water reservoirs and water currents.
8. Temporary methodological instructions on integrated assessment of quality of surface and sea waters. Approved by the USSR Goskomgidromet 22.09.1986 of No. 250-1163. M.: 1986. 5 pp.
9. Sladeczek V. System of water quality from

-
- biological point of view // *Egetnisse der Limnologie*. Heft. 7. 1973. P. 1-218.
10. Константинов А.С. Общая гидробиология. Учебник для биолог. спец. ун-тов. М.: Высшая школа, 1979. 480 с.
11. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Протектор, 2000. С. 821-828.
12. Садовский А.А. Бентометр – новый прибор для количественного сбора зообентоса в горных реках // Сообщение АН Груз. ССР, 1948. IX, 6. С. 365.
13. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Планктон, бентос. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 648 с.
14. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под общей ред. С.Я. Цалолихина. Т. 1-5. СПб., 1994-2001.
15. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Кабардино-Балкарской республики за 1993 год. Нальчик: Мин-природы КБР, 1994. 82 с.
- biological point of view // *Egetnisse der Limnologie*. Heft. 7. 1973. P. 1-218.
10. Konstantinov A.S. General hydrobiology. A textbook for the biolog. special higher schools. M.: Vysshaya Shkola, 1979. 480 pp.
11. Fomin G.S. Water. Control of chemical, bacterial and radiation safety by international standards. Encyclopedic reference book. 3rd ed., revised and enlarged. M.: Protector, 2000. P. 821-828.
12. Sadovskiy A.A. Benthometer – a new device for quantitative collection of zoobenthos in the mountain rivers // Report of the Georgian SSR AS, 1948. IX, 6. P. 365.
13. Identification guide of freshwater invertebrates of the European part of the USSR. Plankton, benthos. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 648 pp.
14. Identification guide of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories / under the general ed. of Tsalolikhin. Vol. 1-5. SPb., 1994-2001.
15. The state report on the environment condition of the Kabardino-Balkarian republic for 1993. Nalchik: KBR Ministry for Protection of the Environment and Natural Resources, 1994. 82 pp.