

© Журнал «Инженерная экология», № 6 1998г.

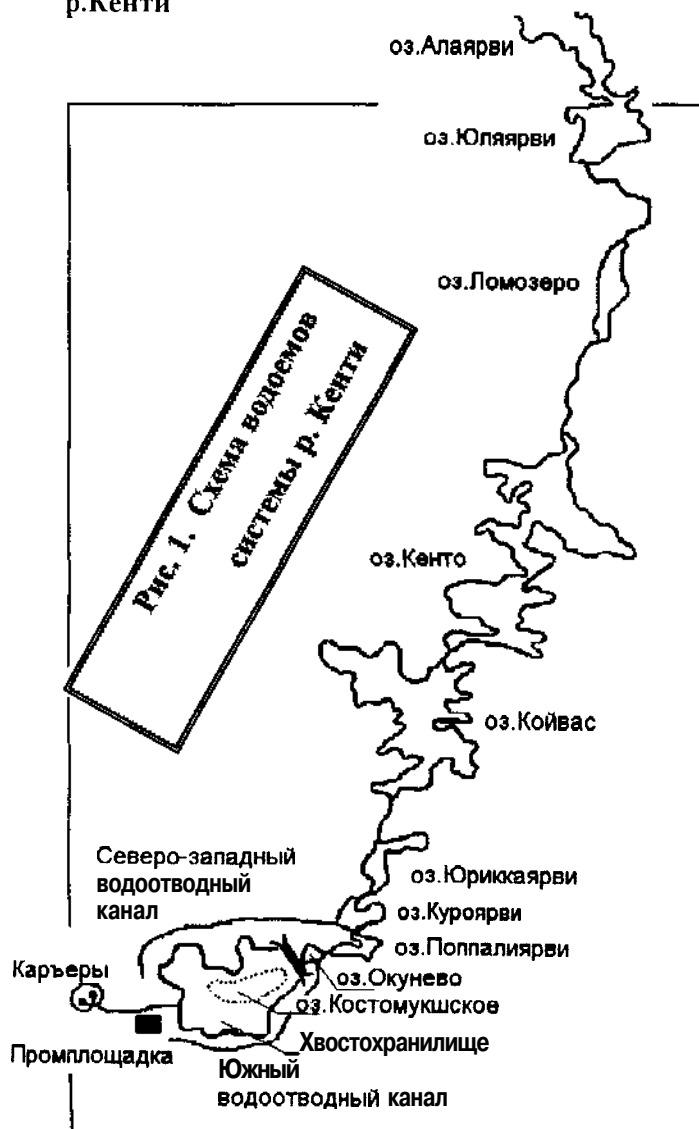
© Издательство «Инженерная экология», Москва, РФ, 1998 г.

Комплексная оценка эколого-техногенной нагрузки (Костомукшский ГОК) на водные системы (р. Кенти)

*В.И. Кухарев, Н.М.Калинкина, Л.В.Дубровина, А.В.Рябинкин,
Л.И.Власова, А.К.Морозов, П.А.Лозовик*

Костомукшский горнообогатительный комбинат (ГОК), расположен на северо-западе Карелии. Технологические процессы комбината предусматривают использование значительных объемов воды, что рождает много водоохранных проблем. Основное воздействие ГОК на экосистемы водоемов обусловлено техногенными водами, попадающими в озерно-речную систему р.Кенти

Бассейн этой реки - частный водосбор р.Кеми - западного притока **Белого моря**. Площадь бассейна **949 км²**, протяженность реки 75 км. Река протекает через **10 озер**, верхнее из которых (*оз.Костомукшское*) отгорожено дамбой и служит для оборотного водоснабжения технологических процессов и складирования отходов рудосодержащей породы («хвостов») (**рис.1**).



Наиболее крупное из озер системы, **оз.Кенто**, имеет площадь **28,1 км²** и максимальную глубину **23,5 м**. Средние глубины озер находятся в пределах от **2,6 (оз.Окунево)** до **6,4 м (оз.Ломозеро)**. Объем воды в них составляет от **0,001 (оз.Окунево)** до **0,103 км³ (оз.Кенто)** [1]

В истории превращения *оз.Костомукшского* в хвостохранилище можно выделить **2 периода**. Первый начинается с момента строительства дамбы (1979 г.) и характеризуется подъемом уровня водоема. Начало *второго* - **1994 г.**, когда уровень достиг предельно допустимой отметки и когда стали производиться регулируемые сбросы воды в систему **р.Кенти** в объемах **(10 - 18) 10⁶ м³/год**.

Развитие ГОК привело к заметным преобразованиям гидрографической сети и, вследствие этого, к изменению гидрологического режима водоемов верхнего участка озерно-речной системы. В наибольшей степени изменился режим *оз.Костомукшского* - хвостохранилища. В результате строительства и ввода в эксплуатацию южного и северо-западного водоотводных каналов произошло заметное изменение всех параметров этого водоема [2].

Ф площадь водосбора снизилась (**142 - 68,4 км²**), Ф уровень воды поднялся более, чем на **20 м**, Ф площадь зеркала увеличилась с **5,18** до **34,2 км²**, Ф объем воды возрос от **0,017** до **0,430 км³**.

По мере наполнения хвостохранилища возрастал и объем воды, фильтрующейся через тело плотины. В настоящее время отмечается его стабилизация на уровне $(2...2,5) 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$, что вызвано:

- увеличением пути фильтрации воды с ростом высоты и ширины основания плотины,
- заиливанием и кольматацией приплотинной части ложа и склона дамбы.

Нарушение естественной структуры гидрографической сети и изоляция водосборной площади хвостохранилища, замыкаемой дамбой, привели к количественным изменениям в гидрологическом режиме нижележащих водоемов. Вследствие сокращения площади водосборов уменьшился среднегодовой приток в водоемы и его доля в водном балансе. В результате этого изменилась степень проточности озер. К настоящему времени продолжительность периодов условного водообмена верхних озер системы увеличилось в 1,5...2 раза [2].

Изменение структуры гидрографической сети и количественных гидрологических характеристик водоемов системы **р. Кенти** сопровождалось нарушением их естественного гидрохимического режима. Воды озер этой системы (до строительства комбината) относились к *маломинерализованным* (с суммой главных ионов - до 20 мг/л), гидрокарбонатному классу группы кальция и магния. Содержание суммы ионов калия и натрия составляло 1,5...3,0 мг/л, а отношение

$K/Na - 0,3...0,5$. Водоемы относились к *мезополигуменным*, их воды характеризовались низким содержанием биогенных элементов [3]. По указанным и другим гидрохимическим характеристикам (содержание железа, органических и взвешенных веществ, газовый режим, pH и т.д.) природные воды системы **р. Кенти** характеризовались как типичные для этого района **Карелии** [4].

Формирование химического состава воды хвостохранилища осуществлялось, помимо притока с водосбора, осадков и испарения, за счет выщелачивания руды в технологическом цикле и поступления рудничных вод из карьеров.

Наиболее выраженные изменения произошли в **минеральном составе воды (табл.1)**.

Сумма главных ионов возросла более, чем в 30 раз, среди катионов стали доминировать ионы калия, выровнялись доли карбонатов и сульфатов.

По мере повышения содержания ионов калия, происходило существенное изменение соотношения *главных катионов*. В этой связи было необходимо определить последствия такого аномального явления для обитателей водоемов. На первом этапе были проанализированы уже имеющиеся сведения по вопросу влияния неорганических ионов и их различных соотношений на водные организмы.

**Минерализация и ионный состав воды оз. Костомукишского (1975 г),
хвостохранилища, фильтрационной воды и
озер Окунево, Поппалярви и Койвас (1997 г)**

Таблица 1

Место отбора проб	Сумма ионов, мг/л	Ионный состав, экв.-%						
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
оз. Костомукишское	14,0	48	33	3	16	71	14	8
Хвостохранилище	458,0	18	15	56	11	48	45	4
Фильтрационная вода	750,6	29	12	53	6	33	65	2
оз. Окунево	319,1	24,5	19	46	10,5	43	45,5	3,5
оз. Поппалярви	223,9	27	18	41	14	39	46	3
оз. Койвас	96,1	25	19	44	12	42	48	4

Известно, что для жизни почти всех гидробионтов необходимо сохранение в определенных пределах как осмотического давления, так и постоянного соотношения солей во внешней и внутриклеточной среде. Нарушение любого из этих условий может служить причиной гибели животных. Для нормальной возбудимости, проницаемости, сократимости, специфических биохимических реакций и других функциональных особенностей отдельных тканей необходимо поддержание строгого баланса ионов. Постоянство ионного состава внутренней среды обеспечивает осморегуляторная функция. С изменением соотношения щелочных и щелочно-земельных металлов меняются различные клеточные функции [5].

Жан Леб в 1925 году ввел в физиологию понятие так называемого ионного коэффициента $C(Na+K)/C(Mg+Ca)$. Согласно этому, нормальная возбудимость тканей определяется постоянством этого соотношения, то есть отношением между суммой одновалентных и суммой двухвалентных ионов, независимо от общей концентрации солей [6]. К подобному заключению приходят в 60-х годах Проссер и Браун [5]. В.В.Хлебович [7] высказывает мнение, что изменение внутриклеточной концентрации и со-

отношений неорганических ионов (Na^+ , K^+ , Mg^{++}) воздействуют на ядерный аппарат клетки.

Нами были проведены экспериментальные исследования с целью выявления изменения соотношений щелочных и щелочно-земельных металлов в воде хвостохранилища на развитие негативного воздействия среды на водные организмы. В качестве тест-организмов, наряду с *D. magna* Straus использовался планктонный рачок *Simocephalus serrulatus* (Koch) (лабораторная культура), как организм, более чувствительный к изменению минерального состава среды.

Для получения растворов с различным соотношением катионов или с одним катионом, не нарушая при этом существенно состав анионов, использовали метод ионного обмена. В результате катионирования происходило освобождение от всех катионов, поэтому исследовался чистый эффект влияния внесенных в раствор K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и их различных соотношений.

При одинаковом соотношении $[Na] / [K]$ выживаемость существенно повышалась при увеличении содержания Ca^{2+} и Mg^{2+} (рис 2) в пропорциях $[Ca+Mg]$: 1 - 0,0; 2 - 0,5; 3 - 1,0; 4 - 2,0; 5 - 3,0; $[Ca+Mg]/[Na+K]$: 1 - 0,05; 2 - 0,11; 3 - 0,25; 4 - 0,67; 5 - 1,50.

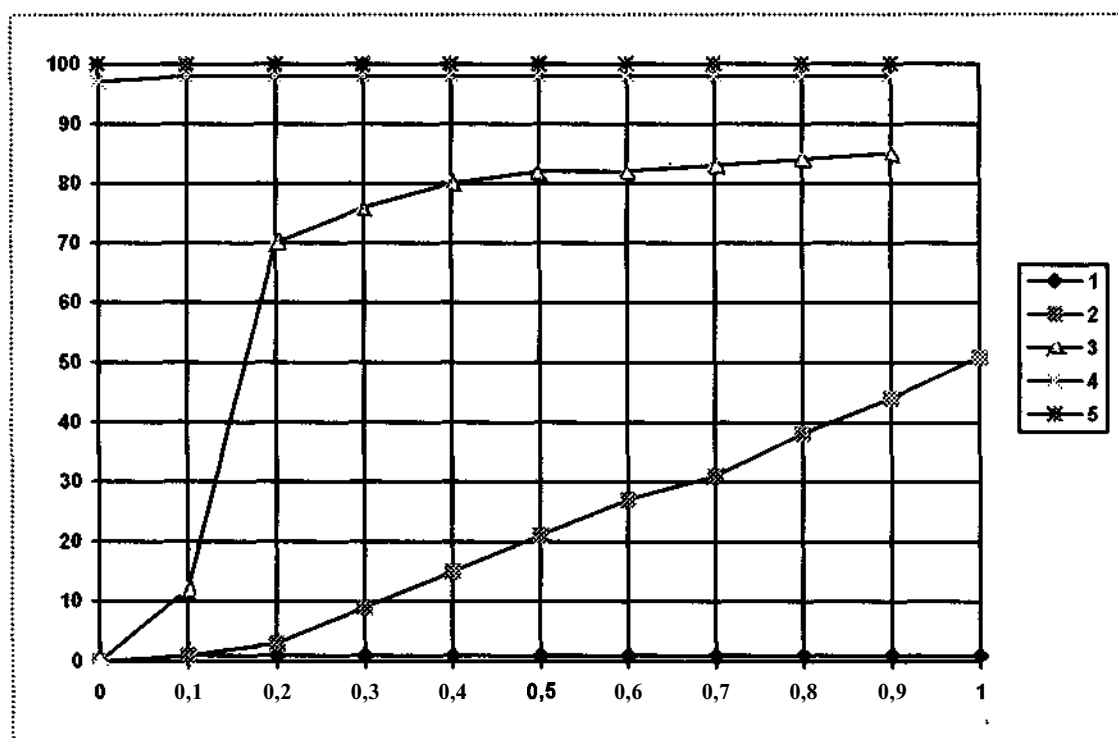


Рис.2. Зависимость выживаемости (в %) *Simocephalus serrulatus* от соотношения щелочных металлов $[Na]/[K]$ при варьировании пропорций $[Ca+Mg]$ и $[Ca+Mg]/[Na+K]$.

Таким образом, токсичность растворов уменьшалась при увеличении содержания как ионов натрия, так и солей жесткости. Причем, чем выше концентрация K^+ (в диапазоне 50 мг/л и более), тем больше должно быть содержание Na и $[Ca]+[Mg]$, чтобы погасить токсический эффект.

Результаты модельных экспериментов получили свое подтверждение в исследованиях, проведенных на воде хвостохранилища, отличающейся аномальным соотношением главных катионов за счет значительного преобладания ионовкалия.

Вода хвостохранилища токсична для лабораторной культуры *S. serrulatus*, а так же для планктонных рачков, отловленных из водоемов системы **р.Кенти**. Был получен следующий ряд, характеризующий снижение устойчивости организмов по показателю TL100: *D.magna* (выживаемость 100 %), *S.serrulatus* (от 24 до 120 ч.), *D longispina* O.F Muller (120ч.), *Sida crystallina* (O.F.Muier) (от 6 до 48 ч),

Eudiaptomus sp. (от 2 до 4 ч.), *Heterocope appendiculata* Sars (1,5 ч.).

При 2-х и 4-кратном разведении токсическое действие воды для *S.crystallina*, *Eudiaptomus* и *H.appendiculata* сохранялось. Наблюдалась или полная гибель животных, или снижение выживаемости до 10...30 %. При добавлении в воду хвостохранилища солей натрия и кальция наблюдалось закономерное изменение средних значений выживаемости подопытных организмов за 96 часов опыта, что свидетельствует об уменьшении токсического эффекта (табл.2). Острое токсическое действие снижается при отношении натрия к калию 1:1 и кальция до отношения $(Ca+Mg)/(Na+K) = 0,5...0,8$. В то время, как для *Eudiaptomus* sp. токсичность воды на 24 ч. снимается только при 10-кратном разведении, добавление натрия и кальция уменьшает негативный эффект в первые сутки на 70..100 % [8].

Химическая «окраска» среды (мг-экв/л) и степень выживаемости тест-организмов
1 - *S.serrulatus*), 2 - *D.longispina*, 3- *S.cristalina*, 4 - *Eudiaptomus* (96-час. экспозиция).

Таблица 2

Опытные растворы	K	M	Ca	Mg	$\frac{Na}{K}$	$\frac{Ca + Mg}{Na + K}$	Показатель выживаемости, %			
							1	2	3	4
<i>XB1</i>	3,08	0,50	1,02	0,70	0,16	0,48	23	55	10	0
<i>XB2</i>	3,08	0,62	1,02	0,70	0,20	0,46	-	-	-	0
<i>XB3</i>	3,08	1,54	1,02	0,70	0,50	0,36	25	-	15	0
<i>XB4</i>	3,08	3,08	1,02	0,70	1,00	0,27	30	95	20	0
<i>XB5</i>	3,08	1,54	1,51	0,70	0,50	0,48	40	90	25	0
<i>XB6</i>	3,08	3,08	2,25	0,70	1,00	0,48	50	-	50	23
<i>XB7</i>	3,08	3,08	4,22	0,70	1,00	0,80	70	100	85	75
Контроль	0,02	0,09	0,25	0,18	4,50	3,90	95	95	100	90

Натурные исследования, проведенные на верхних озерах системы в 1981 г., показали, что зоопланктон этих водоемов характеризовался высокими показателями численности и биомассы. В его составе было обнаружено 15 видов. Преобладающими группами являлись *Cladocera* и *Cyclopoida*. Среди *Calanoida* были обнаружены типичные обитатели северных водоемов - *Eudiaptomus gracilis* Sars, *H. appendiculata* Sars и *Eurytemora lacustris* Poppe. Коловратки составляли 3-23 % численности зоопланктона

(табл.3). Заметные нарушения в сообществах зоопланктона проявились, прежде всего, в хвостохранилище. В 1996 г. численность и биомасса зоопланктона здесь составляли лишь 3.260 экз./м³ и 0,031 г/м³, а доминирующей группой были коловратки, доля которых в общей численности достигала 81 %. В хвостохранилище практически отсутствовали представители группы *Calanoida*, были обнаружены лишь единичные экземпляры науплиальных стадий развития этих рачков

Показатели зоопланктоценозов
озер Окунево и Поппальярви (1981г.) и хвостохранилища (1996 г.)

Таблица 3

Водные объекты	Численность (тыс.экз/м ³)	Биомасса, г/м ³	Число видов	Соотношение групп по численности, %			
				<i>Calanoid</i> <i>a</i>	<i>Cyclopoid</i> <i>da</i>	<i>Cladocer</i> <i>a</i>	<i>Rotatoria</i>
<i>Окунево</i>	61,3	2,2	15	21	23	53	3
<i>Поппальярви</i>	52,6	2,37	15	2	23	52	23
<i>Хвостохран.</i>	3,26	0,031	8	0,12	17	2	81

Поскольку для зоопланктона хвостохранилища (как наиболее экологически нарушенного водоема) характерными признаками были доминирование коловраток, а также практически полное исчезновение рачков группы *Calanoida*, то для озер Окунево, Куроярви, Поппальярви и Койвас была прослежена динамика этих признаков. Определялась доля коловраток в общей численности зоопланктона и отношение численности *Calanoida* и *Crustacea* (табл.4).

Доля коловраток в общей численности зоопланктона оз.Окунево в первые 3 года наблюдений (1992-93 г.г.) не превышала 18 %

В последующее 3-летие этот показатель увеличился до 35.. 92 %. Доля *Calanoida* в численности ракообразных на протяжении всех этих лет была невелика и варьировала в пределах 0.. 0,23

Подобные изменения наблюдались и в структуре зоопланктоценоза оз.Куроярви. Доля коловраток, весьма низкая в первые 3 года на-

блюдений (0.. 22 %), значительно возросла в последующие годы и составила 85 % в 1995 г и 51 % в 1997 г. Лишь в 1996 г. доля коловраток была невысока - 5 %. Отношение численности *Calanoida* и *Crustacea* имело наибольшие значения в 1992-1993 г.г. (0,23 ..0,31).

Наименьшие значения индекса $N_{Cal/Crus}$ отмечались в последующие годы (0,04. .0,14)

В зоопланктоне оз. Поппальярви доля коловраток была низкой на протяжении всех лет наблюдений и составляла 1...10 % от общей численности зоопланктона.

Наиболее ярко проявилось изменение доли *Calanoida* относительно численности *Crustacea*: этот индекс закономерно уменьшался на протяжении 6-ти лет. В первые 3 года величина индекса $N_{Cal/Crus}$ составляла 0,22. .0,66. В последующие 3 года его значения уменьшились более, чем в 10 раз, и составили 0,02...0,03.

Соотношение численности зоопланктона озер системы р. Кенти

в 1992-1997 г.г.

Таблица 4

Год	Окунево		Куроярви		Поппальярви		Койвас	
	Rot., %	Cal/Crus	Rot., %	Cal/Crus	Rot., %	Cal/Crus	Rot., %	Cal/Crus
1992	<1	0.01	<1	0.31	<1	0.66	29	0.11
1993	3	0.07	<1	0.23	<1	0.32	25	0.16
1994	18	0.05	22	0.10	1	0.22	15	0.02
1995	92	0	85	0.06	2	0.03	3	0.22
1996	36	0.23	5	0.04	10	0.02	1	0.01
1997	35	0.12	51	0.04	3	0.04	5	0.04

Примечания. Rot. - доля *Rotatoria* (%) в численности зоопланктона;

Cal/Crus - отношение численности *Calanoida* и *Crustacea*

В оз. Койвас по данным 1992-1993 г.г. отмечалась повышенная роль коловраток, однако доля этой группы на протяжении шести лет была невелика (1...29 %).

Доля *Calanoida* в численности *Crustacea* принимала наибольшие значения в 1992, 1993 и 1995 г.г (0,11...0,22).

Наименьшие значения индекса $N_{Cal/Crus}$ отмечались в 1994, 1996 и 1997 г.г. (0,01...0,04).

Для объяснения наблюдаемой перестройки сообществ зоопланктона озер системы р. Кенти была проведена серия экспериментальных работ

Опыты на ракообразных, отловленных в водоемах системы р. Кенти, вели с использованием методики, разработанной для проведения исследований в полевых условиях [9].

В серии растворов нитрата калия, приготовленных на стандартной разбавляющей воде, определяли среднесмертельные концентрации ионов калия для ракообразных.

Для различных видов среднесмертельной концентрации калия (мг/л) оказалась неодинаковой.

✿₁ Рачки рода *Eudiaptomus* (*E. gracilis* и *Eudiaptomus graciloides* Lilljeborg) - 34...49;

✿₂ *Sida crystallina* (O.F.Muller) - 69...93;

✿₃ *Holopedium gibberum* Zaddach - 112...151;

✿₄ лабораторная культура *Macrocylops albidus* (Jurine) - 281...373.

Представители отряда *Calanoida* оказались весьма уязвимыми к действию техногенных вод.

В неразбавленной воде хвостохранилища рачки родов погибали в течение:

✿₁ *Eudiaptomus* - 2...4 часов,

✿₂ *H. appendiculata* - 1,5 часов,

✿₃ циклопы *M. albidus* выживали в техногенной воде в течение месяца.

С началом попусков воды из хвостохранилища (1994 г.) концентрация, например, в озерах Куроярви и Поппалиярви возросла до 41...47 мг/л, в 1993 г. концентрация ионов калия составляла лишь 10...17 мг/л.

Этим объясняется снижение в данных озерах с 1994 г. доли представителей *Calanoida* в общей численности *Crustacea*.

Именно к этому году концентрации калия в озерах Куроярви и Поппалиярви приблизились к величине среднесмертельной концентрации для рачков рода *Eudiaptomus*.

Таким образом, наступил критический период для жизнедеятельности *Calanoida*, совпавший с повышением концентрации калия до критических значений.

Коловратки по своей природе являются эвригалинными [10]. Можно предположить, что в результате повышения минерализации воды до 200...400 мг/л в озерах Окунево и Куроярви для них сложились оптимальные условия. Это и привело к доминированию коловраток в этих озерах в 1995...1997 г.г.

Наряду с влиянием техногенных вод на зоопланктон озер системы, отмечены изменения и в структуре донных зооценозов.

Негативное воздействие антропогенной нагрузки сказалось на разнообразии бентофауны верхних озер, закономерно снижавшемся в период 1993...1995 г.г. (табл.5).

Динамика индекса разнообразия Шеннона бентоценозов озер системы р.Кенти

Таблица 5

Озера	1992	1993	1994	1995	1996
Окунево	2,71	1,57	1,35	1,39	2,44
Куроярви	3,47	3,66	2,69	1,97	1,98
Поппалиярви	3,83	2,91	2,33	1,06	1,05
Койвас	3,04	3,04	3,45	3,05	3,16
Кенто	-	-	2,71	2,80	3,30
Алаярви	-	-	-	3,32	3,31

В то же время в озерах, менее подверженных нагрузке, оно сохранялось на уровне, характерном для незагрязненных водоемов. Структурные элементы **бентоценозов** в озерах системы, как и в большинстве карельских озер, образуются 3-мя основными систематическими категориями: *малощетинковые черви*, *личинки хирономид* и *моллюски*, в основном *двустворчатые*. По мере увеличения общей минерализации происходило устойчивое снижение доли червей вплоть до полного их исчезновения в пробах из бентоса озер *Куроярви* и *Понпаллярви* (табл.6).

Вместе с тем абсолютная и относительная численность двустворчатых моллюсков и их биомасса, **наоборот**, возрастали. По мере уменьшения нагрузки доминирующая роль моллюсков снижалась и переходила к **хирономидам**. В 1996 г. в оз. *Окунево*, в отличие от данных, полученных в предыдущие годы, основу численности биомассы бентоса составили личинки хирономид. Все это, по-видимому, явилось следствием стабилизации абиотических условий при постоянстве попусков техногенных вод.

Структурная характеристика макрозообентоса

озер системы р.Кенти (июль 1996 г.)

Таблица 6

Наименование озер	Число видов	Доля основных групп, %					
		<i>Mollusca</i>		<i>Oligochaeta</i>		<i>Chironomidae</i>	
		<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>Б</i>
<i>Окунево</i>	10	11	18	38	13	51	68
<i>Куроярви</i>	8	51	89	-	-	36	8
<i>Понпаллярви</i>	4	78	95	-	-	22	5
<i>Койвас</i>	12	18	36	4	1	68	40
<i>Кенти</i>	15	23	29	22	6	54	64
<i>Алаярви</i>	20	8	6	14	4	77	85

Анализ полученных данных по структуре и функционированию зообентических сообществ русловых участков озерно-речной системы позволил выделить наиболее показательные характеристики, отражающие влияние техногенных вод. Ими оказались следующие индексы:

- ❖₁ **Вудивисса** [11], модифицированный для условий карельских рек [12];
- ❖₂ равномерности распределения биомассы $E = D/S$ (где D - индекс разнообразия **Симпсона**, S - число видов в сообществе) [13];
- ❖₃ отношение биомасс хищных к мирным животным;
- ❖₄ отношение численности **стенобионтным** к **эврибионтным** видам;
- ❖₅ R/B -коэффициент;
- ❖₆ отношение продукции сообщества к затратам на обмен;
- ❖₇ обратная величина от средней массы особи в сообществе.

Для однозначной формализации полученных материалов рассчитывались значения

интегрального показателя R, позволяющие представлять конечные данные в удобной цифровой форме. Величина R для каждой станции определялась как средняя арифметическая отклонений 7-ми использованных индексов от их величин на фоновых незагрязненных участках реки. Предварительно значения индексов нормировались по отношению к их фоновым величинам, принятым за **1**. Порядок расчета отклонений величин индексов понятен из **табл. 7**, где в качестве примера рассмотрен индекс **Вудивисса**. Очевидно, что при увеличении нагрузки значение R возрастает, пределы его изменения от 0 до 7. Величины R , отнесенные к **1993...1996 г.г.** приведены в **табл.8**.

Полученные данные отражают *возрастание влияния техногенных вод на сообщества зообентоса речных участков системы как с течением времени, так и пространственно (по мере приближения к верховьям р. Кенти)*.

Расчет отклонений нормированных значений индекса Вудивисса

(лето 1995 г.)

Таблица 7

Показатель	Участок реки						
	О-К	К-П	П-Ю	Ю-К	К-К	К-Л	Л-Ю
Абсолютное значение	11	11	11	13	14	13	14
Нормированное значение	0,79	0,79	0,79	0,93	1,00	0,93	1,00
Отклонение	0,21	0,21	0,21	0,07	0,00	0,07	0,00

Примечания: О-К - протока Окунево-Куроярви; К-П - Куроярви-Поппалярви;
 П-Ю - Поппалярви-Юриккаярви; Ю-К - Юриккаярви-Койвас;
 К-К - Койвас-Кенто; К-Л - Кенто-Ломозеро; Л-Ю - Ломозеро-Юляярви.

Значения показателя R для различных участков р. Кенти

за 1993-96 г.г

Таблица 8

Год	Участок реки»							Средне годовое
	О-К	К-П	П-Ю	Ю-К	К-К	К-Л	Л-Ю	
1993	3,4	1,9	1,9	-	-	-	-	1,0
1994	3,0	3,2	1,5	1,6	-	-	-	1,3
1995	3,5	3,8	3,2	1,5	0,4	0,9	-	1,9
1996	3,1	2,5	2,6	3,3	2,3	1,6	0,8	2,3
Средн. по станциям	3,3	2,9	2,3	1,6	0,7	0,6	0,2	

Примечание: обозначения те же, что и в табл. 7.

Среднегодовые значения R указывают на более, чем 2-кратное увеличение антропогенной нагрузки на систему в целом. В первом приближении можно классифицировать участки реки, характеризующиеся величинами R:

$R < 1,5$ - соответствует условно чистым водам;

$R = 1,5...3,0$ - слабо загрязненным,

$R > 3$ - загрязненным.

Необходимо отметить некоторое снижение значений R в 1996 г. по сравнению с предыдущим годом в верхнем течении р. Кенти как возможное следствие стабилизации абиотических условий. Напротив, ниже оз. Юриккаярви наблюдался заметный рост влияния техногенных вод в результате распространения сбросов 1994-1995 г.г. на нижние водоемы системы

Заключение

О Строительстве и функционировании Костомукшского ГОК привело к существенным изменениям экосистемы р. Кенти:

❖ нарушился естественный гидрологический режим водоемов,

О изменился химический состав их воды как среды обитания гидробионтов.

❷ Это привело к перестройке сообществ водных организмов в зоне значительной техногенной нагрузки. В условиях роста минерализации, определяемой аномально высоким содержанием ионов калия, из иерархии доминирующих выпадали виды, наиболее уязвимые к

этому типу загрязнения. В водоемах их замещали эвригалинные организмы (коловратки, моллюски)

© Причина наблюдаемых изменений в сообществах водных беспозвоночных заключается в низкой буферной емкости водоемов северо-западного региона России. Невысокие фоновые концентрации ионов натрия, кальция и магния не уравнивали избыточное поступление кальция, что привело к нарушению процессов осморегуляции гидробионтов и невозможности их процветания в новых условиях

❶ Наблюдаемые в последние годы *признаки стабилизации структурных показателей сообществ гидробионтов* свидетельствуют о наличии механизмов адаптации у водных животных к этому виду антропогенного воздействия

© *Устойчивое состояние экосистем озер* определяется этими адаптационными возможностями, величиной и изменчивостью экологической нагрузки.

Список литературы

1. **Васильева Е.П., Поляков Ю.К.** Каталог озер Карелии. Донные отложения. - Петрозаводск, 1992. - 154 с.
2. **Пальшин Н.И., Сало Ю. А., Кухарев В.И.** Влияние Костомукшского ГОКа на экосистему р.Кенти. Гидрологические и гидрохимические аспекты // *Использование и охрана водных ресурсов бассейна Белого моря.* - Петрозаводск, 1994 - с. 140-161.
3. **Феофтистов В.М., Тимакова Т.М., Калугин А.И.** Влияние Костомукшского ГОКа на водную экосистему Кенти-Кенто // *Водные ресурсы Карелии и экология.* - Петрозаводск, 1992. - с.63-78
4. **Природные воды района Костомукшского железорудного месторождения (Северная Карелия),** - Петрозаводск, 1975, - 245 с,
5. **Проссер Л.» Браун Ф.** Сравнительная физиология животных. - М., 1967. - 766 с.
6. **Вилли К., Детье В»** Биология. - М., 1974. - 820 с.
7. **Хлебович В.В.** Критическая соленость биологических процессов. - Л., 1974. - 235 с,
8. **Дубровина Л.В., Калинкина Н.М., Лозовик П.А.** Факторы токсичности для гидробионтов техногенных вод Костомукшского ГОКа//*Влияние техногенных вод горно-обогатительного комбината на водоемы системы реки Кенти.* - 1995. - Петрозаводск, - с, 15-24.
9. **Калинкина Н.М., Коросов А.В.** исследование химической толерантности гидробионтов в полевых условиях методами водной токсикологии // *Контроль состояния и регуляция функция биосистем.* - Петрозаводск, 1995.-с,
10. **Кутикова Л.А.** Коловратки фауны СССР. - Л., 1970. - 744 с.
11. **Вудивисс Ф.** Биотический индекс р.Тренд. Макробеспозвоночные и биологи» ческое обследование // *Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям.* - Л., 1977. - с. 132-160
12. **Кухарев В.И.** Сообщества макрозообентоса как индикаторы качества вод малых рек Карелии. Автореф. дисс. на соиск. уч.степ. канд. биол. наук. -Л., 1991. - 29 с.
13. **Вагон М., Харпер Дж., Таунсенд К.** Экология. Особи, популяции и сообщества. - т.2. - М., 1989. - 477 с.