

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Выпуск 293

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ  
И РАЦИОНАЛЬНОЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОЕМОВ  
ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Под редакцией канд. биол. наук Н. Л. Болотовой  
и канд. биол. наук Т. Н. Нагаевой



К 1216300

ЛЕНИНГРАД • 1989

# СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i>	3
<i>Файзов П. М., Нагаева Т. Н.</i> Характеристика рыбных запасов водоемов Вологодской области и некоторые особенности организации промысла	4
<i>Жакова Г. В.</i> Планктон малых удобряемых озер Вологодской области и влияющие на него факторы	11
<i>Жакова Г. В., Болотова Н. Л.</i> Особенности развития реофитопланктонного комплекса реки Суды под влиянием гидротехнических сооружений Череповецкой ГРЭС	20
<i>Пихтова Т. С.</i> Экология и основные черты биологии массовых видов зоопланктона озера Белого	29
<i>Литвин А. И.</i> Изменения в зоопланктонных сообществах малых озер Вологодской области при выращивании в них сиговых рыб	39
<i>Шуйский В. Ф.</i> Определение уровня первичной продукции, оптимально воздействующего на популяционную динамику хирономид-фильтраторов в «дробно» удобряемых озерах	53
<i>Нагаева Т. Н.</i> Трофическая структура биоценозов бентоса малых озер Вологодской области и ее изменения в результате антропогенного эвтрофирования	63
<i>Болотова Н. Л.</i> Особенности питания молоди сиговых рыб, вселенных в малые озера Вологодской области	69
<i>Зуянова О. В.</i> Результаты пробной интродукции судака в озеро Воже	80
<i>Зуянова О. В., Воропанов В. А., Коноплев Н. В.</i> Проблемы рационального использования рыбных запасов озера Воже	84
<i>Водоватов Ю. С.</i> Использование дифференцированных показателей естественной смертности для оптимизации промысла леща на Кубенском озере	93
<i>Радченко Н. М.</i> Ихтиопаразитологическая характеристика Кубенского озера	101
<i>Лебедев В. Г., Радченко Н. М., Шабунев А. А.</i> О роли чайковых птиц в распространении паразитов рыб Кубенского озера	107
<i>Аршаница Н. М., Онищенко Л. С., Воронин В. Н.</i> Материалы патологических и эпизоотологических исследований по сартланской болезни у рыб	113
<i>Лазанов Ю. В.</i> Имитационная модель пространственного распределения сетка озера Белого	130
<i>Семенченко С. М., Дзюменко Н. Ф., Покровский В. С., Семенченко И. В.</i> Модификация объемного метода подсчета икры рыб	139
<i>Рефераты</i>	145

## ВВЕДЕНИЕ

Сборник посвящен проблемам изучения и рационального использования биологических ресурсов водоемов Вологодской и смежных областей.

Ряд работ посвящен исследованию экосистем малых озер Лозско-Азатской группы. Приводится характеристика фитопланктона удобряемых водоемов и рассматриваются факторы, на него влияющие, обсуждаются изменения в зоопланктонных сообществах при выращивании сиговых рыб, видовое разнообразие, трофическая структура и продукционные возможности донных ценозов, особенности питания молоди сигов.

Рассмотрены зависимости между уровнем первичной продукции и популяционной динамикой хирономид-фильтраторов в «дробно» удобряемых озерах, а также экология и некоторые черты биологии массовых видов зоопланктона в крупных водоемах области.

Дается характеристика рыбных запасов различных водоемов области и обсуждаются проблемы их рационального использования, улучшения состава ихтиофауны, особенности организации промысла. Предложена имитационная модель распределения снетка, одного из основных промысловых видов рыб.

Приведены материалы исследований по сартланской болезни у рыб, охарактеризована фауна ихтиопаразитов Кубенского озера и указано на значение чайковых птиц в распространении паразитов рыб.

Предложена модификация объемного метода подсчета икры рыб.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов-ихтиологов, гидробиологов, паразитологов, рыбоводов.

## **ХАРАКТЕРИСТИКА РЫБНЫХ ЗАПАСОВ ВОДОЕМОВ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ И НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫСЛА**

*П. М. ФАЙЗОВ, Т. Н. НАГАЕВА*

На территории Вологодской области, согласно современным данным, располагается 4241 озеро и 5 водохранилищ суммарной площадью 478,3 тыс. га (Антипов, 1981). Кроме этих водоемов в состав рыбохозяйственного фонда входит 1231 река общей протяженностью 32,9 тыс. км. Из них промыслом освоены 44 реки общей длиной 1375 км, 56 озер и два водохранилища площадью 411,6 тыс. га. При этом более 90% уловов приходится на долю шести крупных водоемов суммарной площадью 381,5 тыс. га. К их числу относятся озера — Онежское (юго-восточная часть), Белое, Кубенское, Воже; водохранилища — Рыбинское (Шекснинский отрог), Шекснинское.

Все крупные водоемы и большая часть малых и средних озер закреплены за предприятиями рыбной промышленности. Часть участков на водохранилищах, озерах, а также реки находятся в ведении неосновных заготовителей, к числу которых относятся леспромхозы, предприятия потребкооперации, рыбопродуктовые фермы, рыболовецкие кооперативы и т. д. В последние годы Севзапрыбводом было проведено параллельное закрепление части площади крупных водоемов за Обществом охотников и рыболовов с целью упорядочения любительского и спортивного лова. Так, Вологодскому областному обществу выделено 89 участков, из них: 32 на реках, общей протяженностью 1539 км; 40 на озерах, суммарной площадью 17 тыс. га; 17 на водохранилищах, площадью 4 тыс. га. В водоемах области обитают рыбы, относящиеся к трем фаунистическим комплексам: пресноводно-арктическому (нельма, сиг, хариус, снеток, налим, лосось и т. д.), понто-каспийскому (судак, лещ и др.) и равнинно-бореальному (окунь, щука, плотва, язь и пр.).

Промысел главным образом направлен на добычу крупночастиковых рыб, таких, как щука, судак, лещ, налим, язь. Мелкочастиковые рыбы плотва, окунь, ерш, хотя и встречаются повсеместно, но не являются

основными объектами промысла. Значительное место в уловах занимают корюшка, ряпушка и снеток. Однако запасы этих видов с коротким жизненным циклом подвержены резким колебаниям, что существенно сказывается как на объеме их вылова, так и на общем объеме рыбопродукции.

Объекты любительского рыболовства сходны в основном с таковыми в промысловых уловах. Это щука, судак, лещ, окунь, язь, налим, плотва и т. д. Разовый вылов на одного рыболова-любителя довольно высок и составляет 7—8 кг за выезд. К числу наиболее посещаемых любителями водоемов относятся Шекснинское и Рыбинское водохранилища, Кубенское озеро, реки бассейна Сухоны.

Кроме обычных широко распространенных видов рыб, в водоемах Вологодской области встречаются и такие редкие и ценные виды, как лосось, форель, нельма, хариус, сиг, стерлядь. Они отмечаются в небольших количествах в промысловых и любительских уловах, но вылов большинства из них жестко лимитирован или вообще запрещен.

Для всех водоемов, на которых ведется добыча рыбы, сложился свой, традиционный набор орудий лова, связанный с гидрологическими условиями, характером ихтиофауны, и как следствие этого — своя направленность промысла. Поскольку состояние сырьевой базы водоемов значительно различается, представляется необходимым рассмотреть каждый из них отдельно (Серенко, 1983, 1986).

**Онежское озеро** — олиготрофный лососевый водоем. В пределах Вологодской области расположена его юго-восточная часть, площадью 56 тыс. га. Рыбопродуктивность участка составляет 9,8—16,8 кг/га. Ведущие виды ихтиоценоза — корюшка и ряпушка, мелкие стайные рыбы, популяциям которых свойственны значительные флуктуации численности. Поэтому промысел носит специализированный и сезонный характер. Основные периоды лова — весна и глубокая осень. Добыча осуществляется курляндками, ставными неводами и ставными сетями.

**Белое озеро** (129 тыс. га) — мелководный мезотрофный водоем с жестким ветроволновым режимом. В нем сложился снетково-судачий комплекс ихтиофауны, в котором основную роль играют четыре вида: снеток, судак, ерш и берш. Базисом ихтиоценоза, наиболее важным звеном трофической цепи является снеток. Основные периоды лова — весна и осенне-зимний сезон. Рыбопродуктивность составляет 4,1—8,6 кг/га. Добыча рыбы производится снетковыми ризцами, горловыми ловушками, ставными и плавными сетями, тралями.

**Кубенское озеро** (40,7 тыс. га) — мелководный мезотрофный водоем лещевого типа. Основную роль в ихтиоценозе играет лещ. Кроме него в промысловых количествах встречаются щука, судак, акклиматизированный в озере в 30-е годы. В связи с тем, что в озере обитает охраняемый вид — нельма, промысел соответственно ориентирован по времени года и орудиям лова. Для добычи применяются горловые ловушки, мехмутники, ставные сети, закидные невода. Рыбопродуктивность водоема составляет 6,9—11,0 кг/га.

**Озеро Воже** (41,8 тыс. га) — мелководный мезотрофный водоем лещевого типа. Вследствие его расположения в труднодоступной боло-

тистой местности, малочисленности населения, удаленности от основных магистралей промысел развит слабо и ориентирован в основном на добычу леща и щуки. Основной период лова — весна, применяемые орудия лова — плавные сети, мехмутники, закидные невода, курмы и горловые ловушки. Рыбопродуктивность составляет 3,7 кг/га.

**Шекснинское водохранилище** (38 тыс. га) — мелководный водоем лещевого типа. Перед заполнением водохранилища в 1963—1964 гг. его ложе не было подготовлено, и в результате большая часть водоема (порядка 20 тыс. га) оказалась закоряженной и захлавленной лесом, так что использование тралящих орудий лова не представляется возможным. Кроме того, интенсивное движение судов по фарватеру затрудняет ведение промысла по открытой воде. Зимняя сработка уровня — характерная черта эксплуатации водохранилища — ограничивает применение ставных орудий лова. Рыбопродуктивность водоема — 2,7—4,0 кг/га. Основные объекты промысла — лещ, щука, судак. Добыча рыбы осуществляется ставными сетями, курляндками. В последнее время стали применяться переметы.

**Шекснинский отрог Рыбинского водохранилища** (75 тыс. га) — мезотрофный водоем лещевого типа. Для него характерны те же черты, что и для Шекснинского водохранилища: засоренность ложа, интенсивное судоходство, зимняя сработка уровня. Последнее обстоятельство в связи с большой площадью мелководий создает значительные зоны временного осушения и затрудняет нерест фитофильных рыб. Основные объекты промысла — лещ, щука, налим, плотва. Рыбопродуктивность водоема колеблется от 11 до 15 кг/га. Вылов рыбы осуществляется курляндками, ставными сетями, закидными неводами, сетковыми ризцами, тралями. В последние годы в связи со значительной степенью загрязнения водоема промышленными стоками и вызванной этим массовой гибелью рыбы объем промысла значительно сократился.

**Малые водоемы.** В эту группу входят малые и средние озера различных трофических типов. Из 30 озер, закрепленных за рыбной промышленностью, регулярно облавливаются около 20. Это связано как с плохим состоянием подъездных путей, так и со слабой промысловой вооруженностью и малочисленностью рыболовецких бригад, преобладанием малоценных видов в составе ихтиофауны. Фактическая рыбопродукция составляет около 5 кг/га. Наиболее часто используются ставные сети, курляндки, закидные невода.

**Реки.** Эта категория водоемов очень слабо используется промыслом. Вылов рыбы ведется в основном во время нерестового хода в устьевых участках рек Суда и Молога, а также на Сухоне и ее притоках — Леже, Вексе, Двинице и др. Для добычи рыбы используются ставные сети, горловые ловушки, запоры. Запорный способ лова в весенний период получил широкое распространение на реках бассейна Сухоны. В настоящее время проводятся исследования, связанные с выяснением степени воздействия этого способа лова на воспроизводство рыбных запасов в реках.

Сведения о вылове основных промысловых видов рыб представлены в таблице.

Нам представляется важным дать краткую характеристику наиболее ценных видов рыб в водоемах области с указанием мест их обитания и степени затронутости промыслом.

Корюшка встречается только в Онежском озере. Объем добычи ее колеблется в значительных пределах. За последние два десятилетия наименьший вылов был отмечен в 1981 г. и составил 266 т, наибольший — в 1975 г. (565 т). В последние годы уловы корюшки довольно стабильны — 530—548 т (см. таблицу).

Ряпушка обитает преимущественно в Онежском озере и в небольших количествах встречается в озерах Белом и Воже. Минимальный ее вылов в Онежском озере равнялся 75,2 т в 1984 г., а максимальный — 274,5 т в 1980 г. Объем добычи ее в оз. Белом не превышал 2,2 т, составляя обычно 0,2—0,5 ежегодно. В данных промысловой статистики по оз. Воже ряпушка не отмечена (см. таблицу).

Снеток является наиболее важным элементом в рыбном сообществе Белого озера. Вылов его в силу особенностей биологии вида ежегодно колеблется. Большое влияние на величину добычи снетка оказывают гидрологические условия в районе промысла и организации лова. Наименьшее количество его было поймано в 1977 г. — 24 т, наибольшее в 1971 г. — 843 т. Незначительные запасы снетка имеются в озерах Воже и Лозско-Азатское (см. таблицу).

Сиг обитает в озерах Онежском, Кубенском, Воже. Промысловые запасы его в настоящее время имеются только в Онежском озере, но вылов этого вида лимитирован и составляет 25—40 т (см. таблицу). Сиг Кубенского озера (местное название — нельмушка) имеет промысловые размеры 15—20 см. Ее запасы в настоящее время подорваны промыслом и специально не используются. Нельмушка встречается в качестве прилова при работе закидных неводов. Для восстановления ее запасов в водоеме требуются специальные исследования и осуществление целенаправленных научно обоснованных охранных мер.

В озере Воже запасы сига не имеют промыслового значения.

Нельма обитает в реках Сухона и Юг, а также образует жилую форму в оз. Кубенское. Как отмечает И. С. Титенков (1961), кубенская нельма — это особая форма, образовавшаяся со временем из оставшейся в озере части нерестового стада северодвинской нельмы после постройки в 1834 г. плотины в истоке р. Сухоны. Ранее нельма играла значительную роль в промысле. Так, в 1953 г. ее годовой улов составил 615 т, или четверть общего вылова рыбы. Однако с начала 60-х годов промысловое значение нельмы постепенно уменьшалось ввиду прогрессирующего снижения численности вида в водоеме. В последующие годы промысел нельмы из-за подрыва запасов был запрещен и она сдавалась на рыбоприемном пункте только в качестве прилова. С 1967 г. с целью охраны запасов нельмы был полностью запрещен сетной лов на озере.

Хотя охранные мероприятия, несомненно, сказались положительно на поддержании численности нельмы, они все-таки не дали желаемых результатов. Это было связано в основном с ухудшением условий ее размножения: захламлением основных нерестилищ на р. Кубене отходами молевого лесосплава, обмелением предустьевого участка р. Большая Ельма, где также происходит нерест.

# Вылов основных видов рыб в водоемах

Виды рыб	Онежское озеро			Белое озеро			Кубенское озеро			Озеро Воже	
	1980	1987	1988	1980	1987	1988	1980	1987	1988	1980	1987
Корюшка	306,5	526,0	547,7	563,9	525,6	199,2	—	—	—	—	11,7
Ряпушка	274,5	144,7	24,8	1,6	0,7	0,6	—	—	—	—	—
Сиг	25,2	41,9	25,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Лещ	8,6	14,6	11,5	75,8	80,4	83,6	138,4	146,2	201,7	41,2	75,7
Судак	5,8	5,8	4,7	135,7	192,5	188,4	8,7	34,6	31,7	—	—
Щука	1,7	5,8	2,8	37,1	39,8	50,1	54,9	81,9	31,7	25,2	63,2
Налим	43,5	71,8	64,4	2,6	3,2	4,8	0,5	—	—	2,5	12,1
Язь	—	—	—	0,9	0,4	0,1	11,8	16,3	21,7	3,3	—
Прочие	41,1	76,6	48,3	112,8	262,1	415,1	71,6	141,9	117,5	24,1	13,2

Всего 706,9 887,2 730,4 930,4 1104,7 941,9 285,9 420,9 452,2 96,3 175,9

В настоящее время запасы этого вида в Кубенском озере заметно возросли. Анализ возрастной структуры популяции нельмы показывает резкое омоложение промыслового стада: преобладают особи в возрасте 4—5 лет (88%). Запасы нельмы определяются в 21,9 тыс. экз., что в весовом выражении составляет около 50 т (Водоватов, 1988).

Изменению численности кубенской нельмы способствовали как введение лимита промысла и ужесточение контроля за его соблюдением, так и благоприятные климатические условия последних лет и проведение ряда природоохранных мероприятий.

Сетной промысел был восстановлен на озере в 1977 г. под строгим контролем. Лимит на вылов нельмы был установлен в 1,0—2,0 т. Кроме того, последние годы относятся к числу многоводных, что способствовало благоприятному проходу нельмы на нерестилища. Значительно улучшилась работа по очистке р. Кубены от отходов лесосплава, прекращен молевой лесосплав, усилена охрана нельмы в период нерестовых миграций.

Стерлядь обитает в реках Сухона, Юг, Луза, а также в притоках Сухоны: Стрельна, Верхняя и Нижняя Ерга, Городишна, Уфтьюга, Старая Тотьма.

В 1981—1982 гг. вылов стерляди по области составлял 1,0 т. С 1984 г. ее промысел запрещен.

Запасы стерляди значительно сократились вследствие загрязнения р. Сухоны промышленными стоками предприятий, в особенности целлюлозно-бумажных комбинатов г. Сокол. Для их восстановления необходимо прекращение загрязнения водоемов, молевого сплава леса, изучение воздействия судоходства.

Лосось, палия, форель обитают и нерестятся в Онежском озере и в реках его бассейна. Объем вылова лосося незначителен и в 70-х годах колебался от 0,1 до 0,7 т. С 1980 г. лосось в промысловых уловах не отмечался. Палия в небольших количествах встречается и до настоящего времени. Ее вылов составляет от 0,1 до 3 т. Уловы форели также незначительны и в конце 70-х годов не превышали 0,1—0,3 т. С 1979 г. форель в промысловых уловах не встречается.



**Вологодской области (в тоннах)**

		Шекснинское водохранилище			Рыбинское водохранилище			Малые озера		Река Сухона			
	1988	1980	1987	1988	1980	1987	1988	1980	1988	1980	1983	1987	1988
	8,4	—	—	—	—	—	—	17,7	9,0	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	6,5	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	5,8	—	—	—	—	—
	52,3	34,6	101,7	92,2	167,3	267,5	301,2	12,3	62,5	0,4	1,8	0,8	5,2
	—	9,9	12,9	18,4	28,4	25,5	36,8	1,9	—	11,7	—	1,6	—
	29,5	18,0	17,2	12,5	106,3	74,5	100,6	1,9	—	0,4	4,7	1,6	4,9
	5,9	10,1	—	—	188,4	108,2	114,8	1,7	7,3	5,9	—	—	—
	—	0,4	4,8	6,1	—	—	—	0,5	—	16,5	11,5	72,3	80,6
	14,8	19,2	16,1	26,1	4,9	388,5	481,2	28,2	43,9	47,0	—	—	—
	110,9	92,2	152,9	155,3	748,4	864,2	1034,6	76,5	154,9	82,1	18,0	74,7	90,7

Значительное влияние на состояние популяций и промысловые запасы данных видов рыб оказывают условия нереста. Во всех реках Прионежья, куда заходят на нерест лососевые рыбы, ведется молевой сплав леса. Устьевые участки основных нерестовых рек Андомы и Мегры перегорожены коренными запанями, что значительно осложняет проход рыб на нерест.

Для восстановления запасов лососевых рыб в районе Онежского озера необходимо прекратить молевой сплав леса и очистить от древесных отходов реки Андома, Самина, Мегра, Педаж, Водлица и другие водоемы на путях миграции рыб. Также следует обезопасить их от загрязнений со стороны таких объектов сельскохозяйственного производства, как фермы, скотные дворы, склады удобрений и т. д.

Хариус обитает в реках северного и волжского бассейнов. Наиболее часто он встречается в малых реках Прионежья, в бассейне р. Суды, а в восточных районах области — в притоках р. Сухоны. В промысловых уловах попадает редко, лишь однажды в 1983 г. в Онежском озере было поймано 30 кг хариуса. В настоящее время он представляет ценность в основном как объект любительского рыболовства.

Таким образом, рыбные запасы водоемов Вологодской области достаточно богаты и разнообразны. В современных условиях промысел ориентируется на добычу ценных крупночастиковых рыб (судак, лещ, щука) и короткоцикловых видов — корюшки, ряпушки и снетка на крупных водоемах. В связи с этим в ряде случаев возможности промысла превышают возможности природных популяций, что вызывает необходимость лимитирования улова (Серенко, 1986). Практика постоянного ежегодного лимитирования оправдала себя на Онежском, Белом и Кубенском озерах, Рыбинском водохранилище. Следует отметить, что на большинстве из них интенсивность промысла крупного частика вплотную приблизилась к естественному пределу, определяемому особенностями динамики популяций и внутриценотическими взаимоотношениями. Значительные резервы добычи рыбы заключены в организации промысла мелкочастиковых рыб.

Развитие промысла мелкого частика позволит не только существенно поднять уловы, но и сдвинуть-внутриценотический баланс в сторону увеличения биомассы ценных видов рыб и повысить управляемость процессов продуцирования в ихтиоценозах.

Уровень развития промысла на водоемах области существенно различается. Наиболее развит, разнообразен и интенсивен лов на Рыбинском водохранилище, наименее — на малых озерах и реках. Здесь низка интенсивность промысла и далеко не все водоемы, имеющие ценность в рыбохозяйственном отношении, облавливаются ежегодно.

Таким образом, увеличение объемов добычи рыбы в Вологодской области возможно при более полном охвате промыслом водоемов, имеющих рыбохозяйственную ценность, при совершенствовании существующих способов лова и их частичной переориентации, а также при проведении комплекса природоохранных мероприятий, включающих очистку водоемов от отходов лесосплава, предотвращение загрязнений промышленными и сельскохозяйственными стоками, улучшение условий воспроизводства рыб.

## ЛИТЕРАТУРА

*Антипов Н. П.* Озерные ландшафты Вологодской области.— В кн.: Озерные ресурсы Вологодской области. Вологда, 1981.

*Водоватов Ю. С.* Разработать рекомендации по рациональному использованию рыбных запасов оз. Кубенское.— Фонды Вологодской лаборатории ГосНИОРХ, 1988.

*Серенко В. А.* Перспективы рыбохозяйственного освоения Белого озера.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1983, 193.

*Серенко В. А.* Рекомендации по рациональному использованию сырьевых ресурсов водоемов Вологодской области на 1987 год.— Фонды Вологодской лаборатории ГосНИОРХ, 1986.

*Титенков И. С.* Кубенская нельма. М., 1961.

## **ПЛАНКТОН МАЛЫХ УДОБРЯЕМЫХ ОЗЕР ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ВЛИЯЮЩИЕ НА НЕГО ФАКТОРЫ**

*Г. В. ЖАКОВА*

В многочисленных работах по исследованию взаимоотношений фито- и зоопланктона естественных водоемов можно выделить два основных направления. Во-первых, это изучение корреляции динамики популяционных параметров с изменениями в окружающей среде, прежде всего с изменением трофической ситуации в водоеме (Гиляров, 1987). Во-вторых,— определение влияния «мирного» зоопланктона на состав и количество кормовых объектов (Гутельмахер, 1986). На наш взгляд, существует необходимость применения подобных подходов в рыбохозяйственных исследованиях, особенно в отношении удобряемых озер. Реакции как фитопланктона (Лаврентьева, 1981, 1987), так и зоопланктона (Алексеев, 1984) на внесение биогенов в озера подробно исследованы, но вне зависимости друг от друга. Причем основной акцент был сделан на количественных показателях развития разных групп гидробионтов, и не уделялось достаточного внимания вопросам взаимодействия между ними, определяющими характер функционирования этих сообществ. В нашей работе мы попытались рассмотреть некоторые аспекты жизнедеятельности планктоценозов удобряемых озер, особо выделив вопрос взаимовлияния популяций массовых видов.

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА**

Исследования проводились в 1987 г. на двух малых удобряемых озерах Вологодской области, используемых в режиме рыбопитомников,— Моткозеро и Буозеро-1. Озера имеют слабый водообмен и являются среднеминерализованными водоемами гидрокарбонатного класса кальциевой группы. По трофическому статусу они относятся к мезотрофному типу.

Фитопланктон малых озер Вологодской области исследовался впервые. Для определения видового состава и количественных показателей

фитопланктона отбирались интегральные пробы через 0,5 м батометром Рутнера. Консервация проб производилась фиксатором на основе раствора Люголя. После концентрации проб отстойным методом численность водорослей определялась в камере Нахотта объемом 0,02 мл. Биомасса рассчитывалась по индивидуальным объемам клеток.

Зоопланктон отбирался количественной сетью Джели с диаметром входного отверстия 25 см (капроновое сито № 49) методом тотального облова от дна до поверхности. Для подсчета биомассы использовались уравнения зависимости тела животных от их длины\*.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В период проведения исследований для повышения продуктивности озера удобрялись простым суперфосфатом из расчета 15 кг/усл. га. После внесения половины рекомендованной нормы удобрений (3 т) было зафиксировано резкое повышение численности и биомассы фитопланктона, в основном синезеленых водорослей, после чего удобрение озер было прекращено. Цветение в Буозере-1 продолжалось до сентября, в Моткозере — до октября.

Проведенный флористический анализ не выявил различий в видовом составе фитопланктона по акватории каждого озера. Рассчитанные индексы общности видового состава по Серенсену составляли в среднем 66—68% (в Буозере-1 — от 63 до 74%, в Моткозере — от 59 до 71%). Таким образом, в каждом из водоемов планктонные водоросли образуют единый фитоценоз, основу которого в обоих случаях составляет комплекс диатомовые—зеленые.

Рассмотрим более детально структурные характеристики планктоценозов озер.

**Моткозеро.** Площадь озера составляет 40 га, максимальная глубина — 6,5 м, средняя — 3,2 м.

Планктонный фитоценоз образован водорослями 98 видов и разновидностей. Максимальное видовое разнообразие (57 видов) было зафиксировано в июне, минимальное (30 видов) — в октябре.

Диатомовые водоросли преобладали по числу видов (29,6%). Лидирующим видом являлась *Melosira granulata* var. *granulata*, по количественным показателям она уступала только синезеленым во время цветения озера. Так, в начале июня численность *Melosira* составляла 46,9% от общей, а биомасса — 40%. Максимум биомассы был зарегистрирован в июле — 1,5 мг/л.

Массовыми видами диатомовых были также *Synedra ulna*, *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*. У водоросли *S. ulna* наблюдались два пика численности: в конце июня — 18 тыс. кл/л и в августе — 379 тыс. кл/л (1,6 мг/л). В начале июня количество *A. formosa* в пробах невелико — 4 тыс. кл/л. Начиная с конца месяца численность ее растет, совпадая по времени с внесением удобрений, и достигает максимума в июле — 127 тыс. кл/л.

\* Данные по зоопланктону любезно предоставлены старшим научным сотрудником Вологодской лаборатории ГосНИОРХ А. И. Литвиным.

Диаомовые родов *Rhyzosolenia*, *Amphora*, *Atthea* отмечались в пробах постоянно, но в небольших количествах.

Зеленые водоросли составляли 24,5% всех видов фитопланктона. Наиболее часто встречающимся видом был *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda*, доля которого в августовском фитопланктоне равнялась 7,5% общей численности и 2% биомассы.

Синезеленые представлены 20 видами и формами, из которых самыми значимыми были три — *Anabaena scheremetievi*, *A. flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*. Абсолютным доминантом в фитопланктоценозе, как по численности, так и по биомассе, со времени внесения удобрений и до октября была *A. scheremetievi*. В первой декаде июня ее биомасса составляла 0,06 мг/л, к июлю она увеличилась до 79,1 мг/л, составив 94% от общей.

Значение остальных отделов водорослей в фитопланктоне озера невелико; можно отметить лишь представителя золотистых *Dinobryon bavaricus*, который преобладал в весеннем фитопланктоне, достигая максимального развития в мае. Анализ хода сезонной динамики биомассы и численности массовых видов водорослей (табл. 1) позволяет выделить различия в их реакции как на внесение удобрений, так и на развитие других видов. Если после первого внесения биогенов количественные характеристики всех видов увеличивались, то после второго ситуация меняется. Активное размножение цианобактерий в комплексе с колониальной нитчатой диатомеей *M. granulata*, видимо, подавляло развитие таких водорослей, как *S. ulna*, *D. bavaricus*. И если *Dinobryon* практически выпадает из состава планктоценоза, то *Synedra* достигает максимума своего развития на фоне снижения численности синезеленых и *Melosira*. Вегетация *S. quadricauda* полностью не подавлялась цветением цианей, но наибольших показателей достигала после снижения пика численности последних.

В видовом составе зоопланктона, в том числе массовых видов фильтраторов, отмечены изменения, по времени совпадающие с цветением синезеленых.

Так, максимальная биомасса *Bosmina longirostris* зафиксирована в начале июня (0,141 г/м<sup>3</sup>). К концу месяца численность босмин снижается почти в 5 раз, оставаясь в июле на том же уровне. В августовских пробах босмина не встречалась, в октябре отмечалась в незначительном количестве (0,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>).

Характер динамики *Heteroscope appendiculata* менялся сходным образом: максимальная биомасса — в начале июня (0,185 г/м<sup>3</sup>), с июля по август она снизилась с 0,15 до 0,067 г/м<sup>3</sup>.

Изменение количественных характеристик *Daphnia cristata* происходило противоположным образом. Дафния впервые отмечена в пробах только в конце июня, в июле ее количество увеличилось до 0,015 г/м<sup>3</sup>, достигнув максимума в августе (0,343 г/м<sup>3</sup>). Следовательно, цветение синезеленых не оказало отрицательного влияния на ее развитие (табл. 2).

Динамика численности и биомассы дафнии положительно коррелирует с количественными показателями той части фитопланктона, которая может служить пищей для фильтраторов (Гутельмахер, 1986). Коэффи-

Численность и биомасса фитопланктона Моткозера в 1987 г.

	10.06		25.06		10.07		15.08		6.10	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>M. granulata</i>	250	0,24	480	0,46	1587	1,5	698	0,67	197	0,19
<i>A. scheremetievi</i>	38	0,64	1095	1,50	55022	79,1	751	1,10	237	0,30
<i>F. crotonensis</i>	20	0,019	32	0,03	228	0,22	379	1,60	8	0,007
<i>S. ulna</i>	14	0,06	18	0,07	5	0,02	379	1,60	17	0,07
<i>D. bavaricus</i>	65	0,08	143	0,18	4	0,005	—	—	1	0,001
<i>S. quadricauda</i>	22	0,007	34	0,01	73	0,02	248	0,08	12	0,004
<i>An. flos-aquae</i>	16	0,001	97	0,007	2773	0,2	3	0,0002	2	0,0001
<i>Aph. flos-aquae</i>	—	—	104	0,04	7296	2,7	400	0,2	0,4	0,0002
<i>A. formosa</i>	4,3	0,003	44	0,031	127	0,088	103	0,072	106	0,074
Весь фитопланктон	533,6	0,602	4544,7	2,571	72926	84,078	3327,3	4,098	698	0,728

Примечание. Здесь и в табл. 3 численность (N) — в тыс. кл/л, биомасса (B) — в мг/л.

Таблица 2

Численность и биомасса массовых видов зоопланктона и кормового фитопланктона Моткозера в 1987 г.

	10.06		25.06		9.07		15.08		6.10	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>B. longirostris</i>	10,7	0,14	2,9	0,025	3,1	0,026	—	—	0,06	0,0003
<i>D. cristata</i>	—	—	0,07	0,013	0,27	0,015	10,4	0,34	1,7	0,05
<i>H. appendiculata</i>	1,5	0,19	1,1	0,18	1,0	0,26	0,2	0,07	—	—
<i>E. graciloides</i>	1,2	0,065	1,3	0,067	3,6	0,137	3,0	0,21	1,0	0,06
<i>Cladocera</i>	13,1	0,14	3,2	0,14	4,7	0,12	46,3	1,0	3,8	0,07
<i>Copepoda</i>	13,5	0,45	11,8	0,43	9,2	0,46	25,5	0,61	3,7	0,1
<i>S. quadricauda</i>	22	0,007	34	0,01	73	0,02	248	0,08	12	0,004
Размерная фракция фитопланктона до 50 мкм	58		190		419		1287		115	

Примечание. Здесь и в табл. 4 для зоопланктона N — тыс. экз/м<sup>3</sup>, B — г/м<sup>3</sup>; для фитопланктона — соответственно тыс. кл/л и мг/л.

коэффициент корреляции между значениями биомассы *S. quadricauda* (средний размер клеток 26 мкм) и дафнии, а также между численностью дафнии и размерной фракции фитопланктона до 50 мкм равен 0,94. Корреляции в развитии *B. longirostris* и *H. appendiculata* с динамикой видов фитопланктона не выявлено.

**Буозеро-1.** Площадь озера — 70 га, максимальная глубина — 2,5 м, средняя — 1,5 м.

Фитопланктон озера образован водорослями тех же отделов, что и в Моткозере. Всего встречено 100 таксонов рангом ниже рода.

Среди диатомовых чаще всего встречались *S. ulna*, *F. crotonensis*, *F. sarcinica*. Сезонное развитие родов *Synedra*, *Fragilaria* происходило различным образом. Численность *Fragilaria* с начала июня по июль уменьшалась, в августе возрастала, снижаясь в октябре до минимума. Максимальное развитие *Synedra* наблюдалось в июле, депрессии приходится на конец июня и октябрь.

В пробах часто встречались такие виды диатомовых, как *Navicula radiosa*, *N. cuspidata*, *N. pupula*, *M. granulata*, *Cocconeis pedicula*, *Amphora ovalis*, *Tabellaria fenestrata*, но численность их была невелика.

Самым распространенным видом зеленых, как и в Моткозере, был *S. quadricauda*. Его количественные показатели достигали максимума в августе (0,15 мг/л). Кроме того, довольно часто встречались *Pediastrum tetras*, *P. boryanum*.

Особенностью систематического состава фитопланктона Буозера-1 является богатство его десмидиевыми (*Conjugatophyceae*). Конъюгаты составляют более половины всех зеленых водорослей (17 видов). Род *Cosmarium*, в частности, представлен 8 видами. Наиболее часто встречался мелкий вид *Staurodesmus phimus*.

Синезеленых отмечено 10 видов и форм. Характер сезонной динамики фитопланктона озера полностью определялся развитием *A. flos-aquae*. В пробах, взятых до удобрения озера, *Анабаена* отмечена в количестве 400 тыс. кл/л. После внесения суперфосфата численность ее повышается до 13 млн. кл/л, достигая максимума в июле — 429 млн. кл/л (табл. 3).

Довольно широко были распространены золотистые *D. bavaricus* и *D. sertularia*, хотя их влияние на количественные показатели фитопланктона было невелико. Эвгленовые, пиропитовые и желтозеленые встречались в единичных экземплярах.

Видовое разнообразие водорослей в течение сезона не оставалось постоянным — в июньских пробах было зафиксировано 74 вида, в период максимума цветения цианобактерий — 23 вида.

Реакция разных видов зоопланктона Буозера-1 на развитие водорослей неоднозначна, хотя наблюдались и некоторые общие тенденции. Так, в конце июня биомасса *B. longirostris* повышалась по сравнению с началом месяца с 0,28 до 0,67 г/м<sup>3</sup>. Тем не менее, в июле ее биомасса резко падает до 0,08 г/м<sup>3</sup>, и в сентябре босмина в пробах уже не регистрировалась.

Тенденции развития *D. galeata* и *B. obtusirostris* были довольно сходны. *B. obtusirostris* появляется в пробах в конце июня (0,04 г/м<sup>3</sup>), в июле ее биомасса резко снижается, возрастая к августу (0,15 г/м<sup>3</sup>).

Таблица 3

## Численность и биомасса фитопланктона Буозера-1 в 1987 г.

	8.06		24.06		10.07		12.08		18.09	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>D. bavaricus</i>	334	0,428	657	0,84	2	0,002	388	0,49	9	0,012
<i>D. sertularia</i>	32	0,048	296	0,44	—	—	19	0,028	0,3	0,0005
<i>S. quadricauda</i>	345	0,112	447	0,145	161	0,052	465	0,151	68	0,022
<i>F. crotonensis</i>	429	0,412	244	0,234	66	0,064	225	0,217	14	0,014
<i>F. capucina</i>	105	0,303	35	0,099	13	0,036	117	0,339	4	0,016
<i>S. ulna</i>	26	0,106	18	0,074	49	0,202	16	0,064	2	0,008
<i>An. flos-aquae</i>	429	0,030	13197	0,92	428269	29,7	273	0,019	24	0,002
Весь фитопланктон	2079	1,597	15114	2,931	445915	30,737	1877	1,749	169	0,127

Таблица 4

## Численность и биомасса массовых видов зоопланктона и кормового фитопланктона Буозера-1 в 1987 г.

	8.06		23.06		9.07		13.08		18.09	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>B. longirostris</i>	28,2	0,28	48,8	0,67	10,7	0,08	2,2	0,05	—	—
<i>B. obtusirostris</i>	—	—	1,1	0,04	0,1	0,0	8,2	0,15	6,3	0,09
<i>D. galeata</i>	—	—	—	—	0,05	0,0	4,4	0,34	22,6	1,13
<i>E. graciloides</i>	0,55	0,03	0,71	0,03	3,3	0,21	2,2	0,11	39,6	1,14
<i>H. appendiculata</i>	2,2	0,25	1,7	0,16	0,4	0,06	1,5	0,4	0,04	0,01
<i>Cladocera</i>	30,2	0,29	52,0	0,75	13,7	0,21	18,9	1,18	29,4	1,24
Copepoda	8,4	0,42	6,3	0,34	8,5	0,34	40,6	1,05	42,7	1,20

<i>S. quadricauda</i>	345	0,112	44,7	0,145	161	0,052	465	0,151	68	0,022
Desmidiaceae	67		38		6		46		3	
Размерная фракция планктона до 50 мкм	549		577		431		698		99	



*D. galeata* отмечена в пробах впервые только в июле, в августе ее численность возрастает до  $0,34 \text{ г/м}^3$ , достигая максимума в сентябре —  $1,13 \text{ г/м}^3$  (табл. 4).

Зафиксирована высокая корреляция между динамикой численности *H. appendiculata* и десмидиевых водорослей ( $r=0,97$ ), между динамикой развития *H. appendiculata* и *S. quadricauda* ( $r=0,85$ ).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Вышеприведенные материалы показывают, что основным фактором, повлиявшим на сезонную динамику всего планктона в обоих озерах, явилось цветение синезеленых, вызванное удобрением озер. Как уже указывалось, биогены вносились в озера дважды. По данным Г. М. Лаврентьевой и Е. В. Авинской (1985), при дробном внесении удобрений после первой и второй дозы доминантами становятся цианеи, что и имело место в нашем случае. Несмотря на практически одинаковый видовой состав планктонных комплексов, в каждом озере процессы взаимодействия популяций водорослей между собой и реакция зоопланктона на развитие фитопланктона существенно различались. Так, после удобрения Буозера-1 было зафиксировано снижение численности и биомассы практически всех видов фитопланктона, кроме цианей, а также уменьшение видового разнообразия. Численность кладоцер снизилась почти в 3 раза (см. табл. 4). В Моткозере количество не только синезеленых, но и других водорослей увеличивалось. Возросла и численность кладоцер (см. табл. 2), хотя биомасса *A. scheremetievi* в Моткозере была в период максимума развития почти в три раза больше, чем биомасса *A. flos-aquae* в Буозере-1 (рис. 1). Кроме того, в озерах резко различались и реакции популяций одних и тех же видов водорослей на цветение цианобактерий (рис. 2). Аналогичная ситуация наблюдалась и у зоопланктона (рис. 3). Вероятно, причиной подобного явления у водорослей может быть неодинаковая чувствительность их к токсинам, выделяемым разными видами *Анабаена*. Нельзя исключить и влияние в той или иной степени недостатка биогенов во время массового развития цианей. Различия в сезонной динамике численности одних и тех же видов

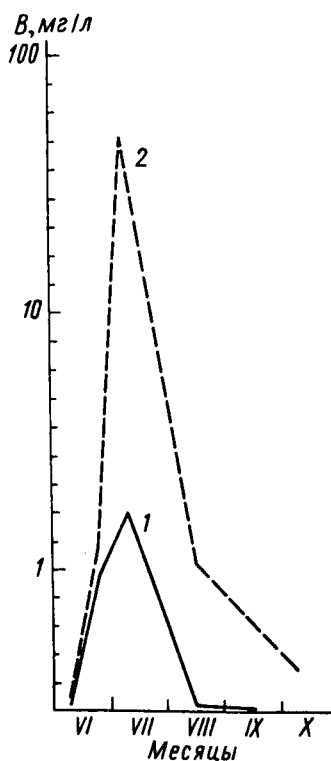


Рис. 1. Сезонная динамика биомассы видов *Анабаена*: 1 — *A. flos-aquae* (Буозеро-1); 2 — *A. scheremetievi* (Моткозеро)

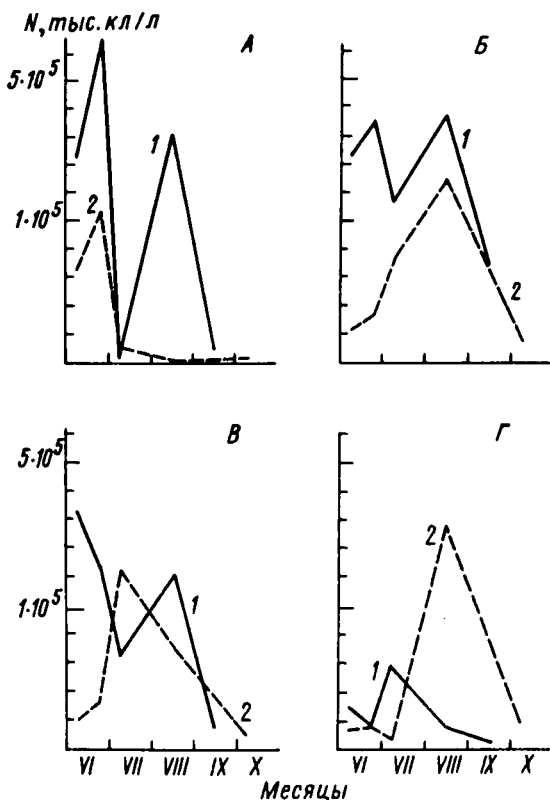


Рис. 2. Сезонная динамика численности массовых видов фитопланктона: А — *D. bavaricus*; Б — *S. quadricauda*; В — *F. crotonensis*; Г — *S. ulna*; 1 — Бузерепо-1; 2 — Моткозеро.

фильтраторов обусловлены, видимо, сложившейся трофической ситуацией в каждом из озер.

Вопрос о корреляциях между количественными характеристиками фито- и зоопланктона уже поднимался в литературе. Полагают, что такое простое сопоставление вряд ли представляет интерес без учета количественных закономерностей питания (Никулина, Гутельмахер, 1979). В нашем случае высокая степень корреляции отмечена в обоих озерах, что, по-видимому, отражает реальные отношения в планктоне водоемов.

В заключение следует подчеркнуть актуальность комплексного подхода к изучению взаимодействия гидробионтов разных трофических уровней для рыбохозяйственной практики. Стремление увеличить продуктивность водоемов путем искусственного повышения первичной продукции вызывает значительные сдвиги в развитии популяций фитопланктона, что приводит к дальнейшим изменениям на вышестоящих уровнях.

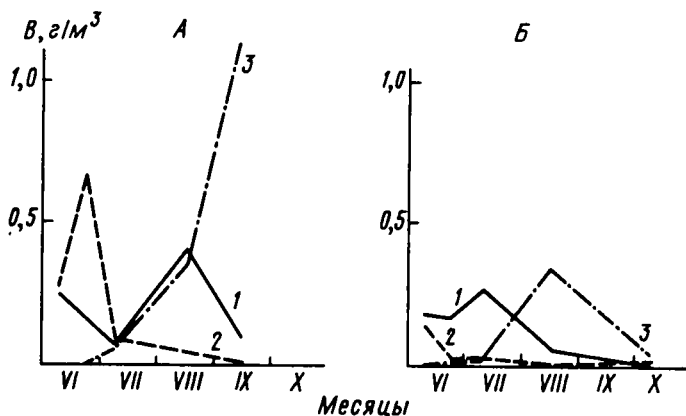


Рис. 3. Сезонная динамика биомассы массовых видов зоопланктона: А — Буозеро-1; Б — Моткозеро; 1 — *Heteroscope appendiculata*; 2 — *Bosmina longirostris*; 3 — *Daphnia galeata* (в Буозере-1), *D. cristata* (в Моткозере).

Неоднозначная реакция усиливает дестабилизацию экосистемы, особенно в условиях малых озер, и, в конечном итоге, определяет результат рыбопродукционных мероприятий. Другими словами, для рациональной эксплуатации водоемов крайне важно изучение механизмов ответного реагирования планктонного сообщества, к числу которых относятся взаимодействия фито- и зоопланктона.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев В. Р. Влияние минеральных удобрений на зоопланктон озер.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1984, 224.
- Гиляров А. М. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных. М., 1987.
- Гутельмахер Б. Л. Метаболизм планктона как единого целого: трофометаболические взаимодействия зоо- и фитопланктона. Л., 1986.
- Лаврентьева Г. М. Некоторые итоги и перспективы исследований фитопланктона в мелиорируемых озерах.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1981, 16.
- Лаврентьева Г. М. Реакция видового состава фитопланктона на введение в озера минеральных солей азота и фосфора.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1986, 252.
- Лаврентьева Г. М. Особенности ценозов фитопланктона и его фитосреды в удобряемых озерах.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1987, 265.
- Лаврентьева Г. М., Авицкая Е. В. Особенности развития фитопланктона в экспериментальном озере в зависимости от режима удобрения.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1985, 232.
- Никулина В. Н., Гутельмахер Б. Л. Взаимоотношения фито- и зоопланктона.— В кн.: Общие основы изучения водных экосистем. Л., 1979.

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РЕОФИТОПЛАНКТОННОГО КОМПЛЕКСА РЕКИ СУДЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЧЕРЕПОВЕЦКОЙ ГРЭС**

*Г. В. ЖАКОВА, Н. Л. БОЛОТОВА*

В процессе изучения водоема-охладителя Череповецкой ГРЭС мы убедились в том, что корректные результаты можно получить, лишь учитывая влияние всего комплекса гидротехнических сооружений данной электростанции на экосистему реки. В настоящее время в рыбохозяйственной тематике, связанной с эксплуатацией ГРЭС, исследования обычно касаются каких-либо отдельных гидротехнических сооружений электростанции. Производится либо оценка ущерба, вызванного гибелью гидробионтов в конденсаторных системах электростанций, либо изучение водоема-охладителя при ГРЭС. В конечном итоге подобная практика не дает возможности проанализировать воздействие ГРЭС на природные объекты (река, озеро, водохранилище) в целом как на эксплуатируемые экосистемы.

Необходимость комплексного подхода мы покажем на полученном материале по фитопланктону, который составляет часть исследований, включающих аналогичные данные по зоопланктону, бентосу и рыбе. В нашей работе мы не ограничились анализом влияния повышенных температур и гидрохимического режима на видовой состав и сукцессию планктонных водорослей в водоеме-охладителе. Исходя из поставленной задачи, мы попытались проследить влияние на фитопланктон эксплуатируемой реки комплекса гидротехнических сооружений ГРЭС как единого фактора и оценить его значение для первого трофического уровня экосистемы реки.

Гидротехнические сооружения Череповецкой ГРЭС расположены на р. Суде, впадающей в Рыбинское водохранилище. Это равнинная река, берега ее песчаные, поросшие лесом. Основной источник питания — снежные осадки. В апреле—мае проходит 30—55% годового стока. Наиболее высокие температуры воды отмечались в июле. Прозрачность

воды в течение сезона колебалась от 0,8 до 1,5 м по диску Секки. Снижение прозрачности наблюдалось в июле, в пик развития фитопланктона при максимальном прогреве водной толщи. Газовый режим реки в исследуемый период 1988 г. не был напряженным, содержание кислорода находилось в пределах 6,5—11,2 мг/л. Вода реки характеризуется как среднeminерализованная с суммой ионов 120—400 мг/л. Ежемесячные объемы забираемой воды колебались от 34,2 до 46,6 млн. м<sup>3</sup>.

Водоем-охладитель сооружен в пойме реки, забор воды в охлаждающую систему ГРЭС осуществляется через открытый подводящий канал. Отвод отработанных теплых вод идет вначале по закрытым железобетонным каналам и затем открытым отводящим каналом (на котором располагается садковое рыбное хозяйство) через водоем-охладитель в реку. Для большего охлаждения в сбросный канал добавляется вода из «холодного» водозаборного канала. Таким образом, в охладитель попадают как водоросли, сохранившие жизнеспособность после термической обработки, так и неповрежденные водоросли непосредственно из реки.

Пруд-охладитель Череповецкой ГРЭС занимает площадь около 400 га, максимальная глубина его 3,5 м, средняя — 1,9 м. Берега образованы намытыми песчаными дамбами. Ложе водоема в период строительства не было очищено от покрывающего его леса, и в настоящее время на дне охладителя находится значительное количество древесных остатков. Эффективность охлаждения воды в водоеме вследствие небольшой площади и глубины низкая. Снижение температуры воды происходит по мере удаления от места сброса теплых вод и зависит от сезона и метеоусловий года. Максимальная температура воды в охладителе (34,6° С) была зафиксирована в середине июля. Температурная стратификация в течение всего периода наблюдений не отмечалась.

Кислородный режим водоема в целом благоприятный. Минимальные концентрации кислорода были зафиксированы в конце июля — начале августа (4,83—5,05 мг/л). Снижению содержания растворенного кислорода способствовала поступающая с садкового хозяйства органика — метаболиты рыб, остатки корма.

Содержание углекислоты в воде довольно высокое, видимо, вследствие активно протекающих в течение всего года процессов окисления древесных остатков и органики с садкового хозяйства. Поскольку выделение углекислого газа происходило интенсивнее, чем утилизация его фитопланктоном, растворенная углекислота накапливалась в водоеме, особенно в зимнее время.

Прозрачность воды составляет в среднем 0,9 м по диску Секки. Величины ее снижаются по мере удаления от сбросного канала и определяются содержанием взвешенных веществ. Влияние фитопланктона на прозрачность незначительно: даже в период пика развития фитопланктона заметного снижения прозрачности не наблюдалось.

Величины рН находились в пределах 6,8—8,2, в среднем 7,4. Высокие значения перманганатной окисляемости определялись поступлением органики с садкового хозяйства. По той же причине высока и концентрация ионов аммония. Данные по термическому и гидрохимическому режимам водоема-охладителя и р. Суды приведены в табл. 1 и 2.

Термический и гидрохимический режимы водоема-охладителя в 1988 г.

	t, °C		O <sub>2</sub> , мг/л		CO <sub>2</sub> , мг/л		pH		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л		ПО, мг О/л	
	б	е	б	е	б	е	б	е	б	е	б	е
Январь	9,9	1,1	7,2	11,5	18,8	21,0	7,8	8,2	0,1	0,2	26,4	17,2
Февраль	9,1	—	7,1	—	10,6	—	7,4	—	1,0	—	17,4	—
Март	8,6	—	7,7	—	12,7	—	7,4	—	1,0	—	16,8	—
Апрель	10,0	—	10,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Май	16,8	13,2	8,3	8,8	9,8	7,9	7,3	7,4	0,9	0,7	21,5	19,1
Июнь	24,3	20,0	6,2	7,6	13,8	11,0	7,9	7,0	1,4	1,2	24,5	17,5
Июль	34,6	29,8	4,8	6,9	13,3	9,7	7,3	7,4	1,0	0,7	21,1	15,4
Август	20,2	18,8	6,8	6,6	12,8	9,8	6,8	7,6	1,1	0,9	26,8	17,7
Сентябрь	17,3	15,0	6,7	6,9	11,9	8,8	7,4	7,4	0,8	0,6	17,9	15,9
Октябрь	16,8	10,8	7,6	9,7	7,0	5,7	7,4	7,4	0,9	0,7	18,8	15,2
Ноябрь	10,5	—	9,7	—	12,2	—	7,4	—	0,4	—	17,0	—
Декабрь	8,9	—	7,2	—	15,8	—	7,4	—	0,8	—	14,2	8

Примечание. б — место сброса теплой воды в охладитель; е — место сброса воды из охладителя в реку.

Таблица 2

## Сравнительная гидрохимическая характеристика р. Суды и водоема-охладителя в 1988 г.

	Температура, °C			Прозрачность, м		pH		O <sub>2</sub> , мг/л		Жесткость, мг-экв/л		Щелочность, мг-экв/л		Fe <sub>общ</sub> , мг/л	
	С	О	Δt	С	О	С	О	С	О	С	О	С	О	С	О
Январь	0,5	6,6	6,1	—	1,4	7,0	7,9	6,8	8,5	4,3	4,6	3,6	—	—	0,24
Февраль	1,0	7,6	6,6	—	1,5	7,0	7,2	6,8	7,9	4,1	4,5	3,7	4,0	—	0,92
Март	1,0	8,0	7,0	—	1,4	7,0	7,3	6,5	8,2	3,4	4,1	3,8	4,0	1,14	0,8
Апрель	1,8	8,7	6,9	0,8	0,8	7,1	—	9,5	10,2	3,1	—	1,2	—	1,14	—
Май	17,1	18,0	0,9	1,5	0,9	7,2	7,3	12,9	8,1	2,0	3,2	1,6	2,8	1,88	0,71
Июнь	20,0	24,9	4,9	1,5	1,1	7,7	7,4	7,6	7,2	3,9	3,1	3,4	3,1	0,65	0,46
Июль	23,0	28,4	5,4	0,9	0,7	7,4	7,4	6,8	6,8	3,5	2,7	3,2	2,7	0,80	0,82
Август	15,6	21,9	6,3	0,9	0,9	7,4	7,2	7,2	6,3	3,1	2,5	2,7	2,5	1,83	0,86
Сентябрь	14,8	16,2	1,4	1,0	0,6	7,3	7,4	8,2	7,2	3,4	2,8	2,0	2,8	1,10	0,70
Октябрь	5,2	10,8	5,6	1,0	0,9	7,3	7,4	9,6	9,0	2,9	2,7	2,3	2,7	1,31	1,21
Ноябрь	3,0	6,9	3,9	—	0,9	7,4	7,3	11,2	10,8	2,6	2,5	2,2	2,5	0,96	1,17
Декабрь	1,0	7,5	6,5	—	0,9	—	7,4	—	8,8	—	3,2	—	3,2	—	0,96

Примечание. С — р. Суды; О — водоем-охладитель.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Комплексные исследования проводились с января по декабрь 1988 г. Контроль за температурой и кислородным режимом в холодильнике осуществлялся ежедневно. Кроме того, собирались аналогичные данные в теплом канале в месте сброса подогретых вод и сведения по гидрохимическому режиму р. Суды. Ежемесячно определялись содержание в воде углекислого газа, ионов аммония, железа, величины жесткости, общей минерализации, щелочности, активной реакции среды, перманганатной окисляемости и биохимического потребления кислорода. Все анализы выполнялись согласно общепринятым методикам. Одновременно осуществлялся сбор материалов по кормовой базе водоема-охладителя и прилегающих участков р. Суды, что позволило получить материалы для сравнительного анализа.

Для определения видового состава и количественных показателей фитопланктона отбирались интегральные пробы через 0,5 м батометром Рутнера; сбор материала производился раз в месяц в течение 1988 г. по всей исследуемой акватории. Пробы консервировались фиксатором на основе раствора Люголя. После концентрации проб отстойным методом численность водорослей определялась в камере Нажотта объемом 0,02 мл. Биомасса рассчитывалась по индивидуальным объемам клеток.

Определение первичной продукции проводилось кислородно-скляночным методом в модификации Винклера.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основу фитопланктона реки составляет комплекс «диатомовые—зеленые». Самая высокая численность (1,4 тыс. кл/л) отмечена в июне за счет мелкой центрической диатомеи *Cyclotella comta*. Максимум биомассы наблюдался в июле (1,02 мг/л), причем 49% ее образовано нитчатой диатомеей *Melosira varians*, а 27% — *C. comta*. Среднесезонная биомасса составила 0,6 мг/л (табл. 3).

Состояние фитопланктона, возвращаемого в р. Суду после прохождения через систему ГРЭС, существенно отличается от первоначального по качественным и количественным характеристикам. Основой этих изменений служат насосы водозабора, конденсаторные системы и водоем-охладитель. Объем забираемой из реки воды колеблется от 15 м<sup>3</sup>/сек зимой до 23 м<sup>3</sup>/сек летом. По самым приближенным подсчетам, количество водорослей, попавших в водозабор ГРЭС за вегетационный период 1988 г., составило 237 т сырой массы. При попадании в насосы и конденсаторы часть водорослей погибает вследствие механического травмирования и резкого повышения температуры. Имеются различные данные о степени разрушения фитопланктона (Виноградская, 1971; Васильчикова, 1971; Вайнштейн и др., 1973). Указывается также, что диатомовые обычно не повреждаются (Шаларь, Яловицкая, 1971). По мнению В. Г. Девяткина (1975), степень разрушения зависит как от конструктивных особенностей теплоэлектростанций, так и от состава



Таблица 3

Численность (N, тыс. кл./л) и биомасса (B, мг/л) фитопланктона водоема-охладителя в 1988 г.

	b		e	
	N	B	N	B
Январь	8	0,004	11	0,050
Февраль	5	0,033	19	0,070
Март	29	0,060	81	0,180
Апрель	100	0,390	736	1,060
Май	74	0,720	1845	6,080
Июнь	912	1,430	1993	2,020
Июль	101	0,230	410	0,750
Август	173	0,990	109	0,460
Сентябрь				
Октябрь			29	0,130
Ноябрь			15	0,060
Декабрь	17	0,060	7	0,006

Примечание. b — место сброса теплой воды в охладитель; e — место сброса воды из охладителя в реку.

фитопланктона. По нашим оценкам, под совокупным влиянием насосов водозабора и конденсаторных систем Череповецкой ГРЭС погибло в среднем 53% фитопланктона, или 125 т сырой массы водорослей.

В результате исследований в охладителе было обнаружено 74 вида водорослей, из них 43 вида (58%) относились к диатомовым (табл. 4). Таким образом, преобладание диатомей в фитопланктоне охладителя, несомненно, является следствием своеобразного «отбора», которому подвергаются водоросли в конденсаторах ГРЭС. Диатомовые проходят его успешнее других благодаря высокой защищенности от воздействий внешней среды.

Видовой состав охладителя был относительно стабильным. Из 74 видов лишь 40 встречались более или менее постоянно, остальные отмечались спорадически. Понятно, что лишь эвритермные виды способны адаптироваться к условиям повышенных температур и сохранить способность к размножению. Можно отметить, что именно эти виды водорослей, в основном диатомовые, наиболее широко распространены в естественных водоемах области.

Таблица 4

Систематический состав фитопланктона водоема-охладителя в 1988 г.

	Число видов	% от общего числа видов
Bacillariophyta	43	58,1
Chlorophyta	14	18,9
Cyanophyta	9	12,2
Euglenophyta	4	5,4
Pyrrophyta	3	4,0
Chrysophyta	1	1,4

Планктонные водоросли в охладителе не организованы в фитоценоз. Индексы видового сходства Жаккара, рассчитанные за каждый месяц, не выявили видового единообразия по акватории водоема. По обобщенным же данным за год, сходство систематического состава между станциями явно имеется (значения коэффициентов 0,55—0,76), что указывает, впрочем, лишь на стабильность видового состава фитопланктона р. Суды.

Средневзвешенная по водоему биомасса фитопланктона в течение года составляла от 0,03 мг/л в феврале до 3,27 мг/л в мае (см. табл. 3). Но в каждый период времени показатели биомассы по акватории колебались в самых широких пределах. Флюктуации численности и биомассы различных видов водорослей по акватории водоема наблюдались практически каждый месяц. Так, если в марте биомасса наиболее распространенной *M. varians* составляла от 0,02 до 0,7 мг/л, то в мае — от 0,02 до 1,8 мг/л. Биомасса *C. comta* в апреле также различалась на разных станциях на несколько порядков — от 0,004 до 5,3 мг/л (рис. 1). Однако в целом проявлялась тенденция к увеличению биомассы фитопланктона по мере удаления от сбросного канала и снижения температуры.

Величины биомасс фитопланктона охладителя и р. Суды одного порядка, хотя в охладителе они в среднем несколько выше. Сравнение количественных характеристик фитопланктона реки и охладителя как в целом, так и по отдельным видам показывает, что сезонная сукцессия фитопланктона в охладителе смещена на более ранние сроки. Так,

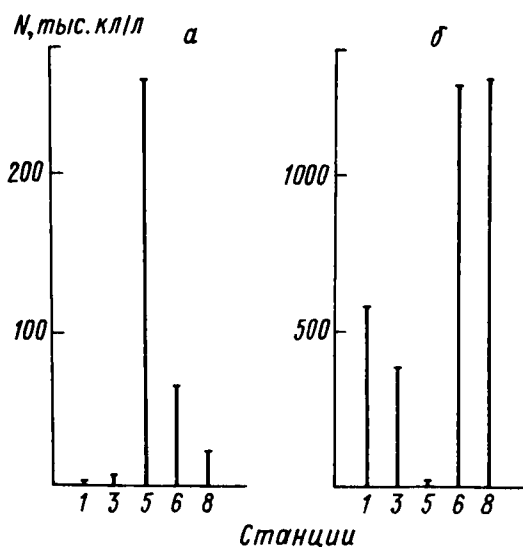


Рис. 1. Распределение численности двух массовых видов фитопланктона по акватории охладителя в июне 1988 г. (по направлению от сброса теплых вод до сброса в реку): а — *Fragilaria capucina*; б — *Cyclotella comta*

максимальные значения биомассы водорослей в реке зафиксированы в июле, тогда как в охладителе — в мае. Кроме того, начиная с июля, когда температуры в охладителе приближаются к критическим величинам —  $30^{\circ}\text{C}$  и выше (Пидгайко и др., 1970), количественные показатели фитопланктона снижаются и в дальнейшем остаются на невысоком уровне (см. табл. 3).

Помимо определения качественных и количественных показателей фитопланктона охладителя изучались и его продукционные характеристики. За год было проведено 7 измерений первичной продукции. Более половины полученных результатов имеют отрицательные значения, а положительные показатели выражаются крайне низкими величинами, т. е. в водоеме преобладают деструкционные процессы. Высокий уровень деструкции, предположительно за счет деятельности бактерий, поддерживается постоянным притоком органических (в основном азотистых) веществ с садкового хозяйства, расположенного на сбросном канале ГРЭС, наличием в водоеме огромного количества древесных остатков и повышенными температурами воды.

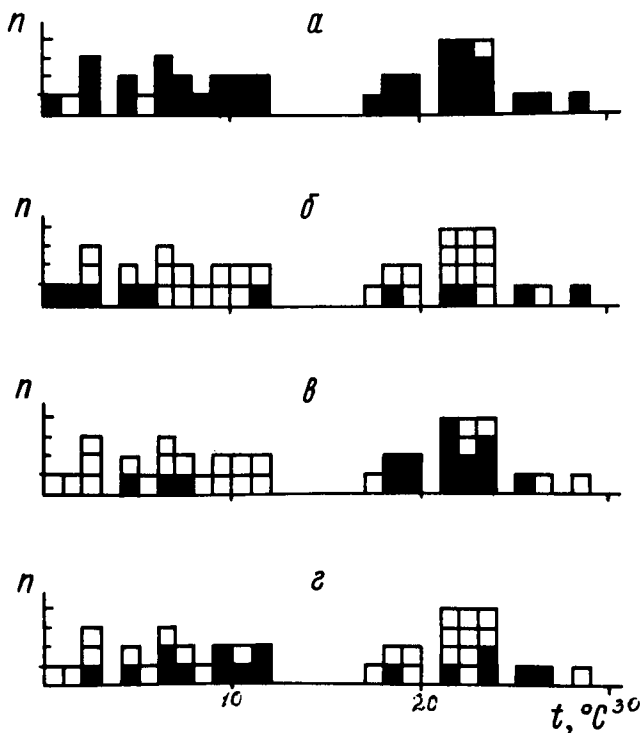


Рис. 2. Распределение некоторых видов водорослей по градиенту температуры: а — *Melosira varians*; б — *M. granulata*; в — *Cyclotella comta*; г — *Diatoma vulgare*; n — частота встречаемости. Светлая область — пробы, отобранные при данной температуре, темная область — пробы, в которых отмечены данные виды водорослей.

При изучении влияния повышенной температуры на фитопланктон мы провели анализ частот встречаемости различных видов водорослей по градиенту температуры. Подобное исследование позволило нам классифицировать встречающиеся в охладителе виды водорослей в зависимости от их реакции на термический режим. Если такой вид, как *M. varians*, процветает при любых температурах, то *M. granulata* пребывает в угнетенном состоянии. *S. comta* можно отнести к термофилам, а *Diatoma vulgare* более стенотермна и тяготеет к пониженным температурам (рис. 2).

Как указывалось выше, количество погибших в водозаборе водорослей за вегетационный период 1988 г. составило 125 т сырой массы. Из охладителя же в реку за весь год возвратилось 54 т. Следовательно, безвозвратное изъятие фитопланктона составило около 70 т. Оценка ежегодной гибели фитопланктона в водозаборе ГРЭС по общепринятым методикам невозможна, так как в р. Суде нет специализированных рыб-фитопланктофагов. Тем не менее, нельзя не учитывать того, что фитопланктон, как материальная основа фотосинтеза в воде, участвует в круговороте веществ и служит пищей для гидробионтов следующего трофического уровня — непосредственных кормовых объектов для рыб. Естественно, что гибель фитопланктона не проходит бесследно для реки, а в конечном счете и для рыб. Кроме того, ущерб, наносимый экосистеме, не ограничивается только уменьшением численности фитопланктона, а сопровождается изменением его видового состава: фитопланктон возвращается в реку, обогащенный эвритермными и термофильными видами водорослей.

## ЛИТЕРАТУРА

Вайнштейн М. Б., Девяткин В. Г., Митропольская И. В. Влияние подогретых вод Конаковской ГРЭС на фотосинтетическую активность фитопланктона Ивановского водохранилища. — Гидробиол. журн., 1973, 9, 6.

Васильчикова А. П. Периодичность и динамика биомассы фитопланктона водохранилищ-охладителей Урала. — В сб.: Симпозиум по влиянию подогретых вод ТЭС. Борок, 1971.

Виноградская Т. А. Влияние подогрева на развитие фитопланктона водохранилища-охладителя Кураховской ГРЭС. — В кн.: Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей ТЭС СССР. Киев, 1971.

Девяткин В. Г. Влияние подогретых вод на фитопланктон Ивановского водохранилища. — В кн.: Экология организации водохранилищ-охладителей. Л., 1975.

Пидгайко М. Л., Гринь В. Г., Поливанная М. Ф., Виноградская Т. А., Сергеева О. А. Итоги изучения гидробиологического режима пресных водоемов-охладителей юга СССР. — Гидробиол. журн., 1970, 2, 6.

Шаларь В. М., Яловицкая Н. И. Развитие фитопланктона в Кучурганском лимане-охладителе Молдавской ГРЭС. — В кн.: Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей ТЭС СССР. Киев, 1971.

## ЭКОЛОГИЯ И ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ МАССОВЫХ ВИДОВ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА БЕЛОГО

*Т. С. ПИХТОВА*

Необходимость изучения экологии и биологии зоопланктеров обусловлена рядом причин, две из которых являются основными. Во-первых, зоопланктон имеет большое значение для питания рыб-планктофагов, а также молоди бентофагов и хищников. Во-вторых, пелагический зоопланктоценоз может служить чувствительным индикатором изменений, происходящих в водоеме в условиях усиливающегося антропогенного воздействия.

Исследования зоопланктона проводились на оз. Белом, одном из крупных мелководных водоемов Северо-Запада СССР, где примерно половину уловов составляют рыбы-планктофаги. В 1963 г. озеро превращено в участок Шекснинского водохранилища, через которое проходит Волго-Балтийский водный путь. В настоящее время площадь водоема составляет 1284 км<sup>2</sup>, средняя глубина 4,1 м. Прозрачность воды 0,9—1,7 м в открытых участках и 0,4—0,5 в прибрежных, общая минерализация — 120 мг/л, активная реакция среды — 7,2—7,9. Кислородный режим характеризуется как вполне удовлетворительный. Содержание нефтепродуктов колеблется от 0,03 до 0,24 мг/л при максимальных значениях в зоне фарватера. Заращаемость макрофитами составляет 1% площади, средневегетационные показатели биомассы фитопланктона — 3,8 мг/л, численность бактериопланктона — 1,4 млн. кл/мл (Александрова, Дружинин, 1981; Гусаков, Агаркова, 1981). Биомасса зоопланктона в среднем за вегетационный период равняется 1,4 г/м<sup>3</sup>, продукция — 95,4 кДж/м<sup>2</sup> (Пихтова, 1983).

Сбор проб зоопланктона проводился с 1975 по 1978 г. в рамках комплексных гидробиологических исследований водоема Вологодской лабораторией ГосНИОРХ. В 1975—1976 гг. съемки выполнялись на 25 станциях в мае, июле и сентябре. В 1977—1978 гг. помимо комплексных съемок на трех станциях материал отбирался в феврале, а затем раз

в 10—15 дней в течение всего вегетационного периода. Лов проводился малой количественной сетью Джеди (капроновое сито № 58, диаметр входного отверстия 13 см) тотально в дневные часы. Всего собрано и обработано 323 количественные пробы. Обработка проводилась общепринятым в гидробиологии методом (Киселев, 1969). Для сравнения циклов развития доминирующих видов из близких по лимнологической характеристике водоемов раз в месяц в течение всего вегетационного периода 1978 г. пробы зоопланктона отбирались на оз. Ильмень.

В настоящее время в зоопланктоне оз. Белого определено 89 видов коловраток и ракообразных, в том числе 46 — *Rotatoria*, 25 — *Cladocera*, 18 — *Copepoda*. Зоогеографический анализ видового состава показал, что зоопланктон водоема представлен в основном широко распространенными видами, 29% из которых являются космополитами. К доминирующим видам относятся: *Kellicottia longispina*, *Asplanchna priodonta*, *Conochilus hippocrepis*, *Limnosida frontosa*, *Daphnia longiremis*, *D. cucullata*, *Bosmina longicornis*, *B. coregoni gibbera*, *Mesocyclops leuckarti*, *Eudiaptomus gracilis*, *Heterocope appendiculata*.

В оз. Ильмень все перечисленные виды присутствуют в планктоне, но некоторые из них — *L. frontosa*, *D. longiremis*, *B. longicornis*, *E. gracilis*, *H. appendiculata* — не являются доминирующими. Ниже приводятся данные по распространению и динамике численности доминирующих видов зоопланктона, а также некоторые сведения по их экологии и биологии.

*Heterocope appendiculata* — характерная форма озерного пелагического планктона севера европейской части СССР, достигающая в оз. Белом значительного развития (11,7% биомассы всего зоопланктона и 29% биомассы копепоид).

Следует отметить, что сведения по биологии этого вида в литературе практически отсутствуют. За период исследований 1976—1978 гг. мы ни разу не встретили в планктонных пробах яйценосных самок, что не дает возможности говорить с достоверностью об определенных периодах размножения этого вида в водоемах. Однако по данным об изменениях в структуре популяции можно отметить основные черты его жизненного цикла.

Вид появляется в планктоне в мае, в период весеннего прогревания воды (11° С). К концу месяца он представлен в основном I—II копепоидными стадиями. В конце июня (18,5° С) особи становятся половозрелыми и приступают к размножению. Об этом можно судить по значительному увеличению численности самцов в популяции и появлению самок со сперматофорами. Как правило, самки не вынашивают яйцевого мешка, быстро сбрасывают его в воду (Рылов, 1930). По устному сообщению И. Н. Андронниковой, за многолетний период на оз. Красном лишь один раз (июль 1976 г.) была встречена яйценосная самка *H. appendiculata*, в яйцевом мешке которой насчитывалось 28 яиц. Этот факт также подтверждает наше предположение о сроках размножения первой генерации.

Вторичное увеличение численности самцов и появление самок со сперматофорами происходит в середине августа, т. е. через полтора месяца, что вполне достаточно, чтобы особи первой генерации достигли

половой зрелости. В период с августа до середины сентября численность популяции резко сокращается, и к концу сентября вид полностью выпадает из планктона. Поскольку молодые стадии этого вида появляются только в мае, можно предположить, что половозрелые особи второй генерации в сентябре откладывают покоящиеся яйца, после чего отмирают. Таким образом, в оз. Белом *E. appendiculata* является дициклическим видом с продолжительностью планктонной фазы жизненного цикла 5 месяцев (май—сентябрь). В оз. Ильмень этот вид также является летним и дициклическим, присутствуя в планктоне с мая по сентябрь.

*Eudiaptomus gracilis* (Sars), *E. graciloides* Lilljeborg — характерные представители комплекса пелагических копепод, являются доминирующей группой в зоопланктоне оз. Белого и составляют в среднем за вегетационный сезон 14,2% биомассы всего зоопланктона и 32,8% биомассы копепод. Развитие обоих видов происходит одновременно, и в связи с большой сложностью определения науплиальных и копеподитных стадий этих видов (Маловицкая, 1962) на рис. 1 приведены общие графики их численности. Первый период размножения начинается подо льдом. Уже в феврале—марте встречаются яйценозные самки, самцы, копеподитные и науплиальные стадии *E. gracilis* (в сумме 500—600 экз/м<sup>3</sup>). Количество яиц в яйцевых мешках самок не превышает 8—10. Половозрелые особи *E. graciloides* в оз. Белом в этот период не встречены, вероятно, в связи с гораздо более низкой численностью этого вида по сравнению с *E. gracilis*. Основная масса диаптомусов приступает к размножению весной. После вскрытия водоема интенсивность размножения достигает максимума и обуславливает в конце мая первый пик численности науплиусов (16 тыс./м<sup>3</sup>); одновременно, по-видимому, происходит выклев науплиусов из латентных яиц, отложенных осенью. В начале июня популяция состоит в основном из науплиальных стадий. Численность половозрелых особей сокращается с 1,2 тыс. экз/м<sup>3</sup> в начале мая до 0,5 тыс. экз/м<sup>3</sup> в начале июня, вероятно, в связи с элиминацией части особей зимней генерации. Первое поколение *E. gracilis* в массе достигает половозрелости к началу июля, *E. graciloides* — к концу июля — началу августа, давая летний максимум численности половозрелых особей (3 тыс. экз/м<sup>3</sup>).

О наступлении летнего периода размножения можно судить по увеличивающемуся количеству самцов в популяции. Так, соотношение самок и самцов в популяции *E. graciloides* в середине июля 1978 г. составляло 1:1,6. В начале июля наблюдается второй пик численности науплиусов (14 тыс. экз/м<sup>3</sup>), а позднее и копеподитов (10 тыс. экз/м<sup>3</sup>). В августе численность копеподитных стадий и половозрелых особей снижается с 14 тыс. экз/м<sup>3</sup> в начале месяца до 5,2 тыс. экз/м<sup>3</sup> в конце его. Вторая генерация достигает половозрелости в сентябре, когда и наблюдается второй, осенний пик численности половозрелых особей *E. graciloides*, который у *E. gracilis* выражен очень слабо. Таким образом, *E. gracilis* и *E. graciloides* в оз. Белом являются дициклическими и круглогодичными видами.

Продолжительность развития летней генерации *E. gracilis* от яйца

до половозрелости в оз. Белом примерно 40 дней, что составляет 654 градусо-дня. В период, когда откладка яиц происходит с меньшими промежутками, в планктоне обнаруживается больше яйценосных самок. Максимальное количество яйценосных самок отмечалось в начале июня и составляло 66% от общего числа самок в водоеме. В начале июля оно сократилось до 44%, в конце месяца вновь несколько повысилось, а осенью снизилось до 25%. В период наиболее интенсивного размножения (начало июня) средняя плодовитость составила  $21,5 \pm 1,13$ , к началу июля снизилась до  $12,0 \pm 0,55$ , а осенью снова увеличилась до  $14,5 \pm 1,26$  яиц на самку.

*Mesocyclops leuckarti* (Claus) — один из основных компонентов летнего планктического комплекса, составляющий в среднем за вегетационный период около 10% биомассы всего зоопланктона и 20% биомассы веслоногих ракообразных. Этот теплолюбивый вид имеет довольно продолжительную планктонную фазу жизненного цикла (май—сентябрь).

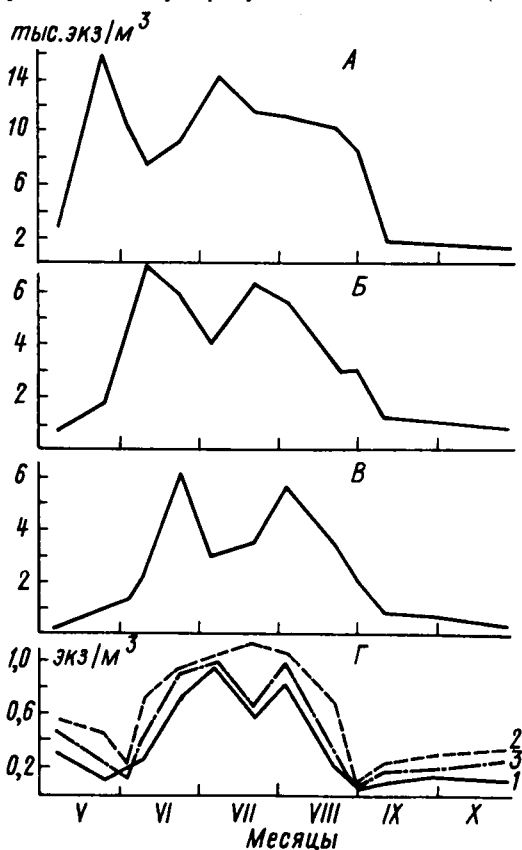


Рис. 1. Сезонная динамика численности популяций *Eudiaptomus gracilis* и *E. graciloides* в Белом озере: А — науплиусы, Б — копепоиды I—III; В — копепоиды IV—V; Г — взрослые особи: 1 — ов ♀♀, 2 — ♂♂, 3 — ад ♀♀.



В зимний период выпадает из состава планктона и находится в состоянии диапаузы в верхнем слое пелогена в IV—V копеподитных стадиях. В марте в придонном слое воды начинают появляться единичные особи V копеподитной стадии. В начале мая они отмечались в планктоне уже в массовом количестве (рис. 2). Для достижения половозрелости особям необходимо пройти 1—2 копеподитные стадии, для чего при температуре 3—11° С потребовалось около трех недель. В конце мая появляются самцы, а в начале июня — яйценосные самки. Наибольшее количество последних отмечается в первой декаде июня, когда соотношение численности яйценосных и половозрелых самок составляет 3:1. В первой декаде июня наступает первый пик численности науплиусов (50 тыс. экз/м).

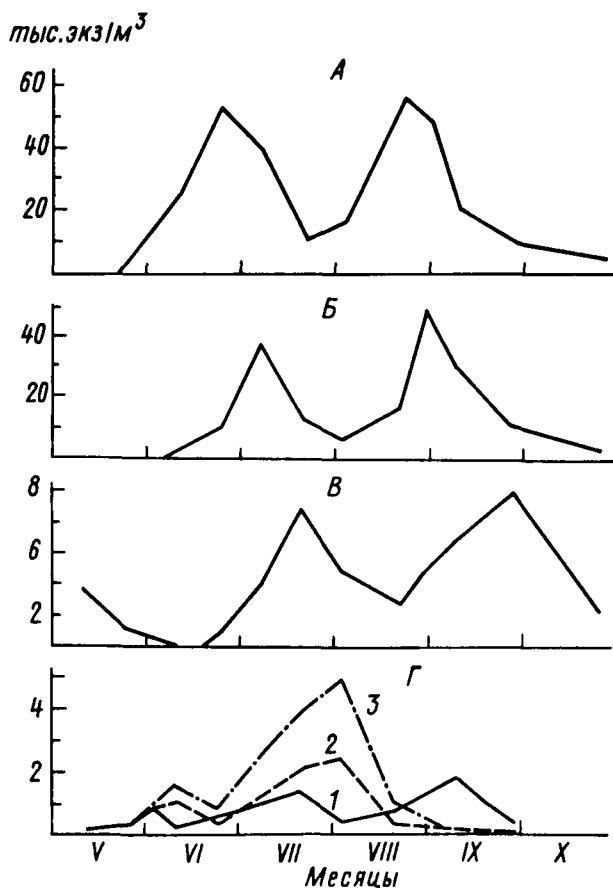


Рис. 2. Сезонная динамика численности популяции *Mesocyclops leuckarti* в Белом озере (1978 г.): А — науплиусы, Б — копеподиты I—III, В — копеподиты IV—V; Г — взрослые особи: 1 — ов ♀♀, 2 — ♂♂, 3 — ад ♀♀.

К концу июня наблюдается снижение численности половозрелых особей вследствие элиминации. В начале июля количество их вновь увеличивается в результате созревания рачков первой генерации. Зрелые особи этой генерации достигают максимальной численности к началу августа, а перед этим в популяции преобладали самцы. В период максимального развития соотношение яйценосных самок и самок без яйцевых мешков также составляло 3:1. Второй пик численности науплиусов приходится на третью декаду августа (55 тыс. экз/м<sup>3</sup>). К концу сентября приблизительно 50% особей второй генерации достигают IV—V копе-подитной стадии, и на этой фазе жизненного цикла к началу ледостава происходит смена биотопа: популяция переходит из воды в грунт, где и зимует в пелогене до будущей весны. Таким образом, в оз. Белом *M. leuckarti* является теплолюбивым дициклическим видом. Развитие вида, если считать от пика численности науплиусов до пика половозрелых особей, продолжается примерно 40 дней, что составляет 764 градусо-дня.

У данного вида проявляется обратная корреляция между размером животного и температурой воды и прямая корреляция между его размерами и количеством яиц в яйцевых мешках. Так, рачки, развивающиеся при низких температурах воды осенью и весной, имели большую длину тела (самки — 0,93 мм, самцы — 0,77 мм), чем особи, развивающиеся при высоких летних температурах (самки — 0,83 мм, самцы — 0,66 мм). Более крупные самки второй генерации имели в яйцевых мешках в среднем  $28 \pm 1,05$  яиц, а более мелкие самки первой генерации —  $17 \pm 1,55$  яиц. Кроме того, при порционном откладывании яиц наблюдалось уменьшение их количества в последующих кладках по сравнению с первыми. Так, самки второй генерации имели в яйцевых мешках  $36 \pm 1,05$  яиц, в последующих их пометах — лишь  $15 \pm 1,52$  яйца. У самок первой генерации  $26 \pm 1,28$  и  $10,6 \pm 1$  яиц соответственно.

В оз. Ильмень *M. leuckarti* имеет сходный цикл развития. Первый цикл численности науплиусов отмечается в конце июня (27 тыс/м<sup>3</sup>). Зрелые особи этой генерации достигают максимальной численности к началу августа (5,3 тыс. экз/м<sup>3</sup>). Второй пик численности науплиусов приходится на начало сентября.

*Limnospira frontosa* Sars — летний пелагический вид. В период своего максимума (август) составляет 35% биомассы кладоцер, достигая численности 2,0—3,7 тыс. экз/м<sup>3</sup>. В теплый 1975 год, когда температура достигла 16° С уже в середине мая, в конце месяца численность *L. frontosa* составляла 3,6 тыс. экз/м<sup>3</sup>. Первые самцы появляются в августе, а к началу октября вид выпадает из планктона.

Размеры и плодовитость самок увеличиваются на протяжении лета, достигая максимальных величин в августе. Так, длина самок *L. frontosa* в июне составляла 1,19 мм, в начале августа — 1,5 мм, плодовитость — соответственно  $3,0 \pm 0,21$  и  $5,5 \pm 0,31$  яиц. В оз. Ильмень численность данного вида была максимальной в июле (1,2 тыс. экз/м<sup>3</sup>).

*Daphnia cucullata* Sars является самым многочисленным видом дафний в летнем планктоне оз. Белого и составляет 9% биомассы всех кладоцер. В планктоне появляется лишь через три недели после вскрытия озера, достигая максимальной численности в середине июля (6—

7,5 тыс. экз/м<sup>3</sup>). На протяжении июля — начала августа в популяции отмечается наибольшее количество яйценосных самок (73% от общего числа самок). В конце сентября в планктоне появляются самки с эфиппийными яйцами. В октябре численность популяции значительно сокращается, причем вначале исчезает молодь, что связано с прекращением партеногенетического размножения. Максимальная длина самок отмечена в конце июля (1,27 мм), минимальная (0,9 мм) — в середине сентября.

Для *D. cucullata* оз. Ильмень отмечена сходная динамика численности с максимумом развития в июле (19 тыс. экз/м<sup>3</sup>).

*Daphnia longiremis* Sars — холодолюбивая форма, встречающаяся в оз. Белом на протяжении всего года. Несмотря на значительную численность, летом доля ее в общей массе зоопланктона невелика (4—6%) и только осенью и зимой повышается до 15—30%. Достигает высокой численности весной и в начале лета при температуре 16—17° С. При достижении температуры воды 18° С численность вида резко падает и держится на довольно низком уровне до конца августа (рис. 3). В сентябре при температуре воды 14° С она вновь увеличивается и достигает максимума в октябре при 8—4° С. Наибольшее количество яйценосных самок отмечается в конце июня — начале июля (35%) и в середине октября (44%). Максимальная длина самок (1,01 мм) и плодовитость ( $6,2 \pm 0,75$  яиц) зарегистрированы в начале июня. В период

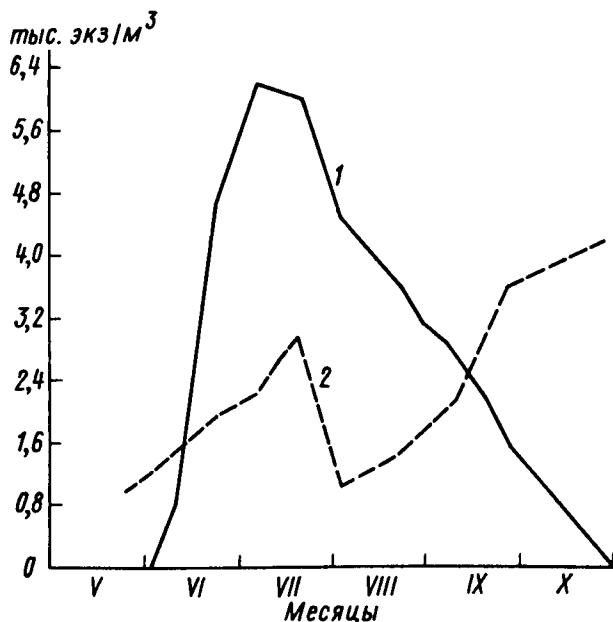


Рис. 3. Сезонная динамика численности дафний в Белом озере (1978 г.): 1 — *Daphnia cucullata*; 2 — *D. longiremis*

максимального развития популяции эти величины снижаются до  $0,91$  мм и  $1,6 \pm 0,26$  яиц. Осеннее повышение плодовитости до  $3,5 \pm 0,41$  яиц предшествует второму пику численности. В конце осени плодовитость вновь падает ( $2,0 \pm 0,38$ ) и в начале зимы достигает минимальных величин ( $1,0 \pm 0,3$ ), оставаясь на этом уровне на протяжении зимы и ранней весны.

*D. longiremis* оз. Ильмень максимального развития достигает осенью ( $3,5$  тыс. экз/м<sup>3</sup>).

*Bosmina coregoni gibbera* (Schoedler) — эвритермный вид, типичный представитель пелагического комплекса оз. Белого в весенне-осенний период. В среднем за вегетационный сезон доля его в общей биомассе зоопланктона составляет 10—13%, в биомассе кладоцер — 27—30%.

В зимних и ранневесенних пробах *B. c. gibbera* встречается единично, в значительных количествах появляется в планктоне в начале июня, когда после прогревания воды начинается партеногенетическое размножение, и достигает максимальной численности к концу июня ( $15,5$  тыс. экз/м<sup>3</sup>). После этого следует резкое сокращение численности, и на протяжении двух месяцев популяция находится в состоянии депрессии (рис. 4). В начале сентября отмечается второй пик численности ( $22$  тыс. экз/м<sup>3</sup>), после которого происходит снижение ее до  $4$  тыс. экз/м<sup>3</sup>.

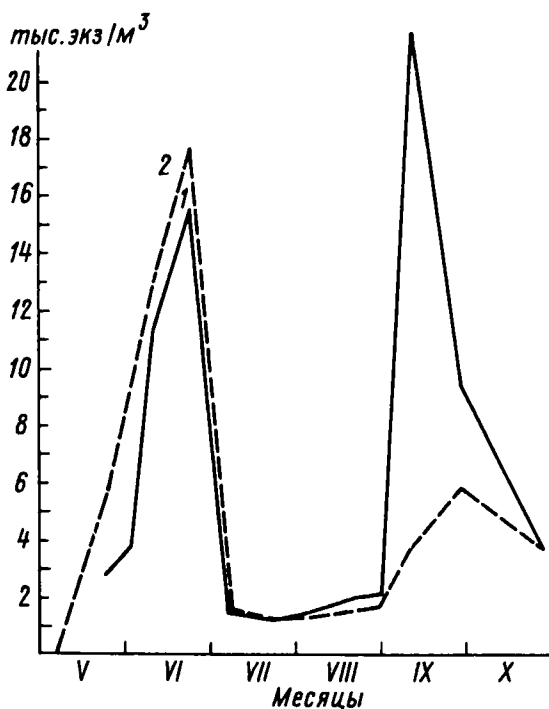


Рис. 4. Сезонная динамика численности босмин в Белом озере (1978 г.): 1 — *Bosmina coregoni gibbera*; 2 — *B. longicornis*

В оз. Ильмень также отмечено два пика численности в развитии этого вида — весной и осенью (8,5 и 30 тыс. экз/м<sup>3</sup>) при значительном сокращении в середине лета (3 тыс. экз/м<sup>3</sup>).

На протяжении вегетационного сезона хорошо прослеживается изменение размеров и плодовитости самок. Так, наибольшая длина тела характерна для особей, вышедших из эфиппальных яиц (0,6—0,7 мм). Наряду с ними встречаются и более мелкие самки (0,55—0,58), вероятно, относящиеся к поколению, которое размножалось партеногенетически ранней весной. В начале июня отмечается и наибольшая плодовитость ( $6,5 \pm 0,47$  яиц). При максимальной численности плодовитость самок сокращается до  $4,0 \pm 0,40$  яиц. В начальный период депрессии количество яиц в яйцевых сумках минимальное —  $3,0 \pm 0,5$ , при средней длине особей 0,4—0,5 мм. В начале августа вновь отмечается увеличение индивидуальной плодовитости. В конце осени, зимой и ранней весной она составляет  $1,0 \pm 0,1$  яиц.

*Bosmina longicornis* (Schoedler), как и предыдущий вид, имеет наибольшее значение в планктоне весной и осенью, составляя в среднем за вегетационный сезон 9—10% биомассы всего зоопланктона и 12—14% биомассы ветвистоусых. На протяжении зимы вплоть до середины мая численность данного вида в озере очень низка (5—20 экз/м<sup>3</sup>). *B. longicornis* в оз. Белом имеет два пика численности — первый приходится на вторую половину июня (17,6 тыс. экз/м<sup>3</sup>) и совпадает с пиком развития *B. s. gibbera*, второй, значительно меньше первого (5,5 тыс/м<sup>3</sup>), наступает в конце сентября (см. рис. 4). Сходные с *B. s. gibbera* закономерности проявляются и в отношении сезонных колебаний длины тела и плодовитости самок. Так, самыми крупными являются особи, вышедшие из эфиппиумов, — 0,75 мм, с середины июля до начала сентября длина тела колеблется от 0,55 до 0,64 мм, а с начала октября вновь возрастает до 0,69 мм. В сезонном развитии отмечаются два периода с максимальным количеством партеногенетических яиц у яйценосных самок: в конце мая ( $11,6 \pm 0,92$ ), что предшествует летнему максимуму численности вида, и в начале сентября ( $7,5 \pm 0,38$ ), что предваряет осенний максимум. Полное отсутствие яйценосных самок в популяции наблюдалось в начале августа.

В оз. Ильмень *B. longicornis* достигает максимальной численности в сентябре (22 тыс. экз/м<sup>3</sup>).

Таким образом, для сезонной динамики численности массовых видов зоопланктона оз. Белого характерны два пика: весенне-летний и летне-осенний. Сроки массового появления разных видов часто не совпадают и зависят от температурных условий и питания. Для большинства фильтраторов (*Bosmina* sp., *D. cucullata*) основным источником пищи являются бактерии, что и определяет совпадение максимума их развития с периодом высокой численности бактериопланктона. Первый пик численности бактерий в 1978 г. отмечался в июне, второй, более значительный, — в сентябре—октябре. Минимальные значения бактериопланктона зафиксированы в июле. В этот период, обычно совпадающий с интенсивной вегетацией синезеленых водорослей, наблюдается резкое падение численности тонких фильтраторов, чему способствует нарастание

численности хищных ракообразных. Более грубые фильтраторы (*E. gracilis*, *E. graciloides*) могут в значительных количествах использовать в пищу водоросли, в том числе синезеленые, в связи с чем указанные виды достигают значительного развития в июле — начале августа.

## ЛИТЕРАТУРА

*Александрова Д. И., Дружинин Г. В.* Анализ естественных и антропогенных изменений на фоне внутривековой изменчивости цикла увлажнения. — В кн.: Антропогенное влияние на крупные озера Северо-Запада СССР. Ч. 2. Л., 1981.

*Гусаков Б. Л., Агаркова С. П.* Гидрохимический режим. — В кн.: Антропогенное влияние на крупные озера Северо-Запада СССР. Ч. 2. Л., 1981.

*Киселев И. Л.* Планктон морей и континентальных водоемов. Л., 1969.

*Маловицкая Л. М.* Биология диаптомид в Рыбинском водохранилище. Автореф. канд. дис. Л., 1962.

*Николаев И. И., Ривьер И. К.* Вспышка численности *Copepodilus hippocrepis* Schrenk в планктоне Белого озера. — Информ. бюл. «Биология внутренних вод», 1968, 43.

*Пихтова Т. С.* Количественная оценка трофических связей между зоопланктоном и рыбами-планктофагами больших мелководных водоемов Северо-Запада СССР (на примере оз. Белого). Автореф. канд. дис. Л., 1983.

*Рылов В. М.* Пресноводная фауна. Пресноводные Calanoida. Л., 1930.

## **ИЗМЕНЕНИЯ В ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВАХ МАЛЫХ ОЗЕР ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В НИХ СИГОВЫХ РЫБ**

*А. И. ЛИТВИН*

При товарном выращивании сиговых рыб в естественных водоемах большое значение имеет изучение воздействия вселяемых рыб на кормовую базу. Как показали исследования последних лет, вселение в водоем новых видов рыб приводит к значительной структурной перестройке планктонного сообщества (Григорек и др., 1962; Скопцов, Крупенникова, 1982; Скопцов, Соломатова, 1984; Попов, 1985; Алексеев, Потина, 1986; Алексеев, 1988; Некрасова, 1988; Brooks, Dodson, 1965; Wells, 1970; Niellsson, Pejler, 1975, и др.).

В данной работе сделана попытка проанализировать изменения, происходящие в планктоне малых озер Буозеро-1, Моткозеро, Долгое и Обручевское в результате выращивания в них сиговых рыб (пелядь, муксун, сиг). При этом озера Буозеро-1, Моткозеро и Долгое использовались в режиме рыбопитомника, а оз. Обручевское как нагульный водоем для товарного выращивания пеляди.

### **КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕР И ПРОВОДИМЫХ РЫБОВОДНЫХ РАБОТ**

Исследуемые водоемы расположены на северо-западе Вологодской области, в междуречье рек Шексны и Андоги в границах Белозерской равнины. Территория района исследования относится к Белозерско-Кирилловскому ледниково-аккумулятивному ландшафту. В целом ландшафт можно охарактеризовать как южно-таежный, озерно-холмистый, среднеосвоенный (Антипов, 1981).

Климат района расположения озер умеренно-континентальный со сравнительно теплым, коротким летом и длинной, холодной зимой с устойчивым снежным покровом. Самым теплым месяцем года является июль, самым холодным — январь. Температура воды в озерах летом

достигает 15,5—22° С, а абсолютный максимум — 27—28° С. Вскрытие озер происходит в первой декаде мая, ранние сроки ледостава приходятся на последнюю декаду октября, а поздние — на декабрь.

Берега водоемов большей частью низкие, местами заболоченные; литоральная зона выражена слабо, увеличение глубин идет быстро. Для данных озер характерен камышево-тростниково-рдестовый тип зарастания (Воробьев, 1977). Помимо различных видов рдестов встречаются кубышка и кувшинка белая; широкое развитие во всех озерах получили элодея и роголистник. Степень зарастания озер не превышает 30%, только в Буозере-1 зарастаемость достигает 60% (табл. 1).

Грунты представлены в основном илистыми отложениями большой толщины. В профундальной зоне обычны илы оливкового и коричневого цвета; в прибрежье преобладают грубодетритные илы со значительной примесью растительных остатков и торфяной крошки.

Основные морфометрические и гидрологические показатели озер представлены в табл. 1.

Особенности морфометрии озер в значительной степени определяют их термический режим. В мелководных озерах Буозера-1 и Долгое слой температурного скачка не выражен, так как малые глубины и пологие берега способствуют тому, что ветровое перемешивание захватывает всю толщу воды. В глубоководных озерах Обручевское и Моткозеро при прямой стратификации четко выражен слой температурного скачка на глубине 3—5 м. Разность между температурами поверхности и дна составляет 5—8° С.

Все исследованные озера имеют слабый водообмен (см. табл. 1). Площадь водосбора озер в той или иной мере заболочена, что оказывает влияние на многие гидрохимические показатели. Озера Моткозеро и Долгое имеют довольно высокую цветность воды — XV—XXI (эталон шкалы Фореля-Уле), в других она составляла IX—XII эталона шкалы.

Гидрохимическая характеристика озер приводится в табл. 2. По количеству растворенных в воде солей озера в целом относятся к среднеминерализованным водоемам, а по составу солей — к гидрокарбонатно-кальциевому типу. Газовый режим в удобряемых озерах в основном зависит от интенсивности развития фитопланктона. В периоды максимальной вегетации (июль, август) наблюдается перенасыщение поверхностных слоев воды кислородом (до 110—130% насыщения), при одновременном резком снижении его содержания у дна (см. табл. 2). Количество углекислоты в этот период уменьшалось до 2—3 мг/л. Иногда отмечалось ее полное отсутствие в дневные часы.

Активная реакция среды близка к нейтральной и лишь при «цветении» воды повышалась до 8,2—8,8. Прозрачность в это время снижалась до 0,2—0,7 м. Одним из факторов, определяющих низкую естественную продуктивность озер, является невысокое содержание в воде биогенных элементов. Их концентрация колебалась в пределах 0,1—0,6 мг/л азота и 0,004—0,05 мг/л фосфора. Для повышения биопродуктивности озер вносились минеральные удобрения, согласно методическим рекомендациям ГосНИОРХ (1981). Их внесение производилось нерегулярно, 1—2 раза в сезон (табл. 3).



Таблица 1

## Морфометрическая характеристика озер

Название озера	Площадь, га	Объем, млн. м <sup>3</sup>	Глубина, средняя, м	Глубина максимальная, м	Длина наибольшая, км	Ширина наибольшая, км	Коэффициент условного водообмена	Зарастаемость, %	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Тип водоема
Буозеро-1	75	0,7	0,9	2,4	1,5	1,0	0,9	до 65	6,5	Аккумулятивно-транзитный
Долгое	5,5	—	2,9	—	—	—	0,3	30	—	Аккумулятивный
Моткозеро	40,0	1,4	3,7	6,5	2,1	0,3	0,5	7—10	5,9	→—
Обручевское	9,9	0,5	4,9	15,0	0,46	0,26	0,7	11—18	1,59	→—

Таблица 2

## Основные гидрохимические и биопродукционные показатели озер (в среднем за вегетационный сезон)

Название озера	Прозрачность воды, м	pH	O <sub>2</sub> , мг/л	O <sub>2</sub> , % насыщения	CO <sub>2</sub> , мг/л	Перманганатная окисляемость, мгО/л	HCO <sub>3</sub> , мг/л	Сумма ионов, мг/л	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	Первичная продукция за вегетационный сезон, ккал/м <sup>2</sup>
Буозеро-1	2,0	<u>7,1</u> 6,8	<u>7,1</u> 3,1	<u>68,3</u> 24,7	<u>3,4</u> 3,6	13,7	63,4	149,4	0,04	0,17	1298
Долгое	1,9	<u>6,8</u> 7,6	<u>4,0</u> 7,9	<u>35,3</u> 67,0	<u>6,5</u> 12,7	9,3	87,8	148,4	0,01	0,12	545
Моткозеро	1,6	<u>7,2</u> 6,9	<u>10,1</u> 9,9	<u>98,9</u> 92,3	<u>1,2</u> 3,7	14,9	56,1	166,4	0,05	0,2	650
Обручевское	1,9	<u>7,6</u> 6,8	<u>11,2</u> 3,1	<u>112,4</u> 28,3	<u>0,7</u> 1,4	11,9	79,9	83,4	—	0,1	1090

Примечание. Над чертой — поверхность, под чертой — дно.

## Сроки и количество внесенных удобрений

Название озера	Год и месяц внесения	Вид удобрения	Всего, т
Буозеро-1	1983 (май, июнь)	Аммиачная селитра	6,0
		Суперфосфат	4,0
	1984 (май, июнь)	Аммиачная селитра	7,0
		Суперфосфат	5,0
Обручевское	1987 (июнь — дважды)	Суперфосфат	4,0
	1980 (июнь)	Аммиачная селитра	1,3
		Суперфосфат	0,5
	1981 (июнь)	Аммиачная селитра	1,3
		Суперфосфат	0,5
	1986 (июль)	Аммиачная селитра	0,4
		Суперфосфат	0,5
Долгое	1986 (июль)	Аммиачная селитра	0,3
		Суперфосфат	0,2
Моткозеро	1987 (июнь — дважды)	Суперфосфат	6,0

По гидрохимическим и биопродукционным показателям в настоящее время озера можно отнести к следующим типам: мезогумозно-мезотрофному — Буозеро-1, Обручевское, Моткозеро и полигумозно-мезотрофному — Долгое.

До интенсивного рыбохозяйственного освоения исследуемые озера по составу ихтиофауны относились к окунево-плотвичным, кроме оз. Долгого, являвшегося водоемом карасевого типа. Ни химический метод, ни интенсивный отлов малоценных рыб не дали желаемого результата, и аборигенная фауна со временем восстанавливалась. Сейчас в Буозере-1 и Моткозере обитают карась, щука, окунь, верховка, в оз. Обручевском — тугорослый карась, плотва, лещ и судак, который был интродуцирован туда как биологический мелиоратор.

Для улучшения качественного состава ихтиофауны и повышения рыбопродуктивности в озерах были акклиматизированы сиговые рыбы (табл. 4).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу работы положен материал, собранный на озерах с 1980 по 1987 г. Пробы по зоопланктону отбирались в период открытой воды (май—октябрь) сетью Джели с диаметром входного отверстия 18 и 25 см (капроновое сито № 49 и № 64). Первичную обработку вели в соответствии с общепринятой методикой (Киселев, 1969). Для перехода от числен-

Плотность посадки личинок и сеголеток сиговых рыб  
в озерах (по годам)

Название озера	Годы зарыбления	Вид рыб	Возраст рыб	Плотность посадки, тыс. шт/га	Всего на водоем, тыс. шт.
Буозеро-1	1983	Пелядь	Личинки	14,6	1050
		Муксун		3,7	270
		Сиг		3,4	245
	1984	Пелядь	Личинки	9,0	620
		Муксун		4,2	300
		Сиг		3,6	250
	1986	Пелядь	Подрошенные личинки	3,3	195
		Муксун		3,1	190
Моткозеро	1987	Пелядь	Подрошенные личинки (20—30 мг)	4,3	300
				0,3	22
	1986	Пелядь	Подрошенные личинки (20 мг)	10,2	400
		Муксун		6,2	250
	1987	Пелядь	Подрошенные личинки (20—30 мг)	6,7	270
				0,4	16
Долгое	1984	Пелядь	Личинки	13,6	68
		Муксун		5,5	27
	1985	Пелядь	Личинки	5,0	25
		Сиг		1,0	5
	1986	Пелядь	Подрошенные личинки (20—30 мг)	6,4	32
		Муксун		1,0	5
Обручевское	1980	Пелядь	Разновозрастные особи (1+ — 6+)	0,52	5,2
	1981—1982	—>—		0,42	4,2
	1983	—>—	Личинки	3,0	30,0
	1984	—>—	Двухлетки	0,5	5,0
	1985	—>—	Двухлетки	0,4	4,0
			Трехлетки	0,03	0,3
	1986	—>—	Двухлетки	0,3	3,0
			Трехлетки	0,04	0,4

ности зоопланктона к его биомассе были использованы уравнения зависимости массы тела животных от их длины (Балушкина, Винберг, 1979). Расчет продукции производился с использованием суточных Р/В-коэффициентов, определенных для организмов зоопланктона оз. Белого, расположенного в 15—20 км от исследованных озер (Пихтова, 1983), и собственных материалов. Рацион хищников рассчитывался по балансовому равенству (Винберг, 1956). «Реальная» продукция зоопланктонного сообщества определялась как разность между суммой продукции мирного и хищного зоопланктона и рационом хищников. Для

расчета продукции простейших был использован экспресс-метод (Андронникова, 1983). Значение отдельных видов в зоопланктоценозе дается по величине индекса плотности ( $\sqrt{pb}$ ) за вегетационный период (Пидгайко, 1978). Данные по питанию сиговых рыб и рыб-аборигенов использованы из работ Н. Л. Болотовой (1986, 1988, 1989).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование зоопланктона озер в течение ряда лет позволило выявить в его составе 70 видов планктонных ракообразных и коловраток, являющихся типичными для водоемов Северо-Запада СССР. Наиболее разнообразно представлена фауна ветвистоусых ракообразных, включающая 40 видов. К массовым видам относились *Daphnia cristata*, *D. longiremis*, *D. longispina*, *D. cucullata*, *D. galeata*, *D. affinis*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina longirostris*, *B. obtusirostris*, *B. coregoni gibbera*, *Limnospila frontosa*, *Simocephalus vetulus*, *Sida crystallina*, *Leptodora kindtii*.

Группа веслоногих ракообразных насчитывает 15 видов. Наиболее представлен род *Cyclops* — 5 видов. Массовое развитие имеют *Cyclops kolensis*, *C. abyssorum*, *Mesocyclops leuckarti*, *M. crassus*, *Eudiaptomus graciloides*, *Heterocope appendiculata*.

Из 15 видов коловраток наиболее многочисленны *Kellicottia longispina*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Asplanchna priodonta*, *Conochilus unicornis* и 1—2 вида из рода *Polyarthra*.

В целом, зоопланктон изученных озер не отличается видовым разнообразием. В Буозере-1 и Обручевском отмечено 50—52 вида животных, в оз. Долгом — 35 видов.

Для сезонной динамики численности и биомассы большинства массовых видов планктеров характерны два максимума: весенне-летний и летне-осенний. Первый создается в основном коловратками и ветвистоусыми, второй — ветвистоусыми и веслоногими ракообразными.

Показатели количественного развития зоопланктона во многом зависели как от гидрологических условий года, так и от плотности посадки сиговых рыб и внесения азотно-фосфорных удобрений. В табл. 5 представлены средневегетационные численность и биомасса зоопланктона по озерам. Наиболее высокие их величины отмечены в озерах Буозеро-1 и Обручевское. Там благодаря максимальному развитию коловраток и кладоцер в отдельные периоды биомасса достигала 5—10 г/м<sup>3</sup>.

Процентное соотношение основных групп зоопланктона озер за вегетационный сезон показано в табл. 6. Доминирующей группой по биомассе в оз. Обручевском были кладоцеры, в среднем 54% суммарной биомассы за весь период исследований, а по численности коловратки — 65%. В зоопланктоне оз. Буозеро-1 в 1983—1984 гг. явно преобладали по биомассе веслоногие ракообразные, а в 1985—1987 гг. — ветвистоусые. Ведущей группой по биомассе в зоопланктоне озер Мотк-озеро и Долгое были веслоногие ракообразные, а по численности — коловратки (см. табл. 6). Реальная продукция зоопланктона за веге-

Таблица 5

Средняя численность (тыс. экз/м<sup>3</sup>) и биомасса (г/м<sup>3</sup>) зоопланктона озер за вегетационный период

Показатель	Обручевское							Буозеро-1					Долгое			Моткозеро	
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1983	1984	1985	1986	1987	1984	1985	1986	1986	1987
Численность	121,3	124,5	1711,5	126,4	208,7	78,8	92,3	46,3	50,5	147,4	102,7	107,7	175,0	424,0	181,0	110,7	953,3
Биомасса	0,6	1,6	3,1	0,9	1,4	1,3	1,1	0,6	0,5	1,1	1,6	1,6	0,6	0,9	0,9	0,5	1,1

Таблица 6

Процентное соотношение основных групп зоопланктона озер в среднем за вегетационный сезон

Группы организмов	Обручевское							Буозеро-1					Долгое			Моткозеро	
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1983	1984	1985	1986	1987	1984	1985	1986	1986	1987
Кладоцеры	8 33	30 73	7 49	20 50	25 67	37 57	22 51	20 31	29 22	7 55	73 76	27 44	10 15	5 22	8 13	5 8	2 26
Копеподы	12 51	12 25	1 15	11 45	5 9	22 34	34 46	34 60	22 75	6 32	17 22	20 41	17 65	9 50	21 57	19 57	2 36
Коловратки	80 16	58 5	92 36	69 5	70 24	41 9	44 3	46 9	51 3	87 13	10 2	53 15	73 20	86 28	71 30	76 35	96 38

Примечание. Над чертой — численность, под чертой — биомасса

тационный сезон в годы исследований колебалась от 6 до 32 г/м<sup>3</sup>. Главная роль в создании продукции ракообразных принадлежит босминам, дафниям, диаптомусам и мелким циклопам.

Остановимся несколько подробнее на характеристике зоопланктона озер и факторах, влияющих на его развитие.

Изучение взаимоотношений между молодью сиговых рыб и кормовыми организмами в озерах-питомниках показало, что в одних случаях пресс рыб активно воздействовал на структурно-функциональные характеристики зоопланктона, в других — сам уровень развития кормовых организмов в значительной степени определял выживаемость и рост молоди.

**Буозеро-1.** Смена видового состава зоопланктона была наиболее подробно исследована в 1983 г.

С конца апреля и до середины мая лидирующее положение занимали циклопы рода *Cyclops* и их копеподитные стадии (92% общей численности и 97% биомассы). Со второй половины мая и до середины июля ведущую роль играли босмины — 68 и 87% соответственно. Наиболее массовыми являлись два вида — *Bosmina longirostris* и *B. obtusirostris*. В июле—августе преобладали мелкие циклопы рода *Mesocyclops*. В сентябре — начале октября по численности доминировали коловратки *K. longispina* и *A. priodonta* (81%), а по биомассе — копеподитные стадии циклопов и диаптомусов (73%).

Ход сезонной динамики численности и биомассы зоопланктона по многолетним данным представлен на рис. 1 и 2. Отмечаемое снижение количественных показателей зоопланктона в середине лета характерно для многих озер Северо-Запада (Попов, 1985; Алексеев, 1988; Пихтова, 1983). Это вызвано как особенностями жизненного цикла ракообразных, составляющих основу планктоценозов, так и снижением прозрачности воды в результате «цветения» водоемов, увеличением зарастаемости, возрастанiem прессы рыб по мере их роста.

В первые годы эксплуатации Буозера-1 в режиме рыбопитомника постоянным компонентом зоопланктоценозов был крупный рачок *H. arpendiculata*. Его среднесезонная биомасса составляла 0,11 г/м<sup>3</sup>, изменяясь в отдельные периоды от 0,02 до 0,3 г/м<sup>3</sup>. Кроме этого рачка, значительную роль в зоопланктоне играли циклопы и их копеподитные стадии. Биомасса копепод достигала 0,5—0,7 г/м<sup>3</sup>, что составляло 60—75% общей биомассы планктеров (см. табл. 5 и 6).

Внесение минеральных удобрений в водоем способствовало созданию благоприятных условий для развития фильтраторов, к которым в наших озерах относятся ветвистоусые ракообразные. Кладоцеры получили преимущественное развитие в Буозере-1, и в последние годы они становятся доминирующей группой в зоопланктоценозе. Их биомасса к 1987 г. увеличилась в 3 раза по сравнению с 1983 г. (см. табл. 5 и 6). В составе сообщества появляются такие крупные рачки, как *D. galeata*. Но основу популяции ветвистоусых составляют виды рода *Bosmina*, главным образом *B. obtusirostris*. Воздействие прессы рыб проявляется как в снижении количественных показателей развития зоопланктона, так и в уменьшении индивидуальной массы животных. У *B. obtusirostris* индивидуальная масса особи уменьшилась к концу вегетационного периода с 0,017 до

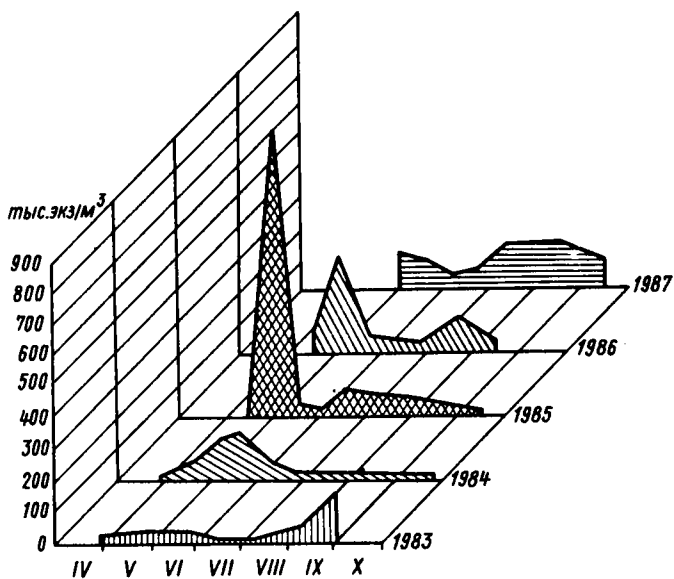


Рис. 1. Сезонная и многолетняя динамика численности зоопланктона в Буозере-1.

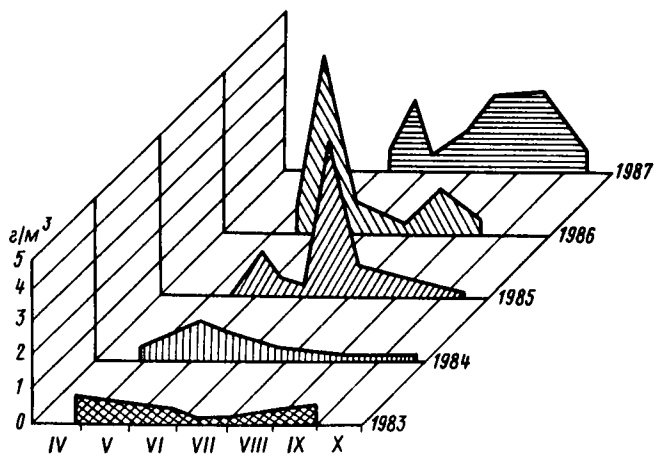


Рис. 2. Сезонная и многолетняя динамика биомассы зоопланктона в Буозере-1.

0,008 мг. Изменяется и соотношение видов планктеров: начинают преобладать крупные зарослевые формы, такие как *L. kindtii*, *L. frontosa*, *Simocerphalus*, что связано с тем, что сиговые являются пелагическими рыбами и в меньшей степени осваивают зону зарослей. Пищевая обеспеченность сеголеток сиговых в водоеме составляла, по данным Н. Л. Болотовой (1986, 1988), 30—40% от величины, необходимой для их оптимального роста, а периоды наибольшей накормленности соответствовали динамике развития зоопланктона в течение вегетационного периода.

**Моткозеро.** При использовании водоема в качестве рыбобитомника и снижении численности верховки, основного пищевого конкурента молоди сиговых, озеро в 1986 г. было обработано ихтиоцидом — этафосом. После периода детоксикации восстановление зоопланктона происходило крайне медленно. Сообщество планктеров состояло из небольшого числа массовых видов — *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *B. longirostris*, *Mesocyclops oithonoides*, *E. graciloides*. Численность и биомасса планктона были очень низкими (см. табл. 5). В течение лета по численности доминировали мелкие коловратки *K. cochlearis* — 76%, а по биомассе — копеподы (57%). В дальнейшем, после восстановления зоопланктонного сообщества, соотношение доминирующих групп гидробионтов изменилось очень слабо (см. табл. 6). В биомассе по-прежнему преобладали копеподы, в основном *E. graciloides*, которые чаще других зоопланктеров встречались и в питании рыб (Болотова, 1986). Преимущественное потребление рыбами ракообразных обусловило преобладание в зоопланктоценозе коловраток, практически не используемых в качестве пищи (см. табл. 6).

**Озеро Долгое.** В течение всего периода исследований в составе зоопланктонного сообщества по численности преобладали коловратки *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *K. longispina*, *A. priodonta*. Доминирующее положение по биомассе занимали веслоногие ракообразные *E. graciloides*, *H. appendiculata*. Динамика развития ветвистоусых ракообразных в значительной степени определялась степенью их выедания рыбами. Среднесезонная доля кладоцер в общей биомассе зоопланктона не превышала 13—20%, тогда как они составляли 54—75% по массе в пищевом комке у сеголеток пеляди в разные годы (Болотова, 1986).

Сезонная динамика биомассы зоопланктона показана на рис. 3. Отмеченные на кривой максимумы обусловлены массовым развитием планктеров: первый — босмин и циклопов (копеподитные стадии), второй — аспланхны, гетерокопа и циклопов, третий — аспланхны. Динамика биомассы зоопланктона в значительной степени обусловлена его потреблением сеголетками рыб. При массовом развитии планктеров возрастает их агрегированность, а соответственно и степень выедания; кроме того, различия в размерном составе популяции рыб проявляются в селективности их питания (Болотова, 1986). Например, в 1986 г. мелкие особи пеляди питались в основном ветвистоусыми ракообразными, в пище крупных преобладали веслоногие, хирономиды и имаго насекомых. При этом разделение пищевых ниш зависело от обилия кормовых организмов. Так, осенью того же года сеголетки всех пяти размерных групп питались веслоногими ракообразными (Болотова, 1986).



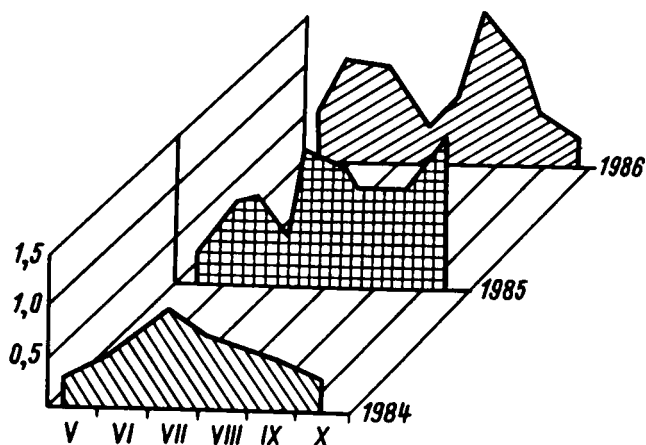


Рис. 3. Сезонная и многолетняя динамика биомассы зоопланктона в оз. Долгом.

**Озеро Обручевское** использовалось в основном в качестве нагульного водоема. За весь период наблюдений (1980—1986 гг.) в зоопланктоне озера преобладали ракообразные. Основной комплекс зоопланктона представлен следующими видами: *D. brachyurum*, *D. cristata*, *D. cucullata*, *D. longiremis*, *D. longispina*, *B. c. gibbera*, *E. graciloides*, *Cyclops* sp., *A. priodonta*, *K. longispina*, *K. cochlearis*. Летом существенное значение имели крупные рачки *L. kindtii* и *H. appendiculata*. Видовой состав зоопланктона за все эти годы почти не претерпел изменений. Структурные изменения в сообществе наиболее четко проявились в смене доминирующих видов. Если в 1980, 1983, 1986 гг. преобладал *E. graciloides* ( $\sqrt{pb}=5,9-6,2$ ), то в 1981, 1984 и 1985 гг. — *B. c. gibbera* ( $\sqrt{pb}=9,2-6,0$ ). В 1982 г. доминантным видом являлась коловратка *A. priodonta* ( $\sqrt{pb}=9,7$ ).

В последние годы наметилась тенденция к снижению мелких дафний (*D. cristata* и *D. longiremis*) и замене их более крупными (*D. cucullata* и *D. longispina*). Среди босмин значительно увеличилась численность *B. c. gibbera* и в то же время из группы массовых видов выпала более мелкая *B. obtusirostris*. Постепенно увеличивается численность диаптомусов и мелких циклопов рода *Mesocyclops*.

На рис. 4 и 5 показана сезонная и многолетняя динамика численности и биомассы зоопланктона в оз. Обручевском. Амплитуда колебаний количественных показателей обусловлена как изменениями в развитии доминирующих видов планктеров, так и колебаниями в степени их потребления рыбами. В результате пресса рыб размер *B. coregoni* снижается с 0,55—0,6 мм до 0,3—0,4 мм к концу лета. Индивидуальная плодовитость самки уменьшается с 6 до 2—3 яиц. В отдельные годы в середине лета отмечается преобладание самцов над самками в процентном отношении. К тому же нерегулярное внесение минеральных

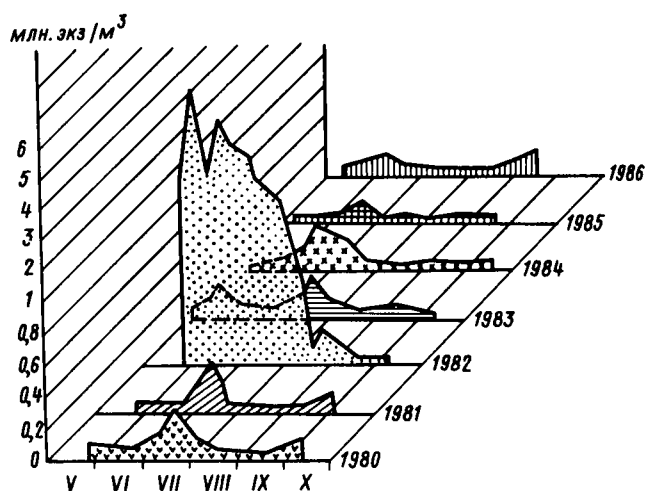


Рис. 4. Сезонная и многолетняя динамика численности зоопланктона в оз. Обручевском.

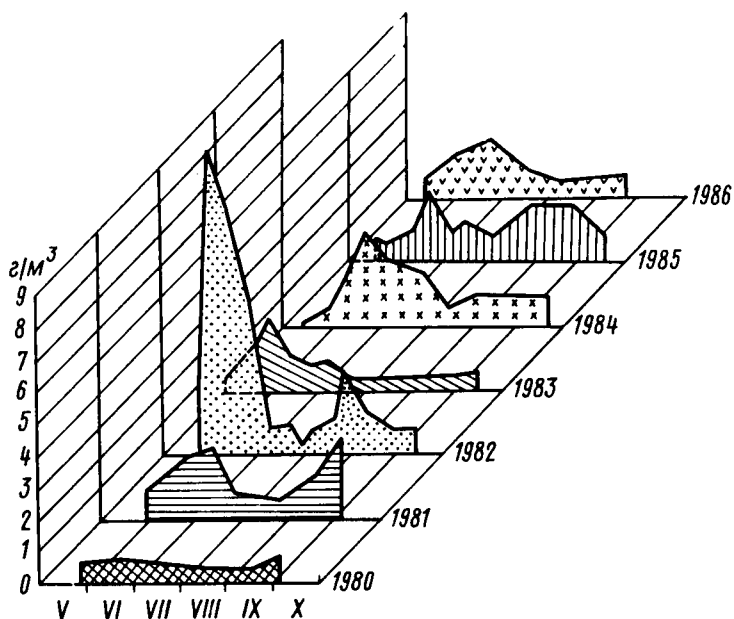


Рис. 5. Сезонная и многолетняя динамика биомассы зоопланктона в оз. Обручевском.

удобрений и вызванные этим колебания в развитии фитопланктона привели к тому, что в водоеме сложились такие пищевые условия, которые препятствовали размножению тонких фильтраторов, таких, как дафния или босмина, но в то же время благоприятствовали макрофильтраторам (диаптомус). Известно, что *Eudiaptomus* — вид, более устойчивый к голоданию и обладающий меньшей избирательностью питания. В 1986 г. диаптомус был доминирующим видом в зоопланктоценозе и на его долю приходилось 28% общей биомассы планктеров, тогда как в 1984 г. только 6,3%. В целом биомасса веслоногих ракообразных в 1986 г. увеличилась в 3,5 раза по сравнению с 1984 г. (см. табл. 5).

Исследования, проводимые на некоторых малых озерах Вологодской области, показали, что зоопланктон этих водоемов представлен обычными для Северо-Запада видами и сходен по видовому составу с другими малыми озерами гумидной зоны. Доминирующими по биомассе группами гидробионтов в озерах-питомниках являлись веслоногие ракообразные, тогда как в нагульных водоемах преобладали ветвистоусые рачки. Среднесезонные численность и биомасса зоопланктона колебались в широких пределах — соответственно от 46,3 до 953,3 тыс. экз/м<sup>3</sup> и от 0,5 до 3,1 г/м<sup>3</sup>.

При рыбохозяйственном освоении озер (проведение интенсификационных мероприятий, увеличение плотностей посадки выращиваемых рыб и т. д.) в значительной степени изменяются условия существования зоопланктеров. Происходит смена доминантных видов в планктоценозах, преимущественное развитие получают виды, менее специализированные по способу добывания пищи (диаптомус), а также такие, которые из-за меньшей доступности хуже потребляются рыбами (зарослевые и придонные формы гидробионтов). Во всех водоемах отмечается снижение относительной доли ветвистоусых ракообразных в численности и биомассе зоопланктона. В течение вегетационного периода наблюдается уменьшение размеров особей, количества яйценосных самок в популяциях, индивидуальной плодовитости рачков.

Одно-двукратное внесение в водоемы биогенных элементов в течение сезона не обеспечивает стабильного и достаточно высокого уровня развития зоопланктона. Резкие колебания функциональных показателей, характеризующих кормовую базу рыб, обуславливают неравномерность в темпе роста молоди и более взрослых сеголетков. Размерная неоднородность популяции рыб отражается на селективности потребления различных групп гидробионтов, при этом деление пищевых ниш зависит от обилия кормовых организмов (Болотова, 1986).

Таким образом, изменения в зоопланктонном сообществе малых озер при их рыбохозяйственном освоении являются результатом двух разнонаправленных процессов: создания благоприятных условий для преимущественного развития животных с фильтрационным типом питания (ветвистоусых ракообразных) и потребления рыбами более массовых и более доступных, вследствие своей агрегированности, гидробионтов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Андронникова И. Н.* Соотношение биомасс протозойного и метазойного планктона как экспресс-метод для расчета продукции простейших в озерах разного трофического типа.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1983, 196.
- Алексеев В. Р.* Особенности взаимосвязи зоопланктоценозов и ихтиоценозов в озерных сиговых питомниках.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1988, 283.
- Алексеев В. Р., Потина И. И.* Использование структурных показателей для оценки нагрузок на зоопланктон со стороны сиговых рыб.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1986, 245.
- Антипов Н. П.* Озерные ландшафты Вологодской области.— В кн.: Озерные ресурсы Вологодской области. Вологда, 1981.
- Болотова Н. Л.* Взаимоотношения рыб с кормовой базой малых озер, заселяемых сига́ми. Автореф. канд. дис., М., 1986.
- Болотова Н. Л.* Факторы, влияющие на выбор жертвы пелядью.— В кн.: Биология сиговых рыб. М., 1988.
- Болотова Н. Л., Салазкин А. А., Новоселов А. П.* Питание пеляди в ареале и в новых местах обитания.— В кн.: Пелядь *Coregonus peled* (Gmelin, 1788). М., 1988.
- Балушкина Е. В., Винберг Г. Г.* Зависимость между длиной и массой тела у планктонных ракообразных.— В кн.: Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л., 1979.
- Винберг Г. Г.* Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск, 1956.
- Воробьев Г. А.* Ландшафтные типы зарастания озер Вологодского поозерья.— В кн.: Природные условия и ресурсы Севера Европейской части СССР. Вологда, 1977.
- Григорек Е., Гильбрихт А., Сподневска И.* Изменения планктонного биоценоза, вызванные влиянием рыб, действующих как хищники и контролирующих среду прудов.— Вопросы экологии, 1962, 5.
- Киселев И. А.* Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1, Л., 1969.
- Методические рекомендации по минеральному удобрению малых озер.* Изд. ГосНИОРХ, Л., 1981.
- Некрасова И. И.* Количественная зависимость между структурно-функциональными показателями зоопланктона и прессом вселяемых рыб-планктофагов в интенсивно эксплуатируемых рыбохозяйственных озерах.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1988, 283.
- Пихтова Т. С.* Количественная оценка трофических связей между зоопланктоном и рыбами-планктофагами больших мелководных водоемов Северо-Запада СССР (на примере озера Белого). Автореф. канд. дис. Л., 1983.
- Скопцов В. Г., Крупеникова Т. В.* Роль рыб-планктофагов в формировании структуры планктонного сообщества озера.— Экология, 1982, 5.
- Скопцов В. Г., Саламатова Т. В.* Влияние пресса рыб на состояние популяций некоторых ракообразных.— Экология, 1984, 1.
- Пидгайко М. Л.* Зооценозы озер и прудов западных, центральных и южных областей РСФСР.— Изв. ГосНИОРХ, 1978, 135.
- Попов Н. Я.* Развитие и продуцирование зоопланктона в интенсивно эксплуатируемых озерах-питомниках юга Тюменской области. Автореф. канд. дис. Л., 1985.
- Brooks J. S., Dodson S. L.* Predation, body size and composition of the plankton.— Science, 1965, 150.
- Niellsson N., Pejler B.* On relations between fish fauna and zooplankton composition in North Swedish Lakes.— Inst. Freshwater Res. Drottningholm, 1975, Rep. N 53.
- Wells L.* Effects of alewife predation on zooplankton populations in Lake Michigan.— Limnol. and Oceanogr., 1970, 15.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ, ОПТИМАЛЬНО ВОЗДЕЙСТВУЮЩЕГО НА ПОПУЛЯЦИОННУЮ ДИНАМИКУ ХИРОНОМИД-ФИЛЬТРАТОРОВ В «ДРОБНО» УДОБРЯЕМЫХ ОЗЕРАХ**

*В. Ф. ШУЙСКИЙ*

Известно, что рыбохозяйственное использование малых озер эффективно лишь при условии применения удобрений (Титова, 1972; Лаврентьева, 1986). Предпочтителен такой способ удобрения, который сочетает стимуляцию кормовой базы рыб с минимальным воздействием на гидрофизический и гидрохимический режим водоемов. Этим требованиям отвечает способ «дробного» внесения минеральных удобрений по всей акватории озера. При этом расчетная доза биогенов делится на несколько одинаковых порций, вводимых в озеро в течение лета с примерно равными временными интервалами. Такое порционное внесение удобрений вызывает преимущественное развитие мелкоклеточных водорослей, активно потребляемых гидробионтами-фильтраторами (Лаврентьева, 1986). В зообентоценозах возрастает роль личиночных псевдопопуляций хирономид с фильтрационным типом питания (Лаврентьева, Шуйский, 1990; Шуйский, Евдокимов, 1990). При условии дробного внесения минеральных удобрений уровень первичной продукции является важным динамическим показателем пищевой обеспеченности хирономид-фильтраторов, с большой вероятностью детерминирует целый ряд их основных популяционных параметров (Лаврентьева, Шуйский, 1990). Весьма важно знать уровень первичной продукции, позволяющий достаточно полно реализовать потенциал численности личинок и в то же время избежать перепроизводства сестона сверх их пищевых потребностей.

Для решения данной задачи необходимо количественно оценить влияние уровня первичной продукции на основные параметры личиночных псевдопопуляций хирономид-фильтраторов. Наиболее информативной была бы отдельная оценка воздействия уровня первичной продукции на

численность каждой из генераций. Однако размножение хириноид-фильтраторов происходит в течение лета практически непрерывно (хотя и с разной интенсивностью), и выделить конкретные генерации оказывается невозможно. Поэтому приходится использовать лишь те показатели, которые характеризуют динамику всей личиночной псевдопопуляции.

Традиционными характеристиками динамики численности ( $N$ ) во времени ( $t$ ) являются абсолютная ( $dN/dt$ ) и удельная ( $r$ ) скорости изменения численности:

$$dN/dt \approx (N_2 - N_1) / (t_2 - t_1), \quad (1)$$

$$r = (dN/dt) \cdot \bar{N}^{-1}, \quad (2)$$

где  $N_1$  и  $N_2$  — численность в начальный и конечный моменты времени  $t_1$  и  $t_2$ ;  $\bar{N}$  — среднее за время  $\Delta t = t_2 - t_1$  значение численности. Использование показателя  $r$  предполагает, что для достаточно короткого промежутка времени  $\Delta t = t_2 - t_1$  численность может быть без большой ошибки представлена как экспоненциальная функция времени:

$$N_2 = N_1 e^{r \Delta t}. \quad (3)$$

При этом значение  $\bar{N}$  определяется как среднеэкспоненциальное:

$$\bar{N} = (N_2 - N_1) (\ln N_2 - \ln N_1)^{-1} = N_1 (e^{r \Delta t} - 1) / (r \cdot \Delta t). \quad (4)$$

При объединении уравнений (2) и (4) получаем

$$r = (\ln N_2 - \ln N_1) / (t_2 - t_1). \quad (5)$$

Следует отметить, что при изучении динамики цельной популяции показатель  $r$  имеет важный биологический смысл, так как отражает соотношение численности популяции и темпов ее изменения. Однако в данном случае величина  $N$  соответствует численности лишь личиночной части популяции. Численность имагинальной части популяции, непосредственно обеспечивающей поступление в бенталь новых особей, не учитывается, что приводит к завышению значений  $r$ . Для оценки основной тенденции изменений численности принято использовать среднее за период наблюдений ( $\tau$ ) значение  $r$  ( $\bar{r}_\tau$ ):

$$\bar{r}_\tau = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\ln N_{(i+1)} - \ln N_i}{\Delta t_i} \right), \quad (6)$$

где  $n$  — количество интервалов между моментами оценки численности за период  $\tau$ . Число наблюдений равно при этом  $n + 1$ . При равных интервалах между наблюдениями ( $\Delta t_i = \text{const} = \tau/n$ )

$$\begin{aligned} \bar{r}_\tau &= \frac{1}{n} \left( \frac{\ln N_2 - \ln N_1}{\tau/n} + \frac{\ln N_3 - \ln N_2}{\tau/n} + \dots + \frac{\ln N_{n+1} - \ln N_n}{\tau/n} \right) = \\ &= \frac{1}{n} \left[ \frac{(\ln N_{n+1} - \ln N_1) n}{\tau} \right] = \frac{\ln N_{n+1} - \ln N_1}{\tau}. \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, показатель  $g$  в любой его интерпретации, как и показатель  $dN/dt$ , зависит от одних и тех же четырех величин: начального и конечного времени наблюдений, начальной и конечной численности. Поэтому особенно важно правильно выбрать начальный и конечный моменты определения численности.

Величины  $g$  и  $dN/dt$  определяются соотношением позитивной ( $b$ ) и негативной ( $d$ ) составляющих:

$$g = b - d, \quad (8)$$

$$dN/dt = b\bar{N} - d\bar{N} = (b - d) N_1 \cdot e^{(b-d)\Delta t} \cdot [(b - d) \Delta t]^{-1}. \quad (9)$$

Величина  $b$  является удельной скоростью поступления в популяцию молоди,  $d$  — удельной скоростью элиминации. При изучении динамики численности личиночных псевдопопуляций хирономид оба этих показателя не поддаются непосредственному определению. Удельная скорость элиминации  $d$  определяется интенсивностью окукливания и вылета имаго, естественной смертности и выедания особей псевдопопуляции хищниками (рыбами и хищными беспозвоночными). Условия питания личинок хирономид оказывают воздействие на все перечисленные составляющие величины  $d$ , за исключением скорости выедания личинок хищниками. (Косвенно трофические условия могут влиять и на эту составляющую. Так, при дробном внесении удобрений увеличивается доля растительной пищи в рационе некоторых факультативных беспозвоночных-хищников — Шуйский, 1988; увеличение обилия бентоса в благоприятных трофических условиях сопровождается усилением его выедания рыбами-бентофагами — Шуйский, 1987). Для изучения зависимости динамики численности личинок от трофических условий среды (оцениваемых по уровню первичной продукции) целесообразно выбирать такие временные промежутки, когда фактор выедания хирономид хищниками действует в наименьшей степени. О временном ослаблении пресса может свидетельствовать сравнительно длительное увеличение наблюдаемой численности личинок  $N$ . С этой точки зрения, пик численности, завершающий процесс ее увеличения, следует использовать как конечное значение  $N_2$ , а момент достижения этого пика рассматривать как  $t_2$ . Временной промежуток  $\Delta t = t_2 - t_1$ , по-видимому, следует выбирать равным продолжительности развития хирономид данного вида от момента образования зиготы до момента окукливания ( $D$ ). В этом случае значение  $N_1$ , соответствующее времени  $t_1 = t_2 - D$ , будет независимо от значения  $N_2$  (так как все личинки, образовавшие пик численности  $N_2$ , отрождены после момента  $t_1$ , а все личинки, существовавшие в момент  $t_1$ , тем или иным способом элиминированы к моменту  $t_2$ ). Независимость величины  $N_2$  от начальной численности  $N_1$  и относительно слабое воздействие пресса хищников в течение  $\Delta t = t_2 - t_1 = D$  позволяет судить о влиянии трофической обеспеченности личинок за время  $\Delta t$  на конечный уровень численности  $N_2$ . Для устранения воздействия температурного фактора следует использовать лишь те данные, которые получены при температурных условиях, близких к стандартным (среднее значение температуры  $\bar{T}^\circ$  за  $\Delta t \approx 20^\circ \text{C}$ ).

Средние величины абсолютной и удельной скоростей изменения численности за выбранный интервал  $D$  равны соответственно

$$(\overline{dN/dt})_D = (N_2 - N_1) D^{-1}, \quad (10)$$

$$\overline{r}_D = (\ln N_2 - \ln N_1) D^{-1}. \quad (11)$$

Средняя численность личинок  $N$  за интервал  $D$  ( $\overline{N}_D$ ) и средняя скорость первичной продукции  $PP$  за этот же интервал ( $\overline{PP}_D$ ) могут быть рассчитаны как среднеарифметические значения:

$$\overline{N}_D = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m N_j, \quad (12)$$

$$\overline{PP}_D = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m PP_j, \quad (13)$$

где  $m$  — число последовательных определений численности и первичной продукции, приходящихся на выбранный интервал  $\Delta t = D$ .

Структура формул (10) и (11) включает величину  $N_1$ , не связанную с уровнем  $\overline{PP}_D$  (или связанную косвенно постольку, поскольку величина  $\overline{PP}_D$  зависит от предыдущего уровня первичной продукции до момента  $t_1$ , влияющего и на величину  $N_1$ ). Поэтому, кроме показателей  $(dN/dt)_D$ ,  $r_D$ ,  $\overline{N}_D$ , для оценки влияния трофических условий следует использовать показатель  $N_2$ . Оценка зависимости величин  $N_2$ ,  $\overline{N}_D$ ,  $(dN/dt)_D$  и  $r_D$  от значений  $\overline{PP}_D$  может быть рассмотрена на примере малых дробно удобряемых озер Шаталовского экспериментального участка (ШЭУ) Псковской области. Подробнее сведения о биолимнологических параметрах озер ШЭУ приводятся в литературе (Алексеева, 1984; Лаврентьева и др., 1984; Алексеев, 1985; Мещерякова, 1985; Салазкин, 1985; Салазкин, Шуйский, 1986).

**1. Оценка продолжительности развития хирономид от момента образования зиготы до момента окукливания.** Скорость весового роста личинок хирономид  $(dW/dt)$  связана с массой их тела ( $W_t$ ) степенной функцией

$$dW/dt = qa W_t^b, \quad (14)$$

где  $a = \text{const}$ ,  $b = \text{const}$ ,  $q$  — температурная поправка (Балушкина, 1987). Уравнение (14) является дифференциальной формой уравнения зависимости массы тела личинок от времени их жизни  $t$  (время  $t$  отсчитывается от момента образования зиготы, когда  $t=0$ ,  $W \approx 0$ , до момента определения массы  $W_t$ ):

$$W_t = q^{\frac{1}{1-b}} [a(1-b)]^{\frac{1}{1-b}} t^{\frac{1}{1-b}}. \quad (15)$$

Максимальная масса личинки (масса предкуколки) является, соответственно, функцией искомой величины  $D$ :

$$W_t' = q^{\frac{1}{1-b}} [a(1-b)]^{\frac{1}{1-b}} D^{\frac{1}{1-b}}. \quad (16)$$



Следует особо отметить, что величина  $D$  превышает продолжительность личиночного развития и равна интервалу времени от момента образования зиготы до момента завершения личиночного развития и достижения массы  $\bar{W}'_t$ . Оценка дефинитивной массы личинки  $W'_t$  по продолжительности личиночного развития вместо величины  $D$  может приводить к существенным ошибкам (Голубков, 1981; Балущкина, 1987). Уравнение (16) может использоваться для определения величин  $D$  по средним значениям  $W'_t$ , наблюдаемым в водоеме в момент  $t_2$ :

$$D = \bar{W}'_t (1-b) q^{-1} [a(1-b)]^{-1}. \quad (17)$$

Для личинок двух видов хирономид с фильтрационным типом питания, населяющих литораль озер ШЭУ (*Endochironomus albipennis* и *Glyptotendipes gripekoveni*), выявлена зависимость величин параметра  $a$  (при усредненном значении параметра  $b = \bar{b}$ ) от уровня первичной продукции  $PP$  (Лаврентьева, Шуйский, 1990):

$$a = a_{\max} (1 - e^{-k \cdot PP}). \quad (18)$$

В стандартных температурных условиях ( $t^\circ = 20^\circ \text{C}$ ) параметры уравнения (18) для личинок *G. gripekoveni* при  $\bar{b} = 0,7254$  таковы:  $a_{\max, 20^\circ} = 0,228^{+0,009}_{-0,007}$ ;  $k = 0,5178 \pm 0,0395$ ; коэффициент корреляции ( $P_q$ ) равен 0,8505; достоверность корреляции  $> 95\%$ . Параметры уравнения (18) для личинок *E. albipennis* при  $\bar{b} = 0,6309$  составили:  $a_{\max, 20^\circ} = 0,211^{+0,023}_{-0,021}$ ;  $k = 0,4629 \pm 0,0765$ ;  $P_q = 0,7303$ ; достоверность корреляции  $> 95\%$ . Для приведения величин  $a$  и  $a_{\max}$  к значениям, соответствующим температуре  $t^\circ = 20^\circ \text{C}$ , использовались температурные поправки (Балущкина, 1987).

Скорость развития хирономид от зиготы до предкуколки (величина, обратная  $D$ ), достоверно зависела от среднего за это время уровня первичной продукции ( $PP$ ). Характер этой зависимости для обоих видов хирономид при средней температуре воды в литорали около  $20^\circ \text{C}$  удовлетворительно аппроксимировался уравнениями вида:

$$(1/D)_{20^\circ} = (1/D)_{\max, 20^\circ} [1 - e^{-\bar{b} \cdot PP}]. \quad (19)$$

Параметр  $(1/D)_{\max, 20^\circ}$  рассчитывался как величина, обратная минимальной продолжительности развития  $D_{\min}$  при средней температуре воды  $t^\circ \approx 20^\circ \text{C}$ :

$$(1/D)_{\max, 20^\circ} = D_{\min, 20^\circ}^{-1}. \quad (20)$$

Значение  $D_{\min, 20^\circ}$  определялось по уравнению (17). При этом использовалось максимальное из всех тех зарегистрированных значений  $\bar{W}'_t$ , которые достигались личинками данного вида в озерах ШЭУ при средней температуре воды во время их развития около  $20^\circ \text{C}$  ( $\bar{W}'_{t \max, 20^\circ}$ ).

В качестве параметра  $a$  принималось значение  $a_{\max, 20^\circ}$ :

$$D_{\min, 20^\circ} = \bar{W}'_{t_{\max, 20^\circ}}^{(1-b)} [a_{\max, 20^\circ} (1-b)]^{-1}. \quad (21)$$

Параметры уравнения (19) для личинок *G. gripekoveni*:  $(1/D)_{\max, 20^\circ} = 0,0275$ ;  $\xi = 0,6233 \pm 0,0219$ ;  $P_e = 0,6716$ ; достоверность корреляции — 92%. Параметры уравнения (19) для личинок *E. albipennis*:  $(1/D)_{\max, 20^\circ} = 0,0289$ ;  $\xi = 0,6701 \pm 0,0428$ ;  $P_e = 0,6174$ ; достоверность корреляции — 88%. Поскольку значения температурных поправок для оценки роста и развития хирономид при температуре, отличной от  $20^\circ \text{C}$ , практически совпадают (Балушкина, 1987), итоговое уравнение для расчета длительности развития хирономид-фильтраторов в дробно удобряемых озерах может быть записано в виде

$$D = D_{\min, 20^\circ} q^{-1} [1 - e^{-\xi \cdot \overline{PP}_D}]^{-1} = \bar{W}'_{t_{\max, 20^\circ}}^{(1-b)} [a_{\max, 20^\circ} (1-b)]^{-1} q^{-1} \times \\ \times [1 - e^{-\xi \cdot \overline{PP}_D}]^{-1}. \quad (22)$$

2. Зависимость популяционных показателей  $N_D$ ,  $(dN/dt)_D$ ,  $\bar{r}_D$  от показателя трофической обеспеченности  $\overline{PP}_D$ . Величины  $t_1$  и  $t_2$ ,  $N_1$  и  $N_2$ , необходимые для расчета данных популяционных показателей, определялись в следующей последовательности:

1)  $N_2$  — пик численности, являющийся следствием сравнительно длительного ее увеличения;

2)  $t_2$  — момент времени, в который численность достигает значения  $N_2$ ;

3)  $t_1 = t_2 - D$ , где  $D$  определяется по уравнению (22);

4)  $N_1$  — численность личиночной псевдопопуляции в момент времени  $t_1$ .

Зависимость перечисленных популяционных показателей от уровня первичной продукции  $\overline{PP}_D$  для обоих изучаемых видов (*E. albipennis* и *G. gripekoveni*) оказалась сходной, что позволило объединить данные (см. рис. 1—4).

Зависимость величины  $\bar{N}_D$  личинок каждого из двух видов от  $\overline{PP}_D$  может быть аппроксимирована системой двух уравнений (рис. 1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{при } \overline{PP}_D \leq 2,9 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{сут: } \bar{N}_D = (406 \pm 30) \cdot \overline{PP}_D, \end{array} \right. \quad (23)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{при } \overline{PP}_D \geq 2,9 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{сут: } \bar{N}_D = 1186 \pm 30. \end{array} \right. \quad (24)$$

Зависимость величины  $N_2$  личинок каждого из двух видов от  $\overline{PP}_D$  (рис. 2) также аппроксимируется системой двух уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{при } \overline{PP}_D \leq 2,7 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{сут: } N_2 = (574 \pm 45) \cdot \overline{PP}_D, \end{array} \right. \quad (25)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{при } \overline{PP}_D \geq 2,7 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{сут: } N_2 = 1520 \pm 74. \end{array} \right. \quad (26)$$

«Критические» значения  $\overline{PP}_D$ , при которых значения  $\bar{N}_D$  и  $N_2$  становятся стабильными, в обоих случаях практически совпадают (2,7 и 2,9 ккал/м<sup>2</sup> · сут). Величина  $N_2$  превышает  $\bar{N}_D$  в 1,4—1,3 раза.

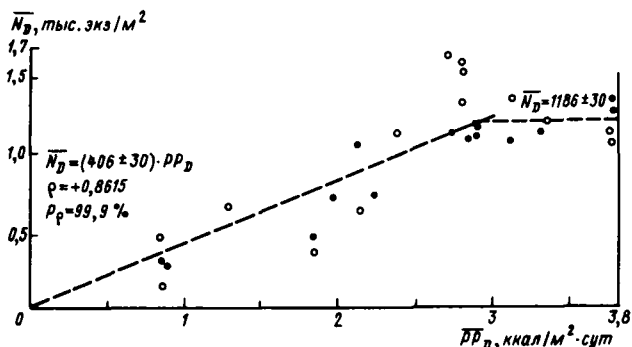


Рис. 1. Зависимость показателя  $\bar{N}_D$  от значений  $\bar{PP}_D$ . Светлые кружки — данные для *G. griekoveni*, темные — для *E. albipennis*,  $r$  — коэффициент корреляции,  $P_r$  — достоверность корреляции.

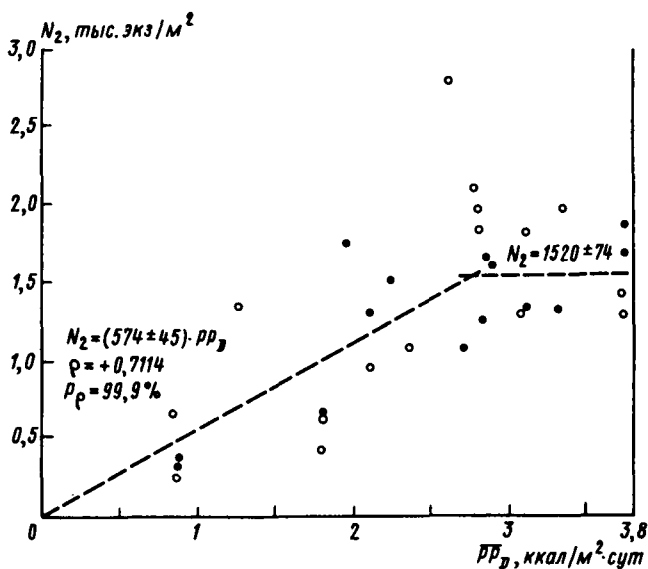


Рис. 2. Зависимость показателя  $N_2$  от значений  $\bar{PP}_D$ . Обозначения см. на рис. 1.

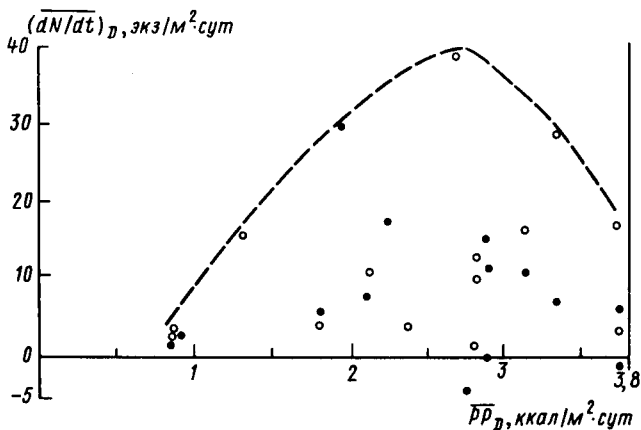


Рис. 3. Зависимость показателя  $(\overline{dN/dt})_D$  от значений  $\overline{PP}_D$ . Обозначения см. на рис. 1.

Абсолютная скорость изменения численности  $(\overline{dN/dt})_D$  зависела от значений  $\overline{PP}_D$  в меньшей степени, чем величины  $\overline{N}_D$  и  $N_2$ , так как значения  $N_1$  варьировали весьма широко (рис. 3). Зависимость максимальных реализуемых значений  $(\overline{dN/dt})_D$  от  $\overline{PP}_D$  (пунктирная линия на рис. 3) имела вид куполообразной кривой. В интервале значений  $\overline{PP}_D$  от  $\approx 0,8$  до  $\approx 2,7$  ккал/м²·сут максимальные реализуемые величины  $(\overline{dN/dt})_D$  были пропорциональны уровню  $\overline{PP}_D$ . При больших значениях  $\overline{PP}_D$  реализовывались меньшие скорости  $(\overline{dN/dt})_D$ . По-видимому, высокая величина  $\overline{PP}_D$  свидетельствует о том, что в период, предшествовавший моменту времени  $t_1$ , уровень первичной продукции был достаточно велик. Это обуславливало сравнительно высокую численность личинок ( $N_1$ ) к началу периода  $\Delta t$ , и в результате скорость увеличения численности  $(\overline{dN/dt})_D = (N_2 - N_1) / D$  при дальнейшем возрастании  $\overline{PP}_D$  сверх «критического» значения оказывалась все меньшей. При «критическом» значении  $\overline{PP}_D \approx 2,7$  ккал/м²·сут реализовывалась максимальная скорость увеличения численности псевдопопуляций ( $\approx 40$  экз/м²·сут). Нетрудно оценить время  $\delta t$ , необходимое для достижения максимального значения численности личинок ( $N_2 \approx 1520$  экз/м²) в гипотетических условиях первичного заселения литорали ( $N_1 = 0$ ) при дробном внесении удобрений, температуре  $\bar{t}^\circ \approx 20^\circ \text{C}$  и при выявленном оптимальном уровне первичной продукции  $\overline{PP} \approx 2,7\text{--}2,9$  ккал/м²·сут. Предполагая реализацию максимальной скорости увеличения численности ( $\approx 40$  экз/м²·сут), получаем:

$$\delta t \approx 1520/40 = 38 \text{ суток.}$$

Рассчитанный временной интервал  $\delta t$  примерно равен продолжительности развития хирономид-фильтраторов от зиготы до предкуколки D при данных значениях  $\overline{PP}$  и  $\bar{t}^\circ$  (для *G. gripekoveni*:  $D \approx 44$  сут., для

*E. albipennis*:  $D \approx 41$  сут.). Отсюда следует, что при первичном заселении литорали численность личинок хирономид-фильтраторов в дробно удобряемом озере может достигнуть максимального значения за время развития одной генерации. Таким образом, при дробном внесении удобрений потенциал численности личинок хирономид-фильтраторов реализуется весьма быстро.

Удельная скорость изменения численности  $\bar{r}_D$  варьировала при конкретных значениях  $\bar{P}\bar{P}_D$  в наибольшей степени (рис. 4) и оказалась наименее информативным показателем.

Итак, оптимальным уровнем первичной продукции, обеспечивающим полную реализацию потенциала численности личинок хирономид с фильтративным типом питания в озерах ШЭУ, при условии дробного внесения удобрений, следует считать 2,7—2,9 ккал/м<sup>2</sup>·сут. Потенциал скорости роста реализуется при этом уровне первичной продукции на 73—77%, потенциал скорости развития — на 82—85% [уравнения (18) и (19)]. Очевидно, что дальнейшая стимуляция первичной продукции приводит к перепроизводству сестона сверх пищевых потребностей личинок и является нецелесообразной. Поддержание первичной продукции на уровне примерно 2,8 ккал/м<sup>2</sup>·сут в озерах ШЭУ может быть достигнуто за счет дробного внесения в течение лета дозы азота и фосфора, примерно равной 0,2—0,5 г (N+P)/м<sup>3</sup> (Лаврентьева, 1987). По-видимому, в озерах с иными биологическими параметрами уровень первичной продукции, оптимально влияющий на популяционную динамику и на продукционный процесс в личиночных псевдопопуляциях хирономид-фильтраторов, может отличаться от установленного значения 2,9 ккал/м<sup>2</sup>·сут. Параметры приводимых уравнений  $a$  ( $\bar{P}\bar{P}$ ),  $D$  ( $\bar{P}\bar{P}$ ),  $N_2$  ( $\bar{P}\bar{P}_D$ ),  $N_D$  ( $\bar{P}\bar{P}_D$ ), вероятно, также могут существенно зависеть от условий эксплуатируемых водоемов. Для конкретных

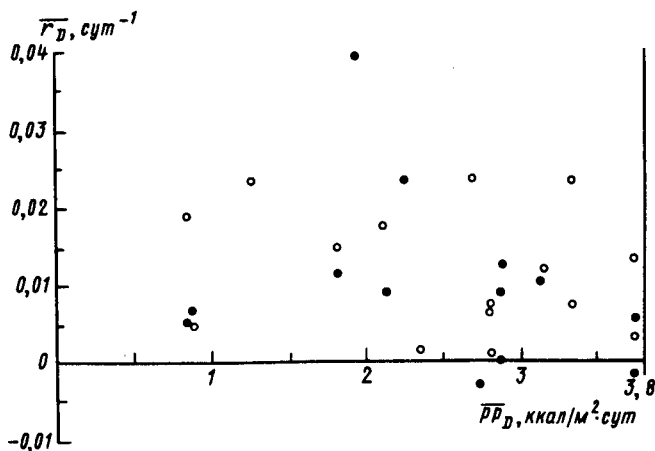


Рис. 4. Зависимость показателя  $\bar{r}_D$  от значений  $\bar{P}\bar{P}_D$ . Обозначения см. на рис. 1.

озер, используемых в рыбохозяйственных целях, следует определять реальные параметры уравнений и оптимальный уровень первичной продукции. Целесообразно отдельно оценивать влияние величины  $\overline{PP}_D$  на три основных показателя:  $N_2$ ,  $\overline{N}_D$ ,  $(dN/dt)_D$  и сопоставлять полученные результаты. Показатель  $\gamma$  (удельная скорость изменения численности личиночных псевдопопуляций) оказался неэффективным; кроме того, при применении его для изучения псевдопопуляций в значительной мере теряется биологический смысл показателя. Если «критические» величины  $\overline{PP}_D$  для трех рекомендуемых показателей ( $N_2$ ,  $\overline{N}_D$ ,  $(dN/dt)_D$ ) примерно совпадают, можно считать, что оптимальный уровень первичной продукции определен с достаточной точностью.

## ЛИТЕРАТУРА

*Алексеев В. Р.* Использование популяционного анализа для изучения жизненных циклов и оценки обеспеченности пищей ветвистоусых раков в удобряемых озерах.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1985, 231.

*Алексеева О. Н.* Особенности изменения гидрохимических показателей и первичной продукции двух озер при разном режиме удобрения.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1984, 224.

*Балушкина Е. В.* Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах. Л., 1987.

*Голубков С. М.* Параболический тип роста и его эффективность у пресноводных беспозвоночных.— В кн.: Основы изучения пресноводных экосистем. Л., 1981.

*Лаврентьева Г. М.* Фитопланктон малых удобряемых озер. М., 1986.

*Лаврентьева Г. М.* Анализ соотношений количества биогенов, вводимых в озера-питомники, с величинами продукции фитопланктона и рыб.— Труды ДИН АН СССР, 1987, 172.

*Лаврентьева Г. М., Авинская Е. В., Алексеева О. Н., Тесля А. Я.* Влияние режима удобрения на продукционные характеристики фитопланктона и выход рыбопродукции в озерах-питомниках (предварительное сообщение).— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1984, 224.

*Лаврентьева Г. М., Шуйский В. Ф.* Соотношение количества биогенов, поступающих в озерную экосистему, первичной продукции и продукции личинок хирономид-фильтраторов в литорали.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1990.

*Мещерякова С. В.* Высшая водная растительность опытных озер.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1985, 231.

*Салазкин А. А.* Изменения донной фауны озер в результате многократного введения биогенов.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1985, 231.

*Салазкин А. А., Шуйский В. Ф.* Некоторые структурно-функциональные перестройки макрозообентоценозов литорали удобряемого озера Ямное, вызываемые воздействием на сообщества пресса рыб-бентофагов.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1986, 245.

*Титова Г. Д.* Экологическая эффективность удобрения малых озер Ленинградской области.— Изв. ГосНИОРХ, 1972, 79.

*Шуйский В. Ф.* Динамика биомассы макрозообентоса и макрозооперифитона литорали удобряемого мезотрофного озера в условиях интенсивного воздействия на сообщества пресса рыб.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1987, 264.

*Шуйский В. Ф.* Размерно-весовая зависимость, скорость потребления кислорода и состав пищи личинок *Sialis lutaria* (Megaloptera) и *Cyrtus flavidus* (Trichoptera) в озерах с различными трофическими условиями.— В сб.: Гидрофизические, гидрохимические и гидробиологические процессы в озерах. Ин-т озера-ведения АН СССР. Л., 1988.

*Шуйский В. Ф., Евдокимов И. И.* Влияние режима удобрения озер на динамику численности личинок хирономид в литорали: результаты спектрального анализа.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1990.

## **ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗОВ БЕНТОСА МАЛЫХ ОЗЕР ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ**

*Т. Н. НАГАЕВА*

Известно, что при отсутствии антропогенного воздействия озерные ценозы зообентоса довольно стабильны вследствие сбалансированности и незначительной вариабельности абиотических и биотических условий их существования. Рыбохозяйственное освоение озер включает комплекс мероприятий, следствием проведения которых является увеличение биогенной нагрузки на водоемы, вызванное внесением минеральных удобрений, а также изменением взаимоотношений между рыбным населением и кормовой базой.

Целью данной работы являлось изучение структуры и функционирования донных сообществ малых озер Вологодской области, используемых для выращивания сиговых рыб. Материал собирали в течение ряда лет на озерах Лозско-Азатской группы. Краткая характеристика этих водоемов, различных по морфометрии, гидрохимическому режиму и трофическому статусу, приводится в работе А. И. Литвина (наст. сб.).

В качестве структурной характеристики донных ценозов был использован индекс разнообразия Шеннона-Уивера, введенный в гидробиологию Р. Маргалефом, а в качестве функциональной — соотношение продукции сообщества и суммарных трат на обмен, предложенное А. Ф. Алимовым (Margalef, 1957, 1958; Алимов, Финогенова, 1976). Эти показатели связаны как с абиотическими (количество взвешенного органического вещества, окисляемость, прозрачность), так и с биотическими (соотношение хищных и нехищных гидробионтов, стено- и эврибионтных животных) факторами, а также между собой.

Донная фауна исследованных водоемов представлена в основном широко распространенными группами и видами гидробионтов с значительной амплитудой приспособляемости к окружающей среде. Видовой состав бентоса сравнительно разнообразен: отмечены личинки хироно-

**Количественные показатели развития зообентоса в озерах  
Лозско-Азатской группы в 1986 г.**

Название озера	$N_{\text{ср.}}$ м	$N$ , экз/м <sup>2</sup>	$B$ , г/м <sup>2</sup>	Доминирующая группа гидробионтов	% био- массы	$P$ , г/м <sup>2</sup>
Чертовское	3,7	256	3,74	Хиროномиды	84,2	4,49
Буозеро-1	0,7	3872	3,27	Хиროномиды	51,0	23,70
Буозеро-2	2,0	695	5,78	Моллюски	69,6	7,41
Моткозеро	3,2	904	8,66	Хиროномиды	83,0	58,00
Долгое	2,9	175	0,82	Хиროномиды	87,0	1,80
Обручевское	4,9	372	0,64	Хиროномиды	99,7	8,30
Макаровское	4,0	828	2,94	Хаборус	33,8	6,17

мид, стрекоз, ручейников, поденок, гелеид, хаборусов, а также олигохеты, моллюски и пиявки. В подавляющем большинстве озер доминирующей группой бентофауны являлись личинки хирономид, составлявшие 30—98% общей биомассы донных животных. В некоторых водоемах ведущая роль принадлежала моллюскам и хаборинам (см. таблицу).

В малых озерах Вологодской области вертикальная зональность распределения бентоса была довольно сходной и слабо зависела от трофического статуса водоемов. Все три зоны бентали были представлены только в глубоководных озерах, таких, как Обручевское, Макаровское. В среднеглубоких озерах четко выражены только литоральная и сублиторальная зоны (Моткозеро, Долгое). В мелководных водоемах (Буозеро-1) литораль занимает всю площадь дна.

Гидролого-гидрохимический режим профундальной зоны довольно однообразен. Грунты представлены коричневыми или оливково-зелеными илами. Газовый режим характеризуется постоянным дефицитом, а нередко и полным отсутствием кислорода в придонных слоях. Это обуславливало бедность видового состава донных сообществ. Во всех исследованных озерах в профундали отмечен моноценоз *Chaoborus flavicans* ( $H=O$ ). *Chaoborus* — подстерегающий хищник, питающийся организмами зоопланктона — *Eudiaptomus*, *Daphnia*, *Mesocyclops*, личинками хирономид и хаборусов первых стадий (Нагаева и др., 1986; Болотова, 1986). Питание происходит в основном во время суточных вертикальных миграций. Показатель  $P/R$ , представляющий соотношение между полезной энергией на выходе из системы ( $P$ ) и рассеиваемой ( $R$ ), составляет 0,5, т. е. 50% энергии расходуется на образование продукции и 50% тратится на обменные процессы (Алимов, 1982).

Газовый режим сублиторальной зоны характеризуется меньшей напряженностью биогидрохимических процессов. Здесь также отмечается недонасыщение воды кислородом, но оно не принимает таких резко выраженных форм, как в профундали. Грунты в основном представлены коричневым или зеленоватым илом. Сообщества гидробионтов этой зоны более разнообразны в видовом отношении. Здесь распространен ценоз *Chironomus f. l. plumosus* — *Chaoborus flavicans* ( $H'=1,2—2,61$ ). Биомасса лидирующего вида составляет 60—88% общей биомассы сообщества. По способу добывания пищи члены его относятся



к детритофагам-собираателям, факультативным хищникам, детритофагам-глотателям. Отношение  $P/R$  составит 0,24—0,36, т. е. на образование продукции расходуется 24—36% энергии системы.

Наиболее разнообразен по видовому составу зообентос литоральной зоны, граница которой в рассматриваемых озерах совпадает с границей распространения высшей водной растительности. Из грунтов здесь более обычен грубодетритный ил с примесью торфяной крошки, встречаются илисто-песчаные участки и оливково-зеленые илы. При выделении ценозов бентоса в литоральной зоне учитывался и тип зарастания водоема гидромакрофитами. Так, в зарослях жесткой растительности — тростника, камыша, обычен комплекс *Sphaerium* — *Glyptotendipes*, на участках с кубышкой желтой и кувшинкой чисто-белой — *Ch. f. l. plumosus* — *Cordula aeneturfosa*, в ассоциациях мягкой погруженной растительности — *Tanytarsus* — *Microtendipes* — *Polypedilum* (элодея и различные рдесты) и *Ch. f. l. plumosus* — *Bithynia* — *Valvata* (роголистник, хара). При этом  $H' = 2,26—4,41$ . Отношение продукции сообщества к суммарным тратам на обмен здесь составляло 0,26—0,14. Следовательно, при увеличении сложности сообщества уменьшается доля полезной энергии по отношению к рассеиваемой (Алимов, 1982).

По способу добывания пищи всех донных животных можно подразделить на три основные группы — фильтраторы, детритофаги и хвататели. Внутри каждой из этих групп происходит более тонкая специализация, однако в природе чистый тип питания встречается редко, и большинству животных свойствен в значительной мере смешанный способ добывания пищи. В бентических комплексах, вне зависимости от количества видов, входящих в их состав, лишь 1—3 вида достигают особенно высокого количественного развития и образуют ядро данного сообщества. Они, как правило, относятся к разным родам и представляют различные трофические группировки, что связано с наиболее полным освоением пищевых ресурсов биотопа. Как видно на рисунке, наибольшим трофическим разнообразием отличаются донные сообщества литоральной зоны, где представлены животные с самыми различными способами добывания пищи.

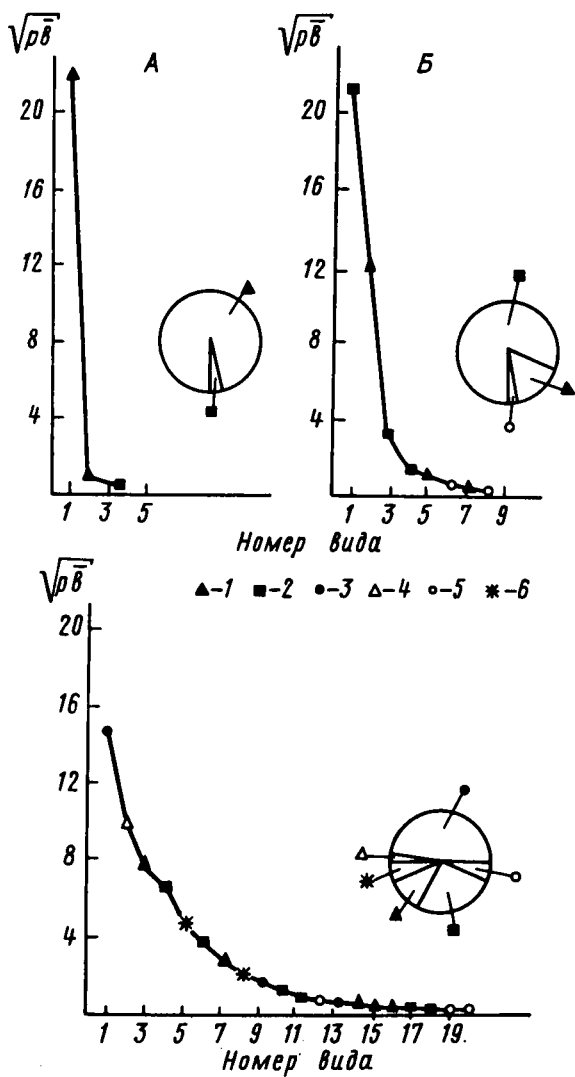
Коэффициенты фаунистического сходства (Sørensen, 1948), рассчитанные для сообществ профундали и сублиторали, составляют 38—42%, между сообществами сублиторали и литорали — 4—45%, между сообществами профундали и литорали — 0—12%. Таким образом, для организмов зообентоса глубина и связанные с ней биогеохимические условия являются факторами, ограничивающими для каждого вида зону наибольшего благоприятствования и определяющими условия выживания.

Как видно из таблицы, величины продукции зообентоса в большинстве этих водоемов невелики. Продуктивность донных сообществ в значительной степени зависит от трофического статуса озер, который в свою очередь определяется уровнем первичной продукции фитопланктона и их глубиной и прозрачностью. Коэффициент относительной прозрачности  $H_{np}/H_{cp}$  показателен при определении трофобиотического типа образования автохтонного органического вещества. В исследованных озерах факторами, ограничивающими фотосинтетическую деятель-

ность планктонных водорослей, являлись недостаток биогенных элементов и низкая прозрачность воды. Согласно классификации И. И. Николаева, дополненной С. П. Китаевым (1984), большинство данных озер относится к планктотрофному типу, где биологическое преобразование веществ и поток энергии идут в основном через планктонное сообщество. В зообентосе этих водоемов преобладают хищные формы беспозвоночных, такие, как *Chaoborus*, *Procladius*. В донных сообществах бентотрофных (Китаев, 1984), «литоральных» озер, где основной поток вещества и энергии идет через гидромакрофиты и бентические сообщества, доля хищных беспозвоночных составляла не более 6—12% общей биомассы.

Известно, что по мере упрощения структуры донных сообществ возрастает амплитуда сезонных колебаний их функциональных характеристик. В качестве меры устойчивости сообщества (*S*) было использовано отношение минимальной за год биомассы к максимальной за тот же период, предложенное А. Ф. Алимовым (1982). Рассчитанные таким образом отношения составили для сообществ профундали  $S=0,061$ , для сублиторали  $S=0,068-0,17$ , для литорали  $S=0,58-0,13$ . То есть наибольшая устойчивость донных ценозов, наименьшие амплитуды сезонных колебаний количественных показателей развития зообентоса достигаются при повышении видового разнообразия сообществ.

В результате проведения комплексных мероприятий по повышению биопродуктивности малых озер, с одной стороны, улучшается кормовая база для фильтраторов и детритофагов, с другой стороны, вследствие интенсивных процессов окисления органики, ухудшается кислородный режим в придонных слоях воды. Совокупность этих изменений приводит к созданию благоприятных условий для преимущественного развития *Chironomus f. l. plumosus*. Концентрация *Ch. f. l. plumosus* на глубинных биотопах при пониженном содержании  $O_2$ , когда жизнедеятельность других гидробионтов затруднена, обусловлена его способностью более полно использовать транспортную функцию гемоглобина, что дает дополнительное преимущество для освоения жизненного пространства с пищевыми ресурсами, недоступными для других животных зообентоса. Процессы антропогенного эвтрофирования затрагивают в основном профундальную и сублиторальную зоны водоемов, вызывая упрощение структуры донных ценозов. Так, при использовании Моткозера в качестве рыбопитомника в 1982—1986 гг. и связанном с этим внесении минеральных удобрений индекс *H'* снизился с 2,38 до 1,20 в сублиторали и с 4,42 до 3,10 в литорали. В сублиторали доля *Ch. f. l. plumosus* в общей биомассе сообщества увеличилась с 13% в 1981 г. до 32% в 1983 г. и до 70% в 1986 г. Доля хаоборин снизилась с 32% в 1981 г. до 10% в 1983 г. и до 1,2% в 1986 г. Трофическая структура сублиторального ценоза стала определяться развитием детритофагов, и появилась тенденция к превращению его в моноценоз *Ch. f. l. plumosus*. Это было вызвано не только улучшением пищевых условий для него, но и тем, что крупные закапывающиеся глубоко в ил личинки *Chironomus* почти не потреблялись рыбами, что увеличивало пресс рыб на других гидробионтов, особенно таких, как активно мигрирующий *Chaoborus* (Нагаева, Боло-



Распределение гидробионтов в донных сообществах малых озер Вологодской области по способу добывания пищи (на примере оз. Макаровского): А — профундаль, Б — сублитораль, В — литораль; 1 — хищники; 2 — детритофаги-собиратели; 3 — фильтраторы; 4 — минеры; 5 — детритофаги-глутатели; 6 — сестофаги

това, 1987). Снижение индекса разнообразия в литоральных сообществах донных животных связано в основном с различной доступностью гидробионтов для рыб при рыбохозяйственном использовании водоемов (Болотова, Нагаева, 1984; Болотова, 1986).

Для рационального использования кормовых ресурсов зообентоса в озерном рыбоводстве следует учитывать экологические особенности гидробионтов и закономерности распределения донной фауны в водоемах. Исходный трофический статус большинства малых озер Вологодской области не обеспечивает высокой продуктивности донных сообществ. Для ценозов зообентоса в этих водоемах устойчивость и значения индексов разнообразия невелики. Упрощение трофической структуры зообентоценозов характерно как для условий повышенной пищевой обеспеченности, так и для случаев ограниченности пищевых ресурсов. По мере упрощения структуры возрастает и амплитуда колебаний функциональных характеристик. Сукцессии донных сообществ в результате антропогенного эвтрофирования проявляются главным образом на незарастающих участках дна, тогда как сообщества зоны зарослей более стабильны. Поэтому при подборе состава поликультуры для более полного освоения кормовых ресурсов малых озер Вологодской области следует учитывать возможность смены ценозов зообентоса и связанные с этим изменения доступности гидробионтов и характера питания рыб.

## ЛИТЕРАТУРА

Алимов А. Ф. Структурно-функциональный подход к изучению сообществ водных животных.— Экология, 1982, 3.

Алимов А. Ф., Финогенова Н. П. Количественная оценка роли сообществ донных животных в процессах самоочищения пресноводных водоемов.— В кн.: Гидробиологические основы самоочищения вод. Л., 1976.

Болотова Н. Л. Взаимоотношения рыб с кормовой базой малых озер, заселяемых сига́ми.— Автореф. канд. дис. М., 1986.

Болотова Н. Л., Нагаева Т. Н. Использование бентоса пелядью в малых озерах Вологодской области.— В сб.: Тез. докл. конф. «Природные ресурсы внутренних водоемов Северо-Запада СССР и Белого моря». Петрозаводск. 1984.

Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М., 1984.

Литвин А. И. Изменения в зоопланктонных сообществах малых озер Вологодской области при выращивании в них сиговых рыб.— Наст. сб.

Нагаева Т. Н., Болотова Н. Л. Изменение донных ценозов малых озер Вологодской области при их рыбохозяйственном освоении.— В сб.: Тез. докл. X конф. молодых ученых и специалистов ГосНИОРХ, Л., 1987.

Нагаева Т. Н., Болотова Н. Л., Литвин А. И. Суточные вертикальные миграции *Chaoborus flavicans* в малых озерах Вологодской области.— В сб.: Тез. докл. V съезда ВГБО. Ч. 2. Тольятти, 1986.

Margalef R. La teoria de la informacion an ecologia.— Mem. real. acad. cienc. artes Barcelona, 1957, 32.

Margalef R. Information theory in biology.— Trans. Soc. Gen. Syst. Rest, 1959, 3.

Sorensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content.— Kongelige Danske videns, Selskab. Biol. Krifter., 1948, 5, 4.

## **ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ МОЛОДИ СИГОВЫХ РЫБ, ВСЕЛЕННЫХ В МАЛЫЕ ОЗЕРА ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Н. Л. БОЛотова*

При создании товарного хозяйства на малых озерах Белозерского района Вологодской области выращивание молоди сиговых рыб пытались осуществить в поликультуре. Для этого в озера, выбранные под питомники, вселялись разные виды, а именно: пелядь, муксун, сиг, гибрид пеляди с чиром — пелчир\*.

Данных по питанию перечисленных видов сиговых в водоемах естественного ареала и новых местах обитания достаточно много, но при этом суждения о характере питания довольно противоречивы. Одни авторы придерживаются четкого деления сиговых на планктофагов и бентофагов, другие относят их к эврифагам. Поэтому перед анализом собственных материалов приведем обзор работ по питанию молоди исследуемых видов.

### **ПРОЯВЛЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ СИГОВЫХ РЫБ В РАЗНЫХ РЕГИОНАХ**

Из вселяемых видов рыб наиболее изучена пелядь в связи с широко развернувшимися работами по ее акклиматизации. Подробный литературный обзор и анализ питания пеляди в вологодских озерах был сделан нами ранее (Болотова, 1986, 1988, 1989), и основной материал статьи будет касаться питания молоди муксуна, сига и пелчира.

**Муксун.** В естественном ареале в низовьях Енисея основной пищей молоди муксуна является зоопланктон (Куклин, 1976; Резанов, 1981).

При выращивании муксуна в озерах-питомниках Тюменской области в его пищевом спектре обнаружены как планктонные ракообразные,

---

\* Характеристика озер и рыбоводных работ дана в статье А. И. Литвина (наст. сб.).

так и бентосные организмы (Пивнев, Юхнева, 1976). Описана сезонная смена пищевых компонентов, когда в мае и июне потреблялся зоопланктон, а затем основной пищей сеголеток становились хирономиды (Созинов, 1984).

При вселении муксуна в некоторые водоемы Северо-Запада СССР в его рационе, например, в оз. Бахманском, преобладали личинки хирономид и поденок (Салазкин и др., 1983), а в оз. Окуненок характер питания молоди был смешанным (Руденко, 1982). По данным А. А. Салазкина (1982), в желудках у вселенного муксуна на долю веслоногих ракообразных приходилось от 3 до 12%, ветвистоусых — от 19 до 32% общей массы пищевого комка. Остальную часть пищи (не менее 50%) составляли донные организмы, преимущественно личинки хирономид, а также мелкие моллюски.

При изучении характера питания муксуна в условиях Карелии показана сезонная динамика пищевого спектра. В мае—июне молодь потребляла зоопланктон, мелких хирономид, в июле и августе — босмин, хирономид, пиявок и хаоборусов, а в сентябре—октябре в пищу сеголеток преобладали личинки хирономид, поденки и моллюски (Дмитренко, 1981). В озерах Вешкелицкой группы муксун в течение мая—июня питался бентосными организмами, а в июле в рацион входили пиявки и зоопланктон, доля которого возросла в августе. В сентябре сеголетки перешли на потребление пиявок, а в октябре — ветвистоусых ракообразных и личинок хирономид (Волошенко и др., 1982).

В работах по питанию муксуна подчеркивается, что по мере роста молоди значение зоопланктона в ее рационе уменьшается, а организмов бентоса возрастает. Констатируется широта пищевого спектра и зависимость его сезонной динамики от состояния кормовой базы водоемов. Отмечается (Пирожников, 1950), что у муксуна сочетаются морфологические особенности бентофага (нижний рот) и планктофага (филтрационный аппарат), что является видовым приспособлением к резкой смене кормовой базы в северных водоемах. По мнению Г. А. Головкова (1983) и А. И. Созинова (1984), муксуна по типу питания следует отнести к эврифагам.

Сиг. По данным Ю. С. Решетникова (1963, 1964), исследовавшего питание разных внутривидовых форм сига в ряде озер Лапландского заповедника, молодь сига питалась в толще воды планктоном и воздушными насекомыми, незначительную роль играл мелкий бентос. Им обобщены литературные данные по питанию сигов, дано объяснение его специфики и, в частности, описан характер питания сига на первом году жизни. При этом подчеркивается, что наблюдаемое с ростом рыб увеличение доли бентоса в пище, переход на потребление более крупных организмов связаны со строением ротового аппарата (Решетников, 1980).

При изучении питания сигов Псковско-Чудского озера отмечено, что в начале лета пища сеголеток состояла из хирономид, в августе важную роль играли ветвистоусые, а осенью в пищевом комке доминировали бентосные формы (Антипова, 1980).

В Сямозере основу пищи сига составляли личинки насекомых и

зоопланктон, причем летом преобладали поденки и хирономиды, а осенью — планктонные организмы и личинки хирономид (Соколова, Потапова, 1970).

Исследовано питание сига при его выращивании в озерных питомниках Карелии. В пище сеголеток с мая по июль преобладали низшие ракообразные, а во вторую половину лета и осенью — зообентосные организмы (Стерлигов, 1979, 1981). При изучении сезонной динамики питания молоди установлено, что в личиночный период потреблялись копепоиды веслоногих, затем молодь сига перешла на питание ветвистоусыми, а осенью в пище возросла доля бентосных организмов (Дятлов, Стерлигов, 1982). Подчеркивается широкий спектр питания молоди сигов при доминировании ветвистоусых ракообразных и личинок хирономид (Стерлигов, Юшкова, 1974, 1975, 1982; Гордеева и др., 1975, 1976). В прудах Ленинградской области пищевой спектр сеголеток сига включал до 13 видов планктонных ракообразных, но преобладали личинки хирономид (Салазкин, 1982).

В малых озерах Мурманской области в начале июня личинки сига питались планктоном. Со второй декады июня до середины июля основу пищевого комка составляли личинки и куколки хирономид, а в августе—сентябре потреблялись мелкие ветвистоусые и циклопы (Карасева, Попов, 1984).

Питание сига, акклиматизированного в озерах Башкирии, описал Р. Ф. Биккинин (1980). В оз. Атавды сиг использовал в пищу только зоопланктонные организмы, а в оз. Кандры-Куль имел смешанное питание. Автором показано, что характер питания зависел от концентрации и доступности пищи.

В работах вышеуказанных авторов отмечено, что изменение состава пищи сига в течение вегетационного сезона отражало как сезонную динамику кормовой базы, так и появляющуюся с ростом возможность потреблять более крупные объекты.

**Гибрид пеляди с чиром (пелчир).** При опытном выращивании сеголеток пелчира в оз. Сабелец (Ленинградская обл.) его пищевой спектр состоял из 26 видов водных беспозвоночных (Волошенко, 1982). В озерах-питомниках Южной Карелии основу пищи молоди в мае—июне составляли зоопланктонные (65%) и нектобентические (30%) организмы. В июле по мере роста гибридов в питании возросла доля зообентоса (в основном личинки и куколки хирономид). В августе пищевой комок состоял из хирономид, дафний и моллюсков, а в сентябре—октябре сеголетки потребляли личинок хирономид, моллюсков и детрит. В озерах Вешкелицкой группы в начале лета мальки питались бентосными организмами, в июле — зоопланктоном, куколками хирономид, хаоборусами, в августе гибрид перешел на питание пиявками и личинками хаоборуса, к которым в сентябре добавились водяные клопы и циклопы. В октябре основа пищи сеголеток — личинки хирономид и пиявки. В оз. Мостище (Псковская обл.) молодь гибрида поедала крупных зарослево-придонных ветвистоусых рачков, мелких хирономид и водяных клопов. В конце лета и осенью до 95—98% массы пищевого комка рыб составляли мелкие моллюски, водяные клопы и личинки хирономид.

В озерах Карельского перешейка пелчир питался зоопланктоном, личинками насекомых. Кроме того, в пище обнаружены остатки макрофитов и личинки рыб (Мельничук, Родионова, 1980). В оз. Бахманском (Ленинградская обл.) пища молоди в первой половине лета состояла только из планктонных организмов, но в дальнейшем в питании преобладал бентос: хирономиды, хаборусы, ручейники (Королев и др., 1982). Основу питания пелчира в оз. Окуенок в июне составляли ветвистоусые рачки, в июле хирономиды и моллюски, в августе и сентябре — хирономиды (Ерофеев, 1982).

Результаты исследований питания гибрида пеляди с чиром показали, что он имеет широкий пищевой спектр, способен потреблять как планктонные, так и бентосные организмы, соотношение которых в пище определяется особенностями кормовой базы данного водоема.

Переходя к материалам собственных наблюдений, следует подчеркнуть, что пищевая пластичность сиговых в малых озерах Вологодской области проявлялась в смене объектов питания в зависимости от сезона, изменения кормовой базы в разные годы, от конкретных особенностей озер.

#### ПИТАНИЕ СЕГОЛЕТОВ МУКСУНА В РАЗНЫХ ОЗЕРАХ-ПИТОМНИКАХ

**Буозеро-2.** В августе (1980 г.) сеголетки муксуна имели смешанный характер питания с преобладанием личинок и имаго насекомых. Пищевой спектр включал 10 видов зоопланктонных рачков (в основном зарослевые формы), но наиболее многочисленна в желудках *Bosmina obtusirostris*. Значительную долю пищевого комка составляли личинки хирономид (32%), встречались личинки поденок, ручейников, стрекоз и гелеиды. Разнообразно представлены в пище муксуна имаго насекомых: мошки, вислокрылки, мухи, гребляки, велии, вертячки, плавунцы (47% по массе пищевого комка). Отмечены в пище ракушковые рачки. Средний индекс наполнения желудочно-кишечного тракта — 106‰ с колебаниями от 20 до 216‰.

В 1981 г. в июле муксун потреблял *B. obtusirostris* (63%) и воздушных насекомых (37% по массе). Индекс наполнения высокий — 140‰.

**Буозеро-1.** В июле 1983 г. пищевой спектр муксуна включал 4 вида планктонных рачков, личинок хирономид, ручейников, поденок, гелеид, воздушных насекомых, водяных клещей, моллюсков, ракушковых рачков и водоросли. Основным компонентом пищи был крупный зарослевый рачок *Simoscephalus vetulus* (68% по массе). В значительном количестве потреблялись личинки хирономид (7%) и моллюски рода *Euglesa* (13%). Накормленность рыб довольно высокая — 123‰.

В начале июня 1984 г. питание муксуна носило чисто планктонный характер. В основном потреблялись ветвистоусые рачки — *B. obtusirostris* (50% по массе) и *Ceriodaphnia affinis* (39%), дополняли пищевой комок веслоногие рачки *Eudiaptomus gracilis* и *Heterocope appendiculata*. В конце июня в пище сеголеток продолжали преобладать босмины (85% по массе), но в питании появляются личинки и куколки хирономид (6%). Интенсивность питания рыб к концу месяца снизилась (со 130



до 63‰). В июле характер питания резко изменился — доминирующее положение заняли поденки (71%). Кроме того, потреблялись в равном количестве хирономиды и водяные клещи. Средний индекс наполнения желудочно-кишечных трактов — 63‰.

**Озеро Долгое.** Сеголетки муксуна в июне 1984 г. питались воздушными насекомыми (91% по массе) и *Bosmina longirostris* (9%). В июле в пищевом комке были представлены крупный ветвистоусый рачок *Leptodora kindtii* (63% по массе), личинки и куколки хирономид. В октябре сеголетки муксуна, как и в предыдущие месяцы, имели смешанный характер питания. Доминирующим пищевым компонентом являлись *B. longirostris* (59%) и имаго насекомых (38%). В незначительном количестве потреблялись личинки хирономид (3% по массе). Индексы наполнения желудочно-кишечных трактов муксуна были высокими в июне (134‰) и в октябре (162‰), снижаясь во второй половине лета (46‰).

Проведенный нами анализ показал, что в озерах-питомниках Вологодской области муксун питался смешанной пищей, а соотношение компонентов в пищевом комке зависело от состояния кормовой базы водоема (рис. 1).

В Бузере-2 при повышении биомассы зоопланктона муксун перешел от потребления бентоса на питание планктоном. Отметим, что в этом озере аналогичная картина наблюдалась и у пеляди. В Бузере-1 имел место переход сеголеток с планктонного питания на бентосное по мере

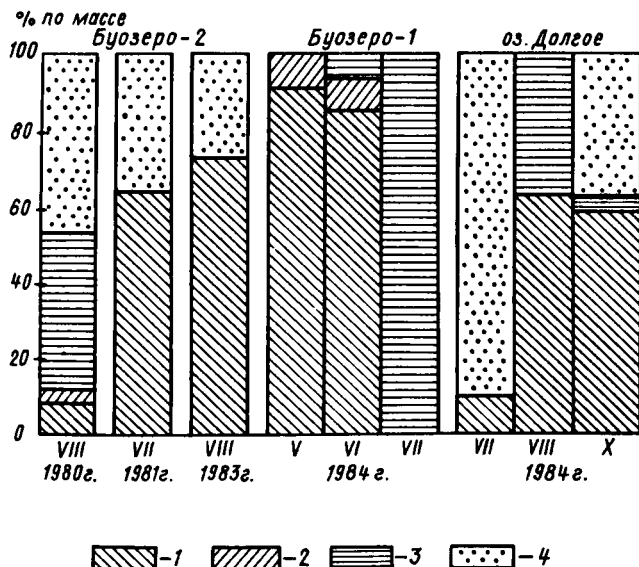


Рис. 1. Состав пищи муксуна в озерах-питомниках Вологодской области в 1980—1984 гг.: 1 — ветвистоусые; 2 — веслоногие; 3 — бентосные организмы; 4 — воздушные насекомые.

их роста. В оз. Долгом с бедной донной фауной и малой доступностью бентосных организмов значительную долю в пище муксуна занимали зоопланктонные организмы. Кроме того, важную роль в питании муксуна в оз. Долгом и Буозере-2 играли воздушные насекомые.

Таким образом, муксун как рыба с нижним ртом и большим количеством жаберных тычинок имеет потенциальные возможности для потребления разнообразных организмов; поэтому спектр питания сеголеток в основном определялся обилием и доступностью корма.

### СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПИТАНИЯ СЕГОЛЕТОК СИГА В БУОЗЕРЕ-1 И ГИБРИДА ПЕЛЯДИ С ЧИРОМ В БУОЗЕРЕ-2

Наши наблюдения за питанием сига относятся к 1983—1985 гг. Пищевой спектр сеголеток сига включал зоопланктонных ракообразных, личинок, куколок, нимф и имаго насекомых, водяных клещей, клопов, пиявок, остракод, моллюсков и растительность.

Сезонную динамику питания сига проследим на материале, собранном в 1984 г. (рис. 2).

В июне в пище сеголеток преобладали организмы зоопланктона, среди которых выделялась *B. obtusirostris* (60% по массе). Остальные виды составляли 14%, а доля личинок хирономид равнялась 25%. В июле основной пищей сига являлись нимфы поденок (56%), личинки и куколки хирономид (44%).

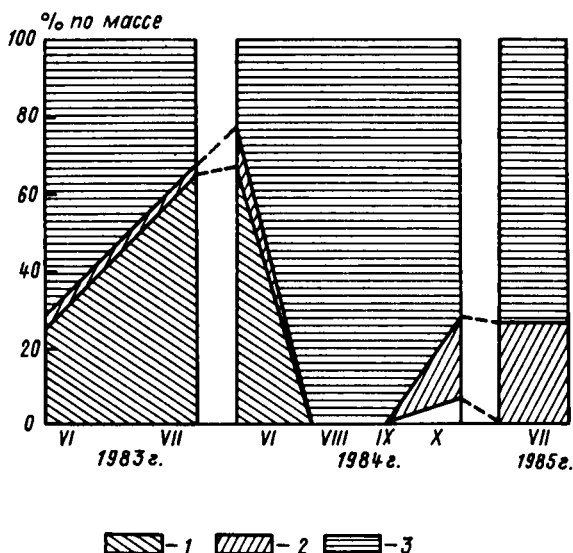


Рис. 2. Изменения состава пищи сига в Буозере-1 в 1983—1985 гг.: 1 — ветвистоусые; 2 — веслоногие; 3 — бентосные организмы.

В сентябре сеголетки по-прежнему питались бентосом, но при этом доля поденок возросла до 95%, в пищу появились личинки стрекоз и пиявки. В октябре сиг потреблял личинок хирономид, главным образом родов *Tanytarsus*, *Microchironomus* (71%), и зарослевых ракообразных — *Macrocyclus albidus* (21%), *Eurycercus lamellatus* (6%). В незначительном количестве встречались в пище такие ветвистоусые рачки, как *B. obtusirostris*, *S. vetulus*, а также поденки и остракоды. С ростом рыб в их пищу увеличилась доля крупных бентосных объектов.

Интенсивность питания сеголеток была высокой в течение всего периода выращивания. Индексы наполнения желудочно-кишечных трактов составляли летом 111—117‰, а осенью возрастали до 169—204‰.

При сравнении приведенных материалов с данными по питанию сеголеток сига в летний период 1983 и 1985 гг. (см. рис. 2) можно отметить следующее. В разные годы в середине лета в пище сига всегда наблюдалось преобладание личинок, куколок и нимф насекомых. Преимущественное потребление тех или иных зоопланктонных организмов было связано с изменением их численности в озере. Так, обилие крупного *S. vetulus* в июне—июле 1983 г. определило его важное значение в питании сига (от 13 до 62% по массе пищевого комка). Одним из ведущих видов зоопланктона озера в июле 1985 г. являлся *H. appendiculata*, и соответственно его доля в пище достигала 26%.

Приведенные выше материалы показывают, что изменения состава пищи сига отражали как сезонную, так и годовую динамику кормовой базы озера, а также увеличивающиеся с ростом возможности потребления сеголетками крупных организмов. Широкий спектр и смешанный характер питания сига свидетельствует о проявлении пищевой пластичности этого вида в условиях нового местообитания.

Изучение сезонной динамики питания пелчира проводилось в 1980 г. при выращивании его в питомнике Буозеро-2 (рис. 3).

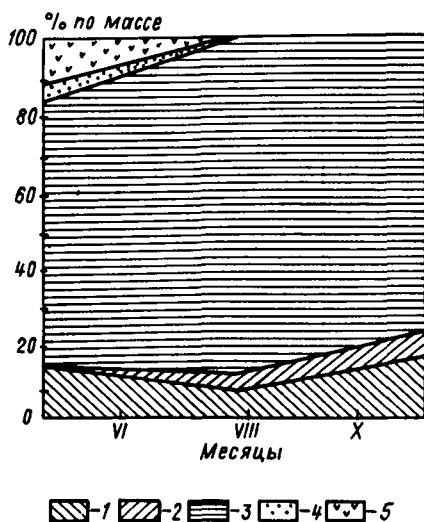


Рис. 3. Питание пелчира в Буозере-2 в 1980 г.: 1 — ветвистоусые; 2 — веслоногие; 3 — бентосные организмы; 4 — воздушные насекомые; 5 — растительность.

В июне пищевой спектр сеголеток состоял из двух видов зоопланктона (*B. obtusirostris*, *Chydorus sphaericus*), личинок и имаго насекомых, растительности. В питании пелчира преобладали личинки поденок (*Ephemerella mucronata*), доля которых достигала 69%. На втором месте оказалась *B. obtusirostris* — 23% по массе. Средний индекс наполнения желудочно-кишечных трактов равнялся 72‰.

В августе в состав пищи пелчира входили планктонные ракообразные трех видов (*B. obtusirostris*, *Acroporus harpae*, *Cyclops strenuus*), личинки хирономид, поденок, имаго насекомых, ракушковые рачки. Доминирующее положение в пище занимали представители класса *Insecta* (92% по массе, 100% по встречаемости). Накормленность пелчира в августе по сравнению с июнем возросла в два раза (158‰).

В сентябре сеголетки пелчира продолжали питаться личинками насекомых, в основном поденок (80% по массе). Зоопланктонные организмы присутствовали в пище всех исследованных рыб; из них наиболее многочисленны были *B. obtusirostris* и *Daphnia longispina* (86% по встречаемости). Низшие ракообразные представлены в пищевом спектре 6 видами. Осенью интенсивность питания сеголеток уменьшилась до 37‰.

В заключение можно отметить, что в Буозере-2 сеголетки пелчира имели смешанный характер питания с преобладанием бентосных форм. В этом плане гибрид по характеру питания оказался ближе к чиру, чем к пеляди, что связано с высоким уровнем развития бентоса в озере.

### ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ РАЗНЫХ ВИДОВ СИГОВЫХ, ВСЕЛЕННЫХ В ОЗЕРА ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Спектр питания молоди сиговых в озерах-питомниках очень широк и включает более 70 родов и видов кормовых организмов. Наиболее разнообразно представлены ветвистоусые ракообразные — 28 видов. Среди них по значимости в питании сиговых доминируют род *Bosmina* и род *Daphnia*. В отдельные периоды в пище преобладают такие организмы, как *C. vetulus*, *C. affinis*, *Diaphanosoma brachyurum*, *E. lamellatus*, *L. kindtii*. Из восьми видов потребляемых веслоногих ракообразных выделяются *Eudiaptomus graciloides*, *H. appendiculata*, *Mesocyclops leuckarti*.

Среди бентосных организмов наиболее важную роль в питании сеголеток играют личинки и куколки хирономид, поденки. Из 16 видов хирономид, входящих в пищевой спектр, наиболее часто встречались следующие: *Ablabesmia monilis*, *Chironomus f. l. plumosus*, *Microchironomus chloris*, *Tanytarsus ex gr. gregarius*, *Procladius* sp. Потреблялись поденки трех видов — *Caenis macrura*, *Centropetilum luteolum*, *Ephemerella mucronata*. Менее значительное место в питании молоди занимали моллюски (родов *Valvata*, *Lymnaea*, *Euglesa*, *Pisidium*, *Bythinia*, *Sphaerium*), личинки ручейников (*Triaenoides bicolor*, *Phryganea bipunctata*), хаборусов (*Chaoborus flavicans*), стрекоз (под *Lestes*). Имаго насекомых представлены в питании сиговых в основном отрядами *Diptera* (сем. *Simulium*), *Coleoptera* (сем. *Chrysomelidae*, *Haliplidae*),

Нүменоптера (сем. Formicidae), Номоптера. Кроме того, в пище обнаружены остракоды, водяные клещи, мальки рыб и растительность (остатки макрофитов, нитчатые водоросли, синезеленые, семена высших растений).

Широкий спектр питания сиговых отражал как сезонную динамику, так и изменение кормовой базы озер в разные годы. Большое разнообразие пищевого спектра отмечено у муксуна — 37 видов разных групп кормовых организмов, у сига и пелчира — 27 и 18 видов соответственно.

При сравнении питания исследованных рыб можно отметить видовую специфику, что связано с их различными поисковыми способностями. У муксуна наряду с зоопланктоном (37—67%) важную роль в питании играли имаго воздушных насекомых (42—43%) и зообентос (14—33%), а сиг и пелчир больше потребляли бентосных организмов — 68 и 83% соответственно.

Исследование сезонной ритмики интенсивности питания сиговых показало снижение индексов наполнения желудочно-кишечных трактов в середине лета при наибольшем прогревании водной толщи. Второй спад накормленности рыб относится к ноябрю, когда уровень развития кормовой базы наиболее низкий.

Таким образом, высокая пластичность исследуемых видов рыб позволила им приспособиться к разным кормовым условиям нового местобитания. В озерах с достаточным уровнем развития зообентоса (Буозеро-1, Буозеро-2) в питании важную роль играли донные организмы, а в оз. Долгом, среднекормном по зоопланктону, но с бедной кормовой базой по бентосу, основу рациона молодежи составляли планктонные ракообразные. Характер питания различался у одного и того же вида в разных озерах и в одном водоеме в зависимости от сезона года и от условий биотопа.

Принято классифицировать сиговых рыб по типу питания на основе строения цедильного аппарата. Малотычинковых сигов относят к бентофагам, а полученных гибридов — к рыбам со смешанным питанием (Волощенко, 1974; Бабий, 1983, и др.). При этом уместно вспомнить, что еще Б. С. Грезе (1939) и А. П. Андрияшев (1945) критически относились к гипотезе механической фильтрации Вюндера (Wunder, 1930), и причина редкой встречаемости фильтрации как способа питания в том, что она редко бывает энергетически выгодной (Решетников, 1980; Zaret, 1980). К настоящему времени получены очевидные доказательства того, что большинство «мирных» рыб являются хватателями, атакующими каждую жертву в отдельности (Ивлев, 1955; Медников, 1962; Kliewer, 1970; O'Connel, 1972; Confer and Blades, 1975 a, 1975 b; O'Brien, Vinyard, 1978; и др.).

В заключение необходимо отметить, что селективный характер питания рыб и высокая пластичность сиговых предполагают условность их деления по типу питания. Эврифагия у сиговых рыб, вселенных в озеро, ярко проявилась в условиях нестабильной кормовой базы малых водоемов северного региона.

- Андряшев А. П.* О способах питания рыб планктоном.— Природа, 1945, 4.
- Антипова Л. Ф.* Питание и рационы сига Чудского озера.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1980, 158.
- Бабий А. А.* Питание и баланс энергии сеголетков гибрида пеляди с сигом.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1983, 195.
- Биккнин Р. Ф.* Морфоэкологическая характеристика сига, акклиматизированного в водоемах Башкирии, и его рациональное использование. Автореф. канд. дис. Л., 1980.
- Биоэнергетика и рост рыб* / Под ред. У. Хоар, Д. Рендолл, Дж. Бретт / М., 1983.
- Болотова Н. Л.* Взаимоотношения рыб с кормовой базой малых озер, заселяемых симами. Автореф. канд. дис. М., 1986.
- Болотова Н. Л.* Факторы, влияющие на выбор жертвы пелядь.— В кн.: Биология сиговых рыб. М., 1988.
- Болотова Н. Л., Салазкин А. А., Новоселов А. П.* Питание пеляди в ареале и в новых местах обитания.— В кн.: Пелядь. Систематика, морфология, экология. М., 1989.
- Волошенко Б. Б.* Питание и рост пеляди, чира и их реципрокных гибридов в прудах Литовской ССР.— Изв. ГосНИОРХ, 1974, 92.
- Волошенко Б. Б., Ерофеев Ю. Я., Дмитренко Ю. Ю.* Анализ роста и питания гибридов сиговых при выращивании в озерах-питомниках Северо-Запада.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1982, 181.
- Головков Г. А.* Сравнительный анализ биологических особенностей сибирских сигов-бентофагов при выращивании в новых условиях.— В сб.: Тез. докл. 21 конф. «Биологические и рыбохозяйственные исследования водоемов Прибалтики». Псков, 1983. Т. 2.
- Гордеева Л. Н., Новосельцев Г. Е., Стерлигов А. В.* Использование пищи на рост молодью сига в озерах-питомниках.— В сб.: Тез. докл. XVIII конф. по изучению внутренних водоемов Прибалтики. Вильнюс, 1975.
- Гордеева Л. Н., Новосельцев Г. Е., Стерлигов А. В.* Питание молоди сига и особенности использования пищи на рост.— Изв. ГосНИОРХ, 1976, 118.
- Грезе Б. С.* Экспериментальные исследования над потреблением планктона окунем-сеголетком.— Изв. ВНИОРХ, 1939, 21: 291—321.
- Дмитренко Ю. Ю.* Рыбоводно-биологическая характеристика муксуна в озерах Карелии.— В кн.: Биологические основы озерного рыбоводства. Ч. 3. Мурманск, 1981.
- Дятлов М. А., Стерлигов А. В.* Биологические основы увеличения запасов и уловов ямного сига в Ладожском озере.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1982, 192.
- Ерофеев Ю. Я.* Питание и рост сиговых рыб при выращивании в поликультуре в озере Большой Окуенок (Ленинградская обл.).— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1982, 182.
- Ивлев В. С.* Экспериментальная экология питания рыб. М., 1955.
- Карасева Т. А., Попов Н. Г.* Опыт выращивания сеголетков сига в малых озерах Мурманской области.— В сб.: Тез. докл. научно-практ. конф. молодых ученых и специалистов. Петрозаводск, 1984.
- Королев А. Е., Рязанова Г. С., Ерофеев Ю. Я.* Питание и рост сеголетков пеляди *Coregonus peled* (Gmelin) в озерном питомнике Бахманском (Ленинградская обл.).— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1982, 182.
- Куклин А. А.* Особенности распределения популяции муксуна в низовьях Енисея.— В кн.: Экология и систематика лососевидных рыб. Л., 1976.
- Литвин А. И.* Изменения в зоопланктонных сообществах малых озер Вологодской области при выращивании в них сиговых рыб.— Наст. сб.
- Медников Б. М.* Биологическая разнокачественность кормовых организмов как фактор, определяющий рост рыб и состав промысловых комплексов.— Вopr. ихтиологии, 1982, 2, № 2.

Мельничук Г. Л., Родионова Н. Б. Питание сиговых рыб и использование ими кормовой базы в некоторых озерах Карельского перешейка Ленинградской области.— Изв. ГосНИОРХ, 1980, 158.

Пивнев И. А., Юхнева В. С. Экология питания сиговых рыб, разводимых в озерах юга Тюменской области.— Сб. науч. трудов ЗИН АН СССР «Лососевидные рыбы». Л., 1976.

Пирожников П. Л. О питании сиговых в приустьевых районах.— Зоол. журн., 1950, 29, 2.

Резанова З. А. Структурные особенности и питание некоторых сиговых рыб реки Пур.— В сб.: Тез. докл. 2-го Всесоюз. совещ. по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. Петрозаводск, 1981.

Решетников Ю. С. Изменчивость и многообразие форм сига в связи с особенностями их питания в водоемах Севера.— Докл. АН СССР, 1963, 152, 6.

Решетников Ю. С. Питание разных внутривидовых форм сига из ряда озер Лапландского заповедника.— Вopr. ихтиологии, 1964, 4, 4 (33).

Решетников Ю. С. Экология и систематика сиговых рыб. М., 1980: 260 с.

Руденко Г. П. Поток энергии и использование рыбами биопродукционных возможностей в малых озерах Северо-Запада.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1982, 181.

Салазкин А. А. Кормовая база прудов и ее использование молодью сиговых в условиях поликультуры.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1982, 181.

Салазкин А. А., Рязанова Г. С., Потина И. И. Кормовая база питомного озера Бахманского и ее роль в создании рыбной продукции.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1983, 204.

Созинов И. А. Экология питания, рост и продукция сиговых рыб, выращиваемых в поликультуре в озерах юга Западной Сибири. Автореф. канд. дис. Л., 1984.

Соколова В. А., Потапова О. И. Сезонные и возрастные различия в питании бентосных рыб Сямозера.— В кн.: Водные ресурсы Карелии и пути их использования. Петрозаводск, 1970.

Стерлигов А. В. Биологические основы использования сига в озерном рыбоводстве: Автореф. канд. дис. Л., 1979.

Стерлигов А. В. Биология сига и биотехника его выращивания в малых водоемах Карелии.— В кн.: Биологические основы озерного рыбоводства. Ч. 3. Мурманск, 1981.

Стерлигов А. В., Юшкова Г. В. Питание молоди сига в малых озерах Карелии.— В кн.: Биология промысловых рыб и беспозвоночных на ранних стадиях развития (в связи с динамикой численности). Мурманск, 1974.

Стерлигов А. В., Юшкова Г. В. Питание чудского сига в малых озерах Карелии.— В сб.: Материалы отчетной сессии Ученого Совета СевНИОРХ по итогам работ 1973—1974 гг. Петрозаводск, 1975.

Стерлигов А. В., Юшкова Г. В. Питание молоди сига в малых водоемах Карелии.— Инф. бюл. Ин-та биологии и внутр. вод АН СССР, 1982, 56.

Confer J. L., Blades P. I. Omnivorous zooplankton and planktivorous fish.— Limnol. Oceanogr., 1975 a, 20, N 4.

Confer J. L., Blades P. L. Reaction distance to zooplankton by *Lepomis gibbosus*.— Verh. Internat. verein Limnol., 1975 b, v. 19, N 3.

Kliwer E. V. Gill-raker variation and diet in lake white-fish *Coregonus clupeaformis* in Northern Manitoba.— In Biology of Coregonid fishes (C. C. Lindsey and C. S. Woods), Univ. of Manitoba Press, Winnipeg, 1970.

O'Brien W. J., Vinyard G. L. Polymorphism and predation: the effect of invertebrate predation on the distribution of two varieties of *Daphnia carinata* in South India ponds.— Limnol. & Oceanogr., 1978, 23.

O'Connel C. P. The interrelation of biting and filtering in the feeding activity of the northern anchovy (*Eugraxis mordox*).— J. Fish Res. Bd., Canada, 1972, 29, N 3.

Zaret T. M. Predation and Freshwater communities.— Gale Univ. Press New Haven and London, 1980.

Wunder W. Constriction and function of the retinae of the pike-perch (*Lucioperca cardae* Cav. and Val.) and some of the fish species occurring in Balaton Sea.— Z. verbl. Physiol., 1930, 11.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОБНОЙ ИНТРОДУКЦИИ СУДАКА В ОЗЕРО ВОЖЕ

*О. В. ЗУЯНОВА*

В настоящее время ихтиофауна оз. Воже представлена 16 видами, принадлежащими к трем фаунистическим комплексам: понтокаспийскому (лещ, укля, густера), пресноводному арктическому (сиг, ряпушка, снеток, налим, колюшка) и равнинному бореальному (окунь, плотва, ерш, щука, язь, елец, голец, пескарь). Популяции рыб пресноводного арктического комплекса находятся в угнетенном состоянии под влиянием продолжающейся эвтрофикации озера. Так, выпал из ихтиоценоза хариус, сиг встречается единично, ряпушка потеряла промысловое значение. Напротив, популяции двух других комплексов в благоприятных условиях воспроизводства и при слабом воздействии промысла процветают, что особенно характерно для плотвы, окуня и ерша. В отношении основной промысловой рыбы водоема — леща — можно сказать, что вследствие замедления темпа роста (Зуянова и др., наст. сб.) он по своим морфологическим признакам приобретает все черты «тугорослости», достигая половой зрелости в более старшем, чем обычно, возрасте. Возникновение тугорослости особей связано и с недостаточным прессом хищных рыб в озере. Это согласуется с выводами ряда исследователей по другим водоемам, где малочисленность хищников привела к перенаселению их тугорослыми рыбами. Причем авторы многих работ (Иванова, 1965; Луговая, 1971; Пиху, 1966; Перминов, 1981; Сазонова, 1981, и др.) обращают особое внимание на роль щуки как биологического мелниратора. В оз. Воже налицо перелов щуки, особенно усугубляемый тем, что в нерестовый период изымается более 70% промысловой части популяции. К тому же объем вылова щуки год от года растет и составляет в среднем 32—36% от общего.

Направленность промысла на вылов крупного частика (леща и щуки) на фоне общей эвтрофикации озера ведет к быстрому превращению его из лещевого в окунево-плотвичный водоем. Нужно отметить, что Л. А. Жаков (1978) при анализе путей сукцессии ихтиоценоза оз. Воже прогнозировал такую тенденцию.



К настоящему времени попытки рационализации промысла путем увеличения вылова мелкочастиковых рыб и ужесточения охранных мер в отношении щуки не дали желаемых результатов вследствие социально-экономических условий, сложившихся в регионе. Это прежде всего удаленность от основных магистралей, малочисленность населения, низкие приемные цены на мелкого частика, слабая промысловая и перерабатывающая база.

Для замедления нежелательных тенденций в ихтиоценозе оз. Воже наиболее целесообразным мероприятием представляется биологическая мелиорация, использование мелкочастиковых видов рыб в качестве кормовой базы для хищников. С этой целью необходимо усилить пресс хищных рыб как путем проведения охранных мероприятий в отношении щуки, так и за счет вселения дополнительного хищника — судака.

Судак выбран нами как выгодный объект интродукции по ряду причин. По данным ряда авторов, судак гораздо эффективнее сокращает запасы мелкочастиковых рыб, чем промысловый лов (Каженбаев, 1980; Пиху, 1966). Известно также, что в новых условиях обитания судак может быстро достигать промысловой численности (Бурмакин, 1963; Карпевич, 1975; Кудерский, 1982).

Описана высокая пластичность данного вида, который приспосабливается к обитанию в озерах, значительно различающихся между собой по термическому режиму, прозрачности воды, окисляемости, минерализации, активной реакции среды и содержанию кислорода (Кудерский, 1964). К тому же оз. Воже входит в ландшафтно-климатическую зону, которую захватывает естественный ареал судака, в частности, водоемы Волжского и Онежского бассейнов. Во всех крупных водоемах Вологодской области судак является одним из промысловых видов. Например, в оз. Белом годовой вылов за последние пять лет в среднем составляет 113 т (0,9 кг/га). Необходимо подчеркнуть тот факт, что судак из оз. Белого успешно акклиматизирован в Кубенском озере. В настоящее время при отсутствии там специализированного промысла судака вылов его составляет 22,4 т, или 0,5 кг/га.

Озера Воже и Кубенское относятся к бассейну Белого моря и имеют сходные гидрологические и гидробиологические характеристики. В то же время крупные хищники в ихтиофауне Кубенского озера представлены более широко (нельма, судак, щука, налим), чем в оз. Воже (щука, налим).

Подробная характеристика оз. Воже дана в другой нашей работе (Зуянова и др., наст. сб.). Следует добавить, что по своим абиотическим и биотическим характеристикам оз. Воже относится к озерам судачьего типа, описанным Л. А. Кудерским (1964), т. е. пригодны для интродукции судака. Необходимо подчеркнуть также наличие в составе ихтиофауны неиспользуемого промыслом снетка, что благоприятствует более раннему переходу молоди судака на хищное питание. Данные по уловам малькового трала и мелкочаечных закидных неводов (Зуянова и др., наст. сб.) и расчеты (Жаков, 1978) свидетельствуют о высокой численности в озере и других объектах питания судака — плотвы, ерша, окуня, что также подтверждает целесообразность вселения этого вида.

Немаловажное значение имеет и перспектива улучшения качественного состава уловов в оз. Воже в случае успешной акклиматизации судака, который имеет высокую пищевую ценность.

Все вышесказанное, а также положительный опыт акклиматизации судака как в Вологодской области (оз. Кубенское), так и в водоемах Карелии (Петрова, Попова, 1985) позволило обосновать целесообразность его вселения в оз. Воже.

Ихтиологической комиссией было дано разрешение на вселение судака, и пробная интродукция была осуществлена нами в сентябре—октябре 1987 г.

Исходный материал брали в Кубенском озере, где судака ловили неводами и после сортировки качественных особей в ваннах перевозили в стационарный садок размером 2×3 м, установленный в озере в 100 м от берега. На оз. Воже рыбу транспортировали вертолетом МИ-8 в аэрируемом кислородом брезентовом чане. Всего перевезено 1550 экз. судака средним весом 1 кг (при колебаниях от 0,3 до 2,2 кг) и средней промысловой длине 39 см (при колебаниях от 26 до 53 см). Выпуск производился в северной части озера в районе о-ва Спасс. Летное время составляло 30 мин, отход при транспортировке практически отсутствовал.

Судак — активная рыба, совершающая длительные нагульные и нерестовые миграции (Александрова, Кудерский, 1964). За короткое время он широко распространился по акватории оз. Воже. Уже в октябре 1987 г. один экземпляр был пойман в южной части озера, а в ноябре того же года 2 экз. зафиксированы в районе р. Модлоны.

Особо следует отметить тот факт, что весной 1988 г. судак в оз. Воже отнерестился. Осенью и зимой единичные сеголетки судака попадали в мутники и мелкоячейные невода и выпускались обратно в водоем в живом виде. В начале апреля 1989 г. зимним 300-метровым мелкоячейным неводом в районе о-ва Спасс было выловлено 15 годовиков судака (средний вес 33,7 г, средняя длина 13,4 см), полностью перешедших на хищное питание. В начале мая того же года в снетковом ризце в районе о. Спасс было обнаружено 2 годовика судака длиной 13,3 и 12 см, весом 31,8 и 20,6 г. Осенью 1989 г. двухлетки достигали размера 25 см. Следовательно, молодь имела более высокий темп роста, чем в оз. Белом — водоеме естественного местообитания. По данным В. А. Серенко (1980), длина годовиков судака в оз. Белом в 1977 г. составляла 6,2 см.

Таким образом, успешный нерест судака и высокий темп роста его молоди в оз. Воже позволяют надеяться на положительный результат интродукции. Для получения промыслового эффекта необходимы достаточные объемы зарыбления озера. Количество производителей судака, рекомендованное рыбной промышленности для перевозки, определено в 3,5 тыс. экз (0,06 экз/га).

## ЛИТЕРАТУРА

- Александрова Т. Н., Кудерский Л. А. Некоторые результаты мечения судака Онежского озера. — Рыбное хозяйство Карелии, 1964, 8.  
Бурмакин Е. В. Акклиматизация пресноводных рыб в СССР. — Изв. ГосНИОРХ, 1963, 53.

Жаков Л. А. Ихтиоценоз оз. Воже и его использование.— В кн.: Гидробиология озера Воже и Лача (В связи с прогнозом качества вод, перебрасываемых на юг). Л., 1978: 179—195.

Зуянова О. В., Воропанов В. А., Коноплев Н. В. Проблемы рационального использования рыбных запасов озера Воже.— Наст. сб.

Иванова М. Н. Сезонные изменения в питании хищных рыб Рыбинского водохранилища.— Вopr. ихтиологии, 1965, I (34).

Каженбаев С. П. Критерий эффективности.— Рыболовство и рыбоводство, 1980, 8.

Карпевич А. Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. М., 1975.

Кудерский Л. А. Условия существования и перспективы расселения судака водоемов Карелии.— Рыбное хозяйство Карелии, 1964, 8.

Кудерский Л. А. Результаты акклиматизации судака в Кубенском озере. Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1982, 182.

Луговая Т. В. Питание щуки в Кременчугском водохранилище.— Республ. межвед. темат. науч. сб. «Рыбное хозяйство», 1971, 12.

Перминов Л. Г. Состояние популяций леща некоторых озер Псковской области в связи с запуском рыболовства.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1981, 167.

Петрова Л. П., Попова Э. К. Особенности размножения судака *Luciorerca luciorerca* L., акклиматизированного в озерах Карелии.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1985, 239.

Пиху Э. Х. Рыбохозяйственно-биологическое значение щуки, судака и налима в Псковско-Чудском озере.— В кн.: Гидробиология и рыбное хозяйство Псковско-Чудского озера. Таллинн, 1966.

Сазонова Е. А. Перспективы использования щуки как биологического мелиоратора в озерах Псковской области.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1981, 167.

Серенко В. А. Рост молоди судака в озере Белом.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1980, 157.

## ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ ОЗЕРА ВОЖЕ

*О. В. ЗУЯНОВА, В. А. ВОРОПАНОВ, Н. В. КОНОПЛЕВ*

Озеро Воже — ценный в рыбохозяйственном отношении водоем, имеющий большую площадь, хорошую кормовую базу и значительные рыбные запасы. Некоторые сведения по ихтиофауне озера и промыслу на нем приводятся в работах И. В. Кучина (1902), Л. А. Кучина (1930), П. Н. Морозовой (1956), Л. А. Жакова (1978, 1984).

В настоящей работе обосновывается возможность оптимального использования рыбных запасов оз. Воже с учетом уровня социально-экономического развития данного региона.

Исследования проводились в период с 1985 по 1987 г. Проанализировано 180 промысловых уловов из всех применяемых орудий лова (ставные и плавные сети, невода, мехмутники, заколы, ловушки), проведено 18 тралений мальковым тралом. Промерам подвергнуто более 27 тыс. экз. леща и 5 тыс. экз. щуки, из них возраст определен у 1570 и 1030 экз. соответственно. Материал собирался и обрабатывался по общепринятым методикам.

Озеро Воже расположено на севере Вологодской области, вдали от магистральных дорог, в районе с невысокой плотностью населения. Площадь озера  $316 \text{ км}^2$ , среднемноголетний уровень  $121,2 \text{ см}$ , максимальная глубина  $5 \text{ м}$ . Южная половина озера занята илами, на остальной части — песчаные и каменистые грунты. Степень зарастания макрофитами достигает 18% (Распопов, 1978). По уровню развития зоопланктона в летний период озеро относится к водоемам средней кормности — средняя биомасса около  $2 \text{ г/м}^3$  (Смирнова, 1978). По развитию макро- и мезобентоса северная и южная части озера резко различаются: если в южной части биомасса около  $18 \text{ г/м}^2$ , то в северной из-за небольших размеров организмов она в 6 раз меньше —  $3 \text{ г/м}^2$  (Слепухина, 1978).

Из 18 видов рыб, описанных в озере в 1978 г. Л. А. Жаковым, нами встречено 16 (не обнаружены хариус и гольян). В настоящее время основное промысловое значение имеют лещ и щука. Второстепенными

промысловыми рыбами являются налим, снеток, язь, окунь, плотва и ерш. В виде прилова в сорт «мелочь III группы» входят ряпушка, укля, густера, единично встречаются сиг и елец.

Данные промысловой статистики за 60 лет свидетельствуют о значительных колебаниях уловов рыбы как по объему, так и по видовому составу (рис. 1). В 20—30-х годах вылов по озеру превышал 10 кг/га, составляя в целом 360 т. В промысле участвовало более 500 рыбаков, использовавших широкий набор орудий лова (до 30 неводов, 40—50 ручных мутников, многочисленные ловушки и ставные сети). Основная часть уловов приходилась на ерша — 46,6% и снетка — 19,8%. Рыболовство давало 48,8% всех доходов местного населения (Кучин, 1930).

С 60-х годов вследствие оттока местного населения в города промысел начинает приходить в упадок. Коренным образом меняется структура видового состава уловов: происходит переориентация промысла на вылов ценных видов рыб, в основном леща и щуки (до 70% от общего вылова).

В настоящее время в промысле круглогодично участвуют две бригады рыбколхоза «Россия» — 12 человек, остальные заготовители добывают рыбу только в весенний период. В разные сезоны года применяются различные орудия лова. Так, зимой промысел ведется ставными сетями (100—150 шт., ячея 55—65 мм), иногда снетковым неводом. В весеннее время выставляют ставные сети (600—800 шт., ячея 55—65 мм), заклы и вентери (местное название горловушки — 700—800 шт., ячея 24 мм). Летом и осенью ловят двумя 300-метровыми закидными неводами (ячея в крыльях 24—18 мм, в мотне — 14 мм). Осенью используют плавные сети, буксируемые двумя катерами (мощность двига-

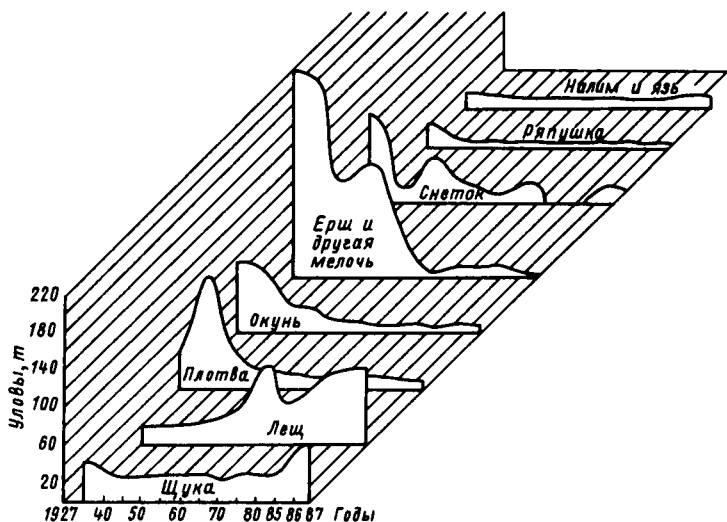


Рис. 1. Динамика промысловых уловов рыбы на оз. Воже.

теля 40 л. с.). Кроме того, летом и осенью применяют мутник, но им вылавливают только снетка и леща младших возрастных групп. Промысловая база в течение последних 10 лет находится на одном и том же уровне и не позволяет рационально использовать рыбные запасы озера. В среднем за год добывается 120 т, или 3,8 кг/га. В условиях отдаленности района трудно решаются как технические, так и кадровые и экономические вопросы. В значительной мере сдерживает интенсификацию промысла, особенно в летние месяцы, очень слабое развитие перерабатывающей базы.

Представление о современном использовании рыбных запасов оз. Воже можно получить при рассмотрении материалов, характеризующих размерно-возрастной состав основных промысловых рыб в уловах. Анализ их позволяет определить не только период максимального прироста ихтиомассы, но и степень освоения ресурсов озера.

Лещ является основным промысловым видом, его вылов достигает 78,2 т и составляет в последние годы 45—51% общих уловов. Промысел базируется на шестнадцати возрастных группах, в уловах преобладают особи урожайного поколения 1972 г. (рис. 2). Средний размер леща в уловах ставных сетей 28 см, в неводах — 14 см, в плавных сетях — 27,5 см. Структуру промысловых уловов леща в различных орудиях лова характеризуют данные таблицы.

Анализ данных по численности отдельных генераций при вылове леща разными орудиями в 1985 г. (см. рис. 2) показал, что применение небольших мелкочейных неводов отрицательно сказывается на структуре популяции, поскольку в этом случае в большом количестве вылавливается лещ младших возрастных групп, не достигший половой зрелости и не имеющий промысловой ценности. Полученные результаты послужили основанием для рекомендации по сокращению использования неводов в летний период 1986 г. и увеличению количества ставных и плавных сетей. При внедрении данного предложения в практику объем вылова неводами леща младших возрастных групп (1+ — 3+, длиной 4,5—17,9 см) сократился с 309 тыс. шт. (1985 г.) до 75 тыс. шт. В весовом отношении доля мелкого леща в уловах уменьшилась в 3 раза (с 37,1 до 12,2%); количество крупных особей увеличилось с 9,3 до 20,8%, а вылов рыб средних размеров возрос на 12,6 т. Аналогичное соотношение промысловых групп наблюдалось и в 1987 г. (см. таблицу). Несмотря на то, что годовой вылов леща в 1986 г. остался на уровне предыдущего года, колхоз «Россия» получил дополнительную прибыль в размере 6,5 тыс. руб. за счет повышения сортности.

Следует подчеркнуть, что темп роста леща в оз. Воже очень низкий. Так, в возрасте 14—15 лет лещ в среднем достигает длины 30 см и веса 600 г. Самый крупный экземпляр, встреченный нами за годы исследований, имел в возрасте 24 лет длину 50 см и массу 3030 г.

Наиболее вероятной причиной замедления темпа роста леща является низкая пищевая обеспеченность как вследствие труднодоступности бентоса из-за мощных иловых отложений, так и в результате возможного перекрыwania пищевых ниш с другими рыбами. По данным многих исследователей (Вятчина, 1971; Чижикова, 1974; Пиху, 1974; 1986;

Биркан, 1983; Ковалев, 1985, и др.), чаще всего спектры питания леща совпадают с таковыми ерша и плотвы, численность которых в оз. Воже очень велика.

В итоге в озере значительная часть популяции леща представлена тугорослыми особями, что диктует необходимость отлова маломерного леща (меньше 30 см). В настоящее время по численности и весу в уловах преобладает лещ длиной 22—30 см. В дальнейшем объем допустимого вылова леща должен определяться в зависимости от состояния популяции, а также от интенсивности промысла мелкого частика и хищных рыб.

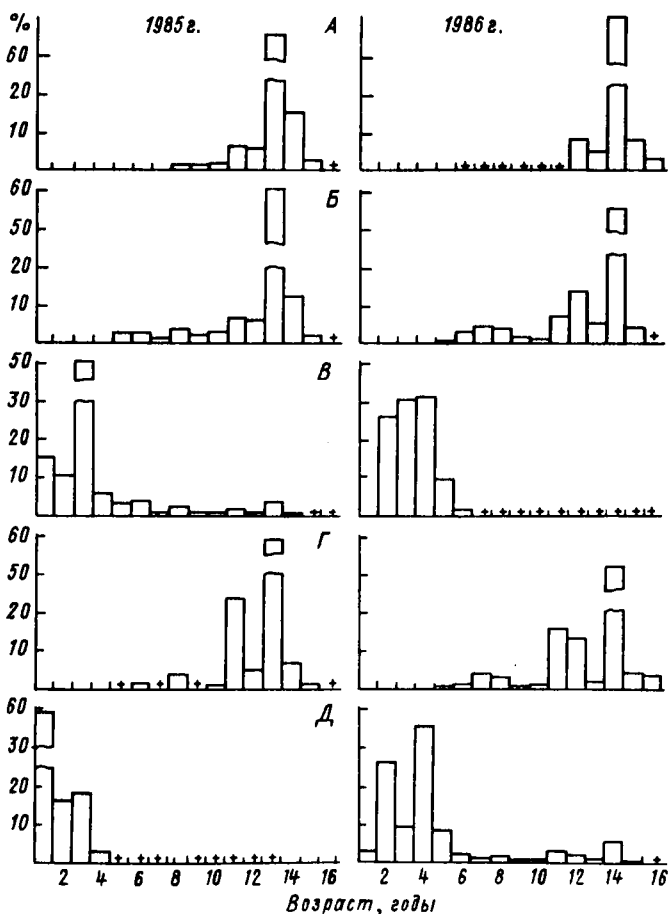


Рис. 2. Распределение по возрастным группам и орудиям лова численности леща, выловленного в оз. Воже: А — ставные сети; Б — ловушки; В — невода; Г — плавные сети; Д — мехмутьники.

Структура промысловых уловов леща на оз. Воже в 1985—1987 гг. (г) \*

Орудия лова	1985 г.					1986 г.					1987 г.				
	Товарный сорт														
	круп- ный	сред- ний	мел- кий	III гр.	итого	круп- ный	сред- ний	мел- кий	III гр.	итого	круп- ный	сред- ний	мел- кий	III гр.	итого
Сети ставные	2,5	10,8	—	—	13,3	8,1	27,5	—	—	35,6	12,6	23,1	—	—	34,7
Сети плавные	2,8	5,8	—	—	8,6	6,9	8,4	—	—	15,3	8,1	8,9	—	—	17,0
Горловушки	0,5	6,4	0,3	—	7,2	0,4	9,3	—	—	9,7	0,6	11,5	0,8	—	13,9
Невода закидные	0,9	4,1	26,2	1,3	42,5	—	1,4	6,1	1,9	9,4	1,4	3,2	5,5	2,5	12,6
Мехмутники			0,1	0,1	0,2	0,8	3,1	3,4	0,6	7,9					
Всего	6,7	37,1	26,6	1,4	71,8	16,2	49,7	9,5	2,5	77,9	22,7	46,7	6,3	2,5	78,2
	(9,3)	(51,7)	(37,1)	(1,9)	(100)	(20,8)	(63,8)	(12,2)	(3,2)	(100)	(29,0)	(59,7)	(8,1)	(3,2)	(100)

\* В скобках указано процентное значение.



**Щука.** В промысле этот вид занимает второе место, составляя 32—36% общего вылова. По данным промысловой статистики, вылов щуки держался на уровне 30 т (см. рис. 1) до 1985 г. Затем уловы щуки увеличились в связи с большой доступностью ее для вылова при низком уровне весеннего половодья в течение последних трех лет, а также со вступлением в промысел урожайного поколения 1980 г. (рис. 3). В 1985—1986 гг. промысел базировался на возрастных группах 4—6 лет, хотя в уловах встречались особи от 2 до 20 лет.

Промысел щуки ведется в основном весной во время нереста ставными сетями и заколами (местное название — курмы). Так, в мае 1985 г. было выловлено 38 тыс. шт., в 1986 г. — 41 тыс. шт. при общем вылове за год соответственно 58 и 49 тыс. шт. В осенний и зимний периоды щуку ловят плавными и ставными сетями. В мелкочейные невода попадают в основном младшие возрастные группы (см. рис. 3). В 1987 г. отмечен рекордный за всю историю промысла улов щуки — 63 т. Нами

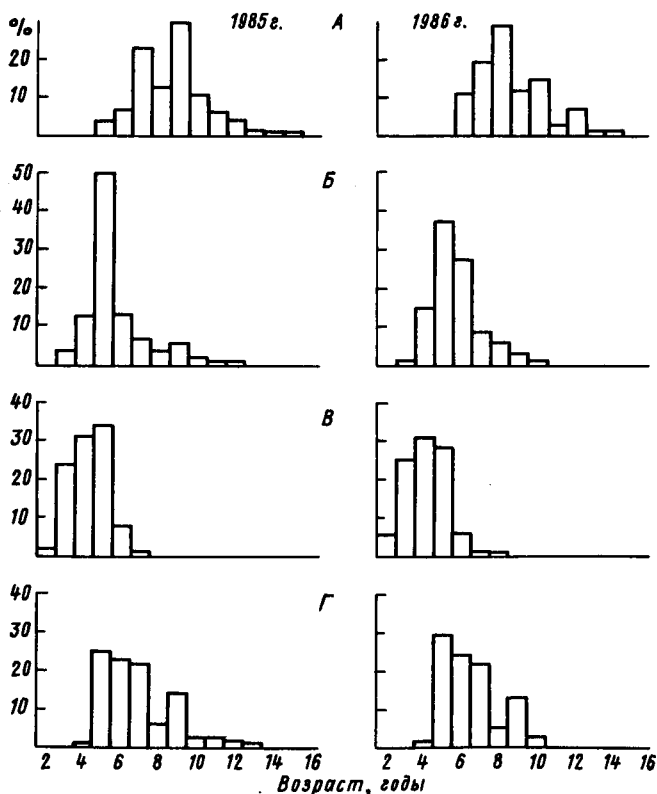


Рис. 3. Распределение по возрастным группам и орудиям лова численности щуки, выловленной в оз. Воже: А — ставные сети; Б — горловушки; В — невода; Г — плавные сети.

по методике П. В. Тюрина (1963, 1972) рассчитано, что максимально возможный вылов не должен превышать примерно 40 т. С учетом того, что интенсивное изъятие щуки происходит во время нереста, ее популяция будет не в состоянии восполнить убыль. Причем не только сократятся численность и уловы этого вида, но и произойдет ослабление пресса хищников на мелкочастиковых рыб, что может стать определяющим фактором в переходе озера в разряд окунево-плотвичного водоеда.

Налим, язь, снеток используются промыслом слабо, так как специализированный отлов этих видов не организован. Интересно отметить, что после массовой гибели в 1972 г. снеток восстановил свою численность. В настоящее время лов снетка ведется в основном мехмутником и зимним неводом, уловы колеблются от 0,8 до 12 т.

Язя ловят в основном весной в устьях рек горловушками и ставными сетями. Вылов находится в пределах 2—3 т.

Налим добывается зимой ставными сетями в центральной части озера и горловыми ловушками в устье р. Модлоны. Уловы налима за годы исследований колебались от 11 до 12 т.

Для увеличения вылова снетка необходимо выставлять весной снетковые ризцы, тем самым можно увеличить и вылов налима, поскольку последний мигрирует за снетком — основным объектом питания хищных рыб в этот период (в частности, в желудках налима весной нами обнаружилось до 100 экз. снетка).

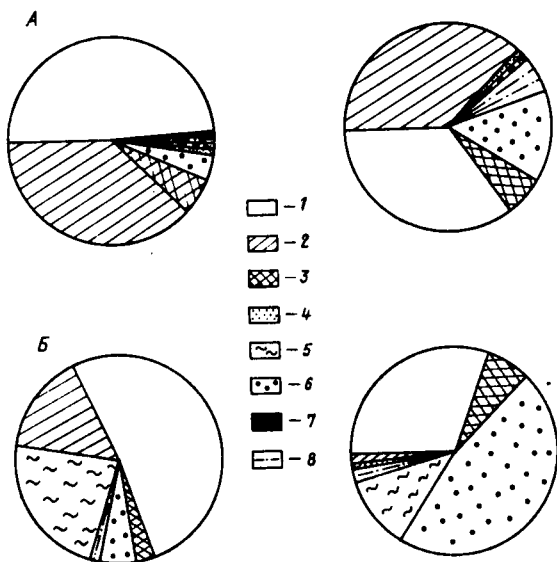


Рис. 4. Процентное соотношение различных видов рыб в уловах за 1985—1987 гг.: А — в неводных уловах (слева — по весу, справа — по численности); Б — в уловах малькового трала по весу (слева — обычное траление, справа — в донном варианте); 1 — плотва, 2 — лещ, 3 — окунь, 4 — укляя, 5 — снеток, 6 — ерш, 7 — щука, 8 — ряпушка.

**Окунь, плотва, ерш** — промысловые виды, уловы которых в 20—30-х годах достигали 200 т и более (см. рис. 1). Ловят их мелкочейными сетями, ручными мутниками, малыми неводами. В последнее время в связи с переориентацией промысла вылов мелкого частика значительно сократился и в 1987 г. составил всего 10 т.

Известно, что данные промысловой статистики не в полной мере отражают видовое и размерное соотношение рыб в ихтиоценозе озера. Крупные особи мелкочастиковых рыб уходят из облавливаемого участка из-за медленной тяги мелкочейных неводов. Кроме того, на рыбоприемных пунктах рыба длиной менее 12 см принимается как «мелочь III группы». При систематическом анализе неводных уловов выявлено, что эта группа представлена в основном плотвой, окунем и молодь леща (рис. 4). Преобладающим видом по массе является плотва, а по численности — лещ. Это связано с тем, что, в отличие от леща, плотва в неводных уловах не сортируется и не сдаётся отдельно. Поэтому в этой группе встречаются особи плотвы длиной до 18 см, тогда как длина молоди леща в основном менее 12 см.

Результаты исследований свидетельствуют о неблагоприятном влиянии промысла на структуру ихтиоценоза оз. Воже. Поэтому должны быть приняты меры к уменьшению численности популяций мелкочастиковых видов рыб. Мелиоративный отлов на крупных озерах мелкочастиковых рыб обычно не приводит к значительному сокращению численности их популяций, так как всегда остаются необловленные труднодоступные участки (Пиху, 1986). Имеется положительный практический опыт по отлову на некоторых водоемах производителей мелкого частика в весенний период (Денисов, 1965; Пушкин, 1984; Кожевников, 1984, и др.).

На оз. Воже интенсивный промысловый лов в летний период мелкочейными неводами приведет к значительному изъятию молоди леща, поэтому оптимальный путь снижения численности мелкочастиковых рыб — отлов их производителей мелкочейными сетями весной. Нужно отметить, что внедрение этих рекомендаций в практику затруднено из-за низких приемных цен на мелкого частика, отсутствия спроса и нехватки рыбаков.

Обобщая полученные результаты, можно отметить, что промысел на оз. Воже ведется нерационально и ориентирован на вылов леща и щуки. Слабая промысловая база не позволяет использовать в полной мере запасы мелкочастиковых рыб — плотвы, окуня, ерша. Низок уровень освоения промыслом снетка и налима.

Применение на озере мелкочейных неводов для снижения численности мелкого частика неэффективно и приводит к значительному изъятию молоди леща.

Вылов щуки в нерестовый период в значительной степени подрвал воспроизводительную способность ее популяции и привел к уменьшению запасов.

В качестве рекомендаций по более рациональному использованию рыбных запасов оз. Воже предлагается проведение охранных мероприятий по щуке, вселение дополнительного хищника — судака, снятие

ограничений на прилов леща промысловой меры, применение больших неводов (700—1000 м, с ячеей в кутке 20—24 мм) и закрытие для промысла заливов Пуглино и Еломское.

## ЛИТЕРАТУРА

*Биркан В. П.* Суточная активность питания ерша Ладожского озера.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1983, 207.

*Вятчанина Л. И.* О суточном ходе питания плотвы в Кременчугском водохранилище.— Рыбное хоз-во, 1971, 12.

*Денисов Л. И.* Об избирательности тралов, применяемых для лова частиковых рыб на водохранилищах.— Труды Волгоградск. отд-ния ГосНИОРХ, 1965.

*Жаков Л. А.* Ихтиоценоз оз. Воже и его использование.— В кн.: Гидробиология озер Воже и Лача (В связи с прогнозированием качества вод, перебрасываемых на юг). Л., 1978.

*Жаков Л. А.* Формирование и структура рыбного населения озер Северо-Запада СССР. М., 1984.

*Ковалев П. М.* Биологические особенности окуня и ерша озер Ильмень и Псковско-Чудского.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1985, 236.

*Кожевников Г. П.* Промысловые запасы рыб в Волжско-Камских водохранилищах и их использование.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1984, 210.

*Кучин И. В.* Исследование рыболовства на Белозере, оз. Чарондском или Воже и др. озерах Белозерского и Кирилловского уездов Новгородской губернии.— Вестн. рыбной промышл., 1902, 2.

*Кучин Л. А.* Имущественная дифференциация рыбацких хозяйств Чарондского рыболовного района. Череповец, 1930.

*Морозова П. Н.* Рыбные запасы Вологодской области и пути их рационального использования.— В сб.: Труды науч. конф. по изучению Вологодской области. Вологда, 1956.

*Пиху Э. Р.* Окунь и ерш Псковско-Чудского водоема.— Изв. ГосНИОРХ, 1974, 83.

*Пиху Э. Р.* О некоторых аспектах рыбного хозяйства внутренних водоемов. Динамика численности промысловых рыб. М., 1986.

*Пушкин Ю. С.* Камские водохранилища.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 210, 1984.

*Распопов И. М.* Высшая водная растительность озер Воже и Лача.— В кн.: Гидробиология озер Воже и Лача. Л., 1978: 12—27.

*Слепухина Т. Д.* Зообентос и фитофильная фауна оз. Воже.— Там же: 132—148.

*Смирнова Т. С.* Зоопланктон озер Воже и Лача.— Там же: 102—130.

*Тюрин П. В.* Биологические обоснования регулирования рыболовства на внутренних водоемах. М., 1963: 118 с.

*Тюрин П. В.* «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как теоретическая основа регулирования рыболовства.— Изв. ГосНИОРХ, 1972, 71: 71—128.

*Чижикова М. Ф.* Лещ Ладожского озера.— Изв. ГосНИОРХ, 1974, 92: 32—36.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ СМЕРТНОСТИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОМЫСЛА ЛЕЩА НА КУБЕНСКОМ ОЗЕРЕ**

*Ю. С. ВОДОВАТОВ*

Кубенское озеро площадью 41700 га — крупный рыбопромысловый водоем Вологодской области со среднегодовым уловом за период 1972—1988 гг. от 252 до 452 т. Фактическая рыбопродукция составляет в среднем 8,1 кг/га. Тактику промысла на озере на протяжении последних 15 лет можно условно разделить на два этапа, различающихся в первую очередь по видовому составу уловов (табл. 1). На первом этапе (1972—1978 гг.) преимущественное развитие получил мутниковый промысел мелкого частика, прежде всего ерша. В это время уловы мелко-частиковых рыб варьировали от 124 до 200 т. Начиная с 1979 г. основным объектом промысла становится лещ, который добывается береговыми закидными неводами. Следует отметить, что этот способ лова существовал и раньше, однако применение его сдерживалось слишком высоким приловом леща непромысловой меры, против разрешенного Правилами рыболовства. Промысловая мера на леща Кубенского озера установлена в 30 см. При этих размерах на 9—10-м году жизни отмечаются впервые созревающие особи. Для популяции кубенского леща, как показали наши наблюдения (Водоватов, 1983), характерно появление в отдельные годы высокоурожайных поколений, по численности в сотни раз превышающих средние по урожайности поколения. Так, лещ генерации 1972 г. участвовал в промысле с 1979 г. (возраст 7+) до 1988 г., составив значительную часть промысловых уловов. Столь раннее вовлечение в промысел части особей непромысловой меры стало возможным благодаря введению лимита на отлов маломерного леща в объемах, рассчитанных с использованием дифференцированных показателей естественной смертности по методике П. В. Тюрина (1972). На основании данных ихтиологических анализов промысловых

Таблица 1

## Уловы рыбы в Кубенском озере (т)

Виды рыб	Годы																
	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Судак	1,1	2,9	3,1	8,1	17,6	8,5	7,2	13,0	8,7	17	23,9	25,1	25,8	25,3	26,3	34,6	31,7
Лещ	2,4	3,9	6,9	13,5	11,2	36,7	33,6	138,3	138,4	177	141,4	168,9	233,0	188,7	173,6	146,2	201,7
Щука	48,6	62,3	44,6	65,4	54,1	49,9	44,0	55,3	54,9	39	55,9	46,5	63,6	52,4	67,8	81,9	79,6
Язь	13,2	17,5	6,0	9,8	2,7	5,3	3,4	17,3	11,8	8	10,2	15,1	10,5	8,3	17,6	16,3	21,7
Окунь	26,5	30,6	30,0	9,0	14,4	19,5	16,2	20,4	5,4	9	12,8	9,7	19,7	12,9	10,6	7,4	20,9
Плотва	122,6	113,3	66,5	20,7	17,8	32,7	29,1	41,7	29,9	19	36,5	24,8	21,1	32,5	42,8	65,5	48,6
Нельма	17,3	5,6	—	0,1	—	—	0,2	1,0	1,9	1	1,5	2,0	2,0	1,1	0,6	0,5	0,5
Налим	4,7	3,8	1,0	0,1	0,2	—	—	0,5	0,5	—	0,1	0,4	0,7	0,1	0,1	0,2	0,1
Мелочь III гр.	168,0	208,2	191,7	159,0	134,1	124,0	159,9	63,5	34,4	33	40,1	57,6	41,2	49,4	84,4	68,0	40,6
Итого	404,6	448,1	349,8	285,7	252,1	277,6	293,6	351,0	285,9	303	312,4	350,1	417,6	370,7	424,0	420,9	452,2

**Фактические и усредненные показатели работы закидных неводов  
на Кубенском озере в 1988 г.**

Виды и категории рыб	Фактические уловы, т	Вылов на усилие (притонение), кг	Усредненные уловы без сортировки, кг
Лещ крупный	119,7	463,0	463,0
Лещ средний	46,2	179,0	558,8
Лещ мелкий	2,2	8,5	407,0
Щука	53,1	205,8	205,8
Судак	23,1	89,5	110,3
Язь	15,5	60,0	60,0
Окунь	19,1	74,0	74,0
Плотва	45,8	177,5	177,5
Мелочь III гр.	14,8	57,3	57,3
<b>Итого</b>	<b>339,2</b>	<b>1314,6</b>	<b>2092,9</b>

и опытных уловов кубенского леща за ряд лет был построен логарифмический график темпа убыли численности его возрастных генераций, с которого снимались показания значений коэффициента общей смертности. Затем по величинам предельного наблюдаемого возраста, теоретического предельного возраста, коэффициента естественной смертности в средних возрастах была построена параболическая кривая темпов естественной смертности популяции леща Кубенского озера. Показания, снятые с кривой, соответствуют значениям коэффициента естественной смертности для каждой возрастной группы облавливаемой части популяции. Разность показателей общей и естественной смертности характеризует величину промысловой смертности, или коэффициент вылова. Исходная численность облавливаемой части популяции леща уточнялась ежегодно по результатам ихтиологических анализов промысловых уловов. В качестве стандартного орудия лова на Кубенском озере используется равнокрылый береговой закидной невод длиной 1100 м, с ячеей с крыльях 24—26 мм, в кутке — 12 мм. Основная масса леща отлавливалась именно этими орудиями лова. В 1988 г. на их долю пришлось 167,9 т, или 87% общего вылова леща по водоему. Замет невода производится на расстоянии 2—2,5 км от берега. Затем он буксируется мотоневодниками (мощность двигателя 40 л. с.) до глубины 1,5 м и выбирается на берег неводными лебедками. Площадь, облавливаемая за одно притонение, составляет в среднем 150 га. Коэффициент уловистости невода, принятый по литературным данным (Печников, Терешенков, 1986; Сечин, 1986), был затем уточнен в ходе применения методики. Учет леща производился по промысловым категориям, принятым при сортировке на приемо-перерабатывающих предприятиях — крупный (30 см и более), средний (22—29 см) и мелкий (13—21 см).

В качестве примера рассмотрим порядок расчета оптимального улова леща в Кубенском озере на 1989 г. Неводные уловы пересчитывались на промысловое усилие и единицу площади в соответствии с общепри-

Таблица 3

**Размерно-возрастная характеристика леща категории «крупный» и расчет его численности  
в Кубенском озере в 1988 г.**

Возраст	Длина, см		Вес, г		%	Общая численность, тыс. шт.	Убыль от промысла 1988 г., тыс. шт.	Остаток на 1.10.88 г.	Убыль при $K_{с.с.}=6\%$ , тыс. шт.	Остаток запаса на 1989 г., тыс. шт.
	средняя	колебания	средний	колебания						
8+	31,0	28—32	647	535—700	14	129,3	20,4	108,9	6,5	—
9+	32,1	30—32	696,6	590—740	8	73,8	11,6	62,2	3,7	102,4
10+	32,6	29—34	670	560—780	3	27,7	4,3	23,4	1,4	58,5
11+	32,3	30—34	701,6	590—770	15	138,5	21,8	116,7	7,0	22,0
12+	33,9	30—37	810	605—1060	2	18,4	2,9	15,5	0,9	109,7
13+										14,6
14+	34,6	34—35	893	820—980	7	64,6	10,2	54,4	3,2	
15+	35,0	33—37	900	700—1120	12	110,8	17,5	93,3	5,5	51,2
16+	35,2	31—42	926	660—1440	25	230,8	36,4	194,4	11,6	87,8
17+	35,8	35—37	961	940—1000	11	101,5	16,0	85,5	5,1	182,8
18+	39,7	37—44	1360	1100—1620	3	27,7	4,3	23,4	1,4	80,4
Итого						923,3	145,7			

$$N_{\text{общ}} = \frac{41700 \cdot 463}{150 \cdot 0,17 \cdot 0,82} = 923,3 \text{ тыс. шт.} \quad N_{\text{улова}} = \frac{119500}{0,82} = 145,7 \text{ тыс. шт.}$$



Таблица 4

**Размерно-возрастная характеристика леща категории «средний» и расчет его численности  
в Кубенском озере в 1988 г.**

Возраст	Длина, см		Вес, г		%	Общая численность, тыс. шт.	Убыль от промысла 1988 г., тыс. шт.	Остаток на 1.10.88 г., тыс. шт.	Убыль при $K_{с.см.}=6\%$ , тыс. шт.	Остаток запаса на 1989 г., тыс. шт.
	средняя	колебания	средний	колебания						
6+	25,8	23—31	360	240—590	10,8	134,2	12,7	121,5	7,3	
7+	24,8	22—29	314,5	240—460	21,7	269,7	25,7	244,0	14,6	114,2
8+	26,0	22—30	364,7	215—530	45,6	566,7	54,0	512,7	30,7	229,4
9+	29,7	28—31	540,5	445—620	196,5	242,3	23,0	219,3	13,1	482,0
10+	29	—	500	—	2,4	29,8	2,8	27,0	1,6	206,2
11+										25,4
Итого						1242,9	118,4			

$$N_{\text{общ}} = \frac{41700 \cdot 558,8}{150 \cdot 0,32 \cdot 0,39} = 1242,9 \text{ тыс. шт.} \quad N_{\text{улова}} = \frac{46200}{0,39} = 118,4 \text{ тыс. шт.}$$

Таблица 5

**Размерно-возрастная характеристика леща категории «мелкий» и расчет его численности  
в Кубенском озере в 1988 г.**

Возраст	Длина, см		Вес, г		%	Общая численность, тыс. шт.	Убыль от промысла 1988 г., тыс. шт.	Остаток на 1.10.88 г., тыс. шт.	Убыль при $K_{с.см.}=6\%$ , тыс. шт.	Остаток запаса на 1989 г., тыс. шт.
	средняя	колебания	средний	колебания						
4+	16,0	13—18	90	50—120	23	347,2	4,0	343,2	20,6	
5+	19,0	17—21	127	100—180	62,5	943,6	11,0	932,6	55,9	322,6
6+	19,4	18—22	151	115—200	10,4	157,0	1,8	155,2	9,3	876,7
7+	22,5	22—23	220	200—240	4,1	61,9	0,7	61,2	3,7	145,9
8+										57,5
Итого								1509,8	17,6	

$$N_{\text{общ}} = \frac{41700 \cdot 407}{150 \cdot 0,6 \cdot 0,125} = 1509,8 \text{ тыс. шт.} \quad N_{\text{улова}} = \frac{2200}{0,125} = 17,6 \text{ тыс. шт.}$$

нятой методикой. Так как большая часть леща непромысловой меры выпускалась во время переборки улова в водоем в живом виде и не учитывалась промысловой статистикой, возможный вылов леща категорий «средний» и «мелкий» восстанавливался по результатам опытных уловов. Показатели работы неводов в 1988 г. приведены в табл. 2.

Всего в течение года было выполнено 258 притонений в промысловом и опытном режиме. Размерно-весовая и возрастная структура отдельных категорий леща приводится в табл. 3—5. Численность леща данной категории в озере  $N_{\text{общ}}$  в 1988 г. определялась по формуле

$$N_{\text{общ}} = \frac{S_{\text{оз}} P}{S_{\text{т}} K q},$$

где  $S_{\text{оз}}$  — площадь озера (41700 га);  $S_{\text{т}}$  — площадь тоневого участка;  $P$  — средний вылов леща данной категории за притонение (по данным табл. 2);  $K$  — коэффициент уловистости невода по отношению к данной категории леща;  $q$  — средняя навеска леща данной категории.

Общая численность леща искомой размерной категории распределяется по возрастным группам в соответствии с процентным соотношением их в промысловых уловах. Используя среднюю навеску и общий вылов леща данной размерной группы, определяем снижение численности под влиянием вылова. Остаток запаса приводится к моменту окончания активного лова по открытой воде. В связи с тем, что промысел леща в зимний период на озере развит слабо, при расчетах принимаем, что сокращение его численности до конца года происходит только за счет естественной смертности. Как уже упоминалось, показатель естественной смертности в средних возрастах для леща Кубенского озера определен в 24%. Для упрощения расчетов принимаем его равным 2% в месяц, следовательно, убыль до конца года составит 6%. Величина остатка запаса смещается на один возрастной класс, приводится к началу 1989 г. и служит для расчета величины оптимального улова в следующем году.

Данные по численности каждой возрастной группы облавливаемой части популяции леща, а также показатели естественной и промысловой смертности приведены в табл. 6.

В связи с тем, что активный неводной промысел в озере начинается в конце июня, убыль части промыслового стада под влиянием естественной смертности оценивается в 12%. Возможный вылов леща каждой возрастной группы приводится с учетом допустимого коэффициента вылова вначале в штучном, а затем в весовом выражении. Согласно расчетам, величина оптимального улова леща в 1989 г. определена в 220 т (см. табл. 6). Причем вылов леща непромысловой меры (возрастные группы 6—8+ и частично 9+) возможен в пределах 90 т. Эта величина должна быть утверждена в качестве лимита в органах рыбоохраны, доведена до сведения рыболовческих бригад и постоянно контролироваться. Необходимость внедрения лимитированного отлова маломерного леща в последующие годы будет уточнена по результатам ихтиологических наблюдений за составом промысловых уловов в 1989 г.

Таблица 6

## Расчет оптимального улова леща оз. Кубенского в 1989 г.

Возраст	Средняя навеска, кг	Остаток запаса на 1.01.89 г., тыс. шт.	Показатели смертности					Убыль от естественной смертности к началу промысла, тыс. шт.	Остаток запаса к началу промысла, тыс. шт.	Промысел 1989 г.		
			нормальные		ΔК <sub>е. см.</sub>	действительные				возможный вылов, тыс. шт.	средняя навеска, кг	вылов, т
			К <sub>е. см.</sub> , %	К <sub>выл.</sub> , %		К <sub>выл.</sub> , %	К <sub>е. см.</sub> , %					
5+	0,127	322,6	42	3	1	4	41	64,51	258,1	10,3	0,12	1,2
6+	0,221	876,7	34	8	3	11	31	140,2	736,5	81,0	0,22	17,8
7+	0,287	260,1	29	13	4	17	25	36,4	223,7	38,0	0,3	11,4
8+	0,411	287,2	25	20	5	25	20	28,7	258,5	64,6	0,4	25,8
9+	0,560	585,0	24	24	6	30	18	52,6	532,4	159,7	0,55	87,8
10+	0,670	264,7	26	22	6	28	20	26,4	238,3	66,7	0,6	40,0
11+	0,701	47,4	28	20	6	26	22	5,2	42,2	10,9	0,7	7,6
12+	0,810	109,7	32	16	5	21	27	15,3	94,4	19,8	0,8	15,8
13+	—	14,6	36	12	4	16	32	2,3	12,3	1,9	0,85	1,6
14+	0,893	—	41	7	3	10	38	—	—	—	0,9	—
15+	0,900	51,2	45	3	1	4	44	11,2	40,0	1,6	0,95	1,5
16+	0,956	87,8	50	3	1	4	49	21,0	66,8	2,7	1,0	2,7
17+	1,000	182,8	54	3	1	4	53	47,5	135,3	5,4	1,1	5,9
18+	1,300	80,4	60	3	1	4	69	28,1	52,3	2,1	1,3	2,7
19+	1,500	22,0	80	3	1	4	86	9,2	12,8	0,5	1,5	0,7

Итого

220

Следует отметить, что введение лимитированного отлова части леща непромысловой меры может быть оправдано только в тех случаях, когда расчеты показывают значительное преобладание в прогнозируемом улове маломерных особей над стандартными. Такие ситуации возникают в результате появления высокоурожайных поколений, как это было с генерацией 1972 г. Использование при расчетах величины оптимального вылова дифференцированных показателей естественной и промысловой смертности по методике П. В. Тюриня позволило определить на 1979 г. лимит вылова леща непромысловой меры в размере 100 т, на 1980 г.— 100 т, на 1981 г.— 80 т, на 1982 г.— 66 т, на 1983 г.— 48 т. В 1984 г. основная часть особей поколения 1972 г. достигла промысловых размеров и необходимость в повышенном вылове маломерных особей отпала. В уловах 1989 г., как уже отмечалось, вновь будет наблюдаться повышенный прилов молоди леща 1980 и 1983 гг. рождения, поколения которых оцениваются как высокоурожайные. Таким образом, оперативное регулирование промысла в условиях Кубенского озера позволяет рационально эксплуатировать популяцию леща.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Водоватов Ю. С.* Пути рационального использования рыбных запасов озера Кубенского (Вологодская обл.).— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1983, 193: 111—120.
- Печников А. С., Терешенков И. И.* Методические указания по сбору и обработке ихтиологического материала в малых озерах. Л., ГосНИОРХ, 1986: 65 с.
- Сечин Ю. Т.* Методические рекомендации по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. М., ВНИИПРХ, 1986: 50 с.
- Тюрин П. В.* «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности как теоретическая основа регулирования рыболовства.— Изв. ГосНИОРХ, 1972, 71: 71—128.

## ИХТИОПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КУБЕНСКОГО ОЗЕРА

*Н. М. РАДЧЕНКО*

Задачи современной ихтиопаразитологии далеко выходят за рамки систематики. Главное на настоящем этапе — поддержание мониторинга естественных экосистем, методологической основой которого является концепция интегрированного уровня в биологии.

Направленность хозяйственного использования Кубенского озера как транспортного пути и рыбопромыслового водоема определилась давно. В настоящее время в связи с постройкой водовода Кубенское озеро — Вологда сложились неблагоприятные для водоема обстоятельства, обусловленные изменением его водного баланса. Водозабор из Кубенского озера, по проектным данным, снизит уровень водоема максимум на 15 см. При этом появятся новые мелководные участки, благоприятные для жизни многих беспозвоночных: ракообразных, моллюсков, олигохет и др., в которых развиваются паразиты рыб. Снижение уровня и без того мелководного озера будет способствовать увеличению концентрации рыб и их паразитов, изменению пищевых взаимоотношений, а также распространению непаразитарных болезней рыб. Нарушение естественно регулирующейся системы «паразит—хозяин» может вызвать сильные эпизоотии.

Вопросы обогащения ихтиофауны озера ценными видами рыб и переселения отдельных видов из Кубенского озера в другие водоемы должны решаться с учетом паразитологической ситуации, в противном случае результаты работы могут оказаться негативными.

Первые сведения о зараженности рыб Кубенского озера паразитами относятся к 1940—1950-м годам (Дулькин, 1941; Кудрявцева, 1954, 1957, 1960, 1962, 1966), причем исследования носили эпизодический характер.

С 1985 г. нами начаты комплексные исследования паразитофауны рыб, а также ихтиофагов — чайковых птиц и млекопитающих. Основной задачей наших исследований является выяснение паразитологической

ситуации в Кубенском озере, прогноз ее возможных изменений и разработка практических рекомендаций по снижению зараженности рыб паразитами, что возможно лишь при построении трофо-динамической модели ихтиопаразитоценоза. Опыт моделирования ихтиоценоза имеется (Жаков, 1984). Исходя из философской концепции единства части и целого, в модель должна быть заложена идея целостного подхода к изучаемому объекту. Паразиты являются равноправными членами гидробиоценоза, создающими значительную биопroduкцию и влияющими на численность различных обитателей водоема, от которых зависит состояние рыбных стад; они оказывают патогенное влияние на рыб, особенно на их молодь, снижают воспроизводительную способность рыб. Зараженная рыба, в свою очередь, служит источником заболевания людей (дифиллоботриоз, описторхоз).

Систематическое изучение паразитов рыб в Кубенском озере позволит планировать промысел с учетом максимума зараженности в различные сезоны года и мест концентрации больных рыб.

Накопление данных о взаимоотношениях различных групп животных в ихтиопаразитоценозе (антагонизм, синергизм) может уточнить аспекты существования естественных регуляторов численности паразитов рыб в озере.

В 1985—1989 гг. методом полных и частичных паразитологических вскрытий было исследовано 3223 экз. рыб, относящихся к 15 видам, среди которых наибольшее промысловое значение имеют судак, лещ, щука, язь, окунь, плотва, ерш, налим, нельма. Здесь мы не ставим целью дать детальные паразитологические описания, отметим лишь наиболее существенное в зараженности промысловых рыб.

Судак. Исследовано 468 экз. Общая зараженность — 97,4%. Зарегистрировано 33 вида паразитов, представленных различными систематическими группами: миксоспоридиями, моногенеями, цестодами, трематодами, нематодами, скребнями, пиявками, моллюсками, ракообразными.

С возрастом экстенсивность инвазии нарастает: 2+ — 90,5%, 5+ — 96,2%, 7+ — 100%. Число видов паразитов также увеличивается с возрастом от одного вида у двухлеток до 20 видов у восьмилеток.

Максимум зараженности судака *Bunodera lucioregса* и *Callanus lacustris* приходится на сентябрь (100 и 80% соответственно). Экстенсивность заражения некоторыми эктопаразитами значительно снизилась за последние два года, что видно из следующих данных (%):

	1985	1988	1989
<i>Ancyrocephalus paradoxus</i>	24,0	11,3	7,8
<i>Gyrodactylus cernuae</i>	6,8	3,5	1,4
<i>Achteres percarum</i>	58,1	28,4	13,6

Уменьшилась также интенсивность заражения паразитами. В частности, интенсивность инвазии *A. paradoxus* снизилась от нескольких сот организмов до единичных находок на одну крупную рыбу.

Изучение зараженности судака вызывает большой интерес в связи с тем, что этот вид является объектом интродукции: в Кубенское озеро он вселен из оз. Белого в 1934—1936 гг., а в 1987—1988 гг. 1500 экз. судака из Кубенского озера переселено в оз. Воже.

Лещ. Исследовано 672 экз. Всего обнаружено 28 видов паразитов. Общая зараженность составляет 78,3%.

При переходе на бентосное питание у леща появляются гвоздичники, с возрастом увеличивается экстенсивность заражения: 3+ — 42%, 15+ — 69%. Отмечаются различия в зараженности карнофилидами в различных частях озера: Токшинский залив — 38,2%, Шолохово — 11,0%. Мелководность Токшинского залива создает благоприятные условия для развития олигохет — промежуточных хозяев гвоздичников.

Летние месяцы 1988—1989 гг. характеризовались высокими температурами, что способствовало распространению *Argulus foliaceus* (интенсивность заражения до 15 экз.). Другие виды паразитических рачков (эргасилиды), моногеней встречались в эти годы значительно реже, чем в прежние, обычные по температурным условиям для Северо-Запада СССР.

Максимум зараженности *Lernaea cyprinacea* отмечен в июле (16%) при средней интенсивности инвазии 11 экз.

Шука. Исследовано 583 экз. Общая зараженность — 97,5%. Зарегистрировано 30 видов паразитов. Экстенсивность заражения *Triaenophorus nodulosus* составляет 78%. Шука — дефинитивный хозяин этой цестоды, развитие которой связано с паразитированием в окуневых, сиговых и других рыбах, что нередко оказывается губительным для них. В этом случае паразит выступает в роли регулятора численности рыб. *T. crassus* обнаружен у 10% шук.

Триенофорусом заражены шуки всех возрастов, причем происходит постепенное увеличение экстенсивности инвазии с 40% у двухлеток до 100% у рыб в возрасте 8+ — 10+. Средняя интенсивность инвазии — 29 экз., максимум — до 280 экз.

Пики зараженности приходятся на осень и зиму (93 и 87,5%), весной экстенсивность инвазии снижается до 72,5%. В межгодовом аспекте экстенсивность заражения значительно варьирует. Так, если летом 1987 г. этот показатель равнялся 90,2%, то в 1988 г. — 61%, что определялось средними летними температурами (Куперман, 1973).

Возрастные изменения в общей зараженности шуки колеблются незначительно, экстенсивность инвазии поддерживается на высоком уровне (97—100%), несколько снижаясь только у рыб в возрасте 5+ (81%). Заслуживает внимания тот факт, что у шуки в возрасте 5+ самый высокий показатель заражения *T. nodulosus* (96%).

Из эктопаразитов наиболее часто встречается пиявка *Piscicola geometra*. Максимальная зараженность ими составила 88%, минимальная — 2%. Экстенсивность заражения увеличивается с возрастом. Так, если для двухлеток она составила 3%, то для рыб в возрасте 4+ — 10%, 6+ — 30%, 7+ — 60%. Максимальная интенсивность инвазии отмечена для четырех-пятилетних шук.

Типичный для шуки жаберный паразит *Ergasilus siboldi* имеет две генерации и дает два пика зараженности: весной — 73,7% и осенью — 78,1%. Максимальное заражение этим патогенным рачком отмечено у трехлеток — 80%, у рыб в возрасте 4+ экстенсивность инвазии 19%.

Микоспоридии *Myxidium liberkuehni* встречаются в мочевом пузыре

у 94% щук в возрасте 1+ — 2+, у шестилеток зараженность снижается до 40%. Максимальная степень зараженности характерна для летних месяцев (49%).

В икре щук развиваются микроспоридии *Henneguya oviperda*, зараженность которыми в течение лета, осени и зимы поддерживается на одном уровне (до 20%). Весной зараженность рыб резко снижается (до 5%), что связано с нерестом. С возрастом экстенсивность заражения увеличивается: с 25 у рыб в возрасте 3+ до 50% у десятилеток. Наибольшая интенсивность заражения отмечена у щук в возрасте 4+; пораженность икринок достигает 90%, что значительно снижает воспроизводительную способность популяции щуки.

Щука является основным источником заражения людей дифиллоботриозом. Пик экстенсивности заражения рыб плероцеркоидами приходится на зимние месяцы (13%); в остальные сезоны этот показатель колеблется от 1,5 до 3,0%. С возрастом экстенсивность заражения увеличивается и достигает максимума у щук в возрасте 7+ — 9+ (28%). Средняя интенсивность заражения невысока (6 экз.), исключая один случай (37 экз.). Среди населения, проживающего в окрестностях Кубенского озера, поддерживается стойкий очаг дифиллоботриоза.

Язь. Исследовано 127 экз., выявлено 23 вида паразитов. У язя прослеживается четкая связь зараженности паразитами с характером питания. При переходе к бентосному питанию резко увеличивается инвазия гвоздичниками (3 вида), промежуточными хозяевами которых являются олигохеты, и скребнями — через водяных осликов. Крупные язи (до 1,3 кг) на 100% заражены метацеркариями *Metorchis xanthosomus*, заканчивающими развитие в чайках. Интенсивность заражения достигает 1500 экз. на одну рыбу.

У 19,7% язей отмечены метацеркарии трематод рода *Diplostomum*, паразитирующих в глазу (хрусталик, стекловидное тело). Интенсивность заражения 2—52 экз. (в среднем 9 экз.), что не создает эпизоотологической ситуации в озере по диплостомазу.

Окунь. Исследован 261 экз., зараженность составляет 100%. Обнаружено 30 видов паразитов, из которых 11 общих видов с судаком, 7 видов — с окунем и ершом; специфичных паразитов лишь 2 вида.

Ерш. Исследовано 217 экз., зараженность 99,1%. Паразитофауна ерша представлена 25 видами, среди которых 6 специфичных видов. Ерш в Кубенском озере — один из основных хозяев глосидиев (экстенсивность 28%, интенсивность заражения — до 100 экз.).

Высокая численность ерша и окуня в озере создает условия для поддержания на высоком уровне численности паразитов, общих для семейства окуневых (%):

	Судак	Окунь	Ерш
<i>Ichthyocotylurus</i> sp.	92	90	97,3
<i>Bunodera lucioperca</i>	23,7	7,8	5,4
<i>Camallanus lacustris</i>	20,4	46,8	1,8
<i>Ergasilus sieboldi</i>	9,7	3,6	38,7
<i>Diplostomum</i> sp.	8,7	22,9	5,4

В связи с этим представляется целесообразным массовый отлов «сорных» рыб весной.



Плероцеркоиды *Diphyllobotrium latum* отмечены у 3% ерша, что свидетельствует об определенной роли ерша в поддержании дифиллоботриоза в озере.

Плотва. Вскрыто 403 экз. Зарегистрировано 20 видов паразитов. Данные по экстенсивности и интенсивности инвазии плотвы различными паразитами позволяют отнести ее к числу наименее зараженных видов рыб. Характер питания плотвы как планктофага определяет наличие в ее паразитофауне метацеркарий трематод, относящихся к трем родам: *Ichthyocotylurus* (3 вида), *Diplostomum* (5 видов), *Metorchis* (1 вид). Экстенсивность и интенсивность заражения невелики, но, учитывая высокую численность плотвы в озере, нельзя приуменьшать ее роль в распространении гельминтов. Крупные экземпляры (до 1,1 кг) заражены сильнее, кроме того, у них обычно отмечаются паразиты, характерные для бентофагов (гвоздичники, скребни).

Кубенское озеро является благополучным водоемом в отношении лигулеза. Нами регистрировались лишь единичные случаи находок плероцеркоидов *Ligula intestinalis*, несмотря на высокую численность чаек.

Нельма. Исследовано 117 экз., выявлен 21 вид паразитов. Общая зараженность 93,5%. Специфичный для нельмы паразит *Proteocephalus exiguus* встречается у рыб в возрасте от 1+ до 8+ (36,5%), средняя интенсивность инвазии — 154 экз., индекс обилия — 51,9.

Опасным паразитом нельмы является *Triacanthophorus nodulosus*, плероцеркоид которого развивается в печени (6,2%, средняя интенсивность инвазии 34,4 экз., индекс обилия — 2,2). Паразит губителен для молоди.

Среди эктопаразитов наибольший процент заражения приходится на *Ergasilus sieboldi* (30,1%, средняя интенсивность инвазии — 6,3 экз., индекс обилия — 1,9). Отмечен только осенью.

В целом паразитофауна нельмы представлена теми же видами, которые встречаются у других хищных рыб. Экстенсивность и интенсивность инвазии гораздо ниже, чем у щуки и судака. С возрастом эти показатели возрастают незначительно.

Налим. Исследовано 18 рыб, зараженность равна 94,2%. Обнаружено 27 видов паразитов (из них специфичных 3 вида), представленных различными систематическими группами. Наиболее распространенными являются *Triacanthophorus nodulosus* (50%, интенсивность 2—236 экз., средняя — 63, индекс обилия — 31,5), *Rhaphidascaris acus* (44,4%, интенсивность — 1—356 экз., средняя — 54,4, индекс обилия — 21,2), *Eubothrium rugosum* (50%, интенсивность 1—170 экз., средняя — 38,0, индекс обилия — 19).

В хрусталике и стекловидном теле глаза паразитирует 4 вида диплостомид. Интенсивность инвазии достигает 48—103 экз.

Приведенные краткие сведения о паразитах рыб Кубенского озера свидетельствуют о многообразии и значении их для рыб. Из состава паразитофауны водоема опасным не только для рыб, но и для человека является *Diphyllobotrium latum*.

## ЛИТЕРАТУРА

Дулькин А. Л. Гельминтофауна рыб Кубенского озера.— Труды Вологодск. сельхоз. института, 1941, 3.

Жаков Л. А. Формирование и структура рыбного населения озер Северо-Запада СССР. М., 1984.

Кудрявцева Е. С. Паразитофауна нельмы *Stenodus leucichthys* и сига *Coregonus lavaretus nelmusch* Кубенского озера.— Учен. зап. Вологодск. пединститута, 1954, 15.

Кудрявцева Е. С. Систематический обзор паразитов рыб р. Сухоны и Кубенского озера.— Учен. зап. Вологодск. пединститута, 1957, 20.

Кудрявцева Е. С. Паразитофауна судака, акклиматизированного в Кубенском озере.— Зоол. журн., 1960, 11, 39.

Кудрявцева Е. С. Фаунистический обзор паразитов рыб р. Сухоны и Кубенского озера.— Учен. зап. Вологодск. пединститута, 1962, 22.

Кудрявцева Е. С. Фаунистический обзор паразитов рыб р. Сухоны и Кубенского озера.— Учен. зап. Вологодск. пединститута, 1966, 29.

Куперман Б. И. Ленточные черви рода *Triaenophorus* — паразиты рыб: экспериментальная систематика, экология. Л., 1973.

## О РОЛИ ЧАЙКОВЫХ ПТИЦ В РАСПРОСТРАНЕНИИ ПАРАЗИТОВ РЫБ КУБЕНСКОГО ОЗЕРА

В. Г. ЛЕБЕДЕВ, Н. М. РАДЧЕНКО, А. А. ШАБУНОВ

Комплексные исследования экосистемы могут дать положительный результат в решении ряда проблем, связанных с рыбным хозяйством, рыболовством и рыборазведением, оценкой рыбных запасов, и выявлении маркеров разных стад рыб. На Кубенском озере мы исследовали паразитофауну рыб и чайковых птиц для выяснения участия последних в распространении паразитов рыб в конкретной экосистеме.

Среди крупных водоемов Вологодской области важное промысловое значение имеет Кубенское озеро, где добываются нельма, судак, щука, лещ и другие карповые.

Мелководность Кубенского озера, низкие берега с большими площадями заливных лугов, грязевых отмелей, зарослей ивняка и прибрежной надводной растительности создают благоприятные условия для гнездования чайковых и утиных птиц по западному побережью. В восточной его части колонии чаек располагаются по заливным лугам, зарослям тростника и рогоза. Одиночные пары и небольшие колонии сизых чаек встречаются по всему побережью на прилегающих сельскохозяйственных угодьях.

Все виды чайковых птиц Кубенского озера трофически связаны как с водоемом, так и с сушей. В их рационе видное место занимает мелкая рыба (плотва, ерш, окунь). Пищей крупных видов чаек служат также мелкие наземные позвоночные (грызуны, амфибии). В питании мелких видов преобладают водные и наземные беспозвоночные (насекомые, паукообразные, черви). В целом для всех видов чаек характерно использование массовых видов кормовых организмов.

Определение видового состава и численности чайковых птиц проводилось в 1986—1988 гг. Доступность района и хорошие условия для визуального наблюдения позволили провести учет на пробных площадках в различных частях озера. Площадь пробных площадок в зависимости от целей учета (выявление численности видов или общей численности птиц) колебалась от 0,15 до 4 км<sup>2</sup>. Одновременно проводили

маршрутный учет численности чаек по местам кормления на суходольных лугах, пашнях и пастбищах побережья. Видовой состав и численность чаек восточного побережья определяли по результатам учета гнездовых колоний (1986 г.).

За последние 30 лет видовой состав фауны чайковых птиц значительно изменился. Ранее (Воропанова, Кочин, 1954; Беме, 1962) многочисленными видами были чайка сизая и крачка речная, редкими видами считались чайка озерная и крачка черная. Сейчас видовое многообразие чайковых птиц Кубенского озера пополнилось чайкой серебристой и чайкой малой.

Численность чайковых птиц за период исследования значительно колебалась: от 15 тыс. гнездящихся пар в 1986 г. до 10 тыс. пар в 1988 г. Наиболее многочисленным видом остается чайка сизая (45,5% общей численности чаек). Значительно возросло в последние годы количество чайки озерной (28,4%). Немного меньше численность крачки речной (22,1%). Постепенно нарастает численность чайки серебристой (с 2,9% в 1986 г. до 3,5% в 1988 г.). Чайка малая и крачка черная по-прежнему остаются редкими видами. Общая численность обоих видов колеблется от 75 до 100 пар (0,5%). Увеличение численности видов с большой экологической пластичностью (чайки сизая, озерная, серебристая, крачка речная) характерно в настоящее время не только для водоемов Вологодской области, но и для всей Европы (Зубакин, 1988).

Сбор материала проводился летом 1986—1988 гг. Методом полных гельминтологических вскрытий по К. Н. Скрябину (1928) и М. Н. Дубининой (1971) исследовано 39 экз. чайковых птиц, зараженных гельминтами оказалось 30 экз. (76,9%). Всего на Кубенском озере у чайковых птиц обнаружено 23 вида гельминтов (табл. 1).

Ранее гельминтофауна чайковых птиц на Кубенском озере не изучалась. Анализ фауны гельминтов показал (табл. 2), что наиболее распространенными из трематод являются представители семейств Plagiorchiidae и Diplostomidae. Из сем. Plagiorchiidae вид *Plagiorchis mutationis* встречается у всех чайковых. Сем. Diplostomidae представлено тремя видами, из которых наиболее часто обнаруживается *Diplostomum spathaceum*. Цестоды представлены следующими семействами: Dilepididae —

Таблица 1

**Количество вскрытых птиц и выявленных у них гельминтов**

Виды птиц	Вскрыто птиц	Количество видов паразитов			
		трематоды	цестоды	нематоды	всего
Чайка серебристая	2	3	1	1	5
Чайка сизая	9	3	2	1	6
Чайка озерная	12	7	3	3	13
Чайка малая	2	1	2	1	4
Крачка речная	13	4	1	—	5
Крачка черная	1	—	—	—	—
<b>Всего</b>	<b>39</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>23</b>

## Зараженность гельминтами рыбоядных птиц Кубенского озера

Гельминты	Число зараженных птиц	Процент заражения	Интенсивность заражения			Индекс обилия
			мин.	ср.	макс.	
Чайка серебристая <i>Larus argentatus</i>						
<i>Metorchis xanthosomus</i>	1	—	3	—	—	1,5
<i>Diplostomum spathaceum</i>	2	—	134	353	572	353,0
<i>Diplostomidae</i> gen. sp. 1	1	—	3	—	—	1,5
<i>Ligula intestinalis</i>	1	—	5	—	—	2,5
<i>Thominx contorta</i>	2	—	5	12	19	12,0
Чайка сизая <i>Larus canus</i>						
<i>Echinostoma revolutum</i>	1	11,1	1	—	—	0,1
<i>Plagiorchis mutations</i>	1	11,1	39	—	—	4,3
<i>Diplostomum spathaceum</i>	1	11,1	1	—	—	0,1
<i>Paricterotaenia porosa</i>	3	33,3	1	4	12	1,5
<i>Aploparaksis sovieticus</i>	1	11,1	1	—	—	0,1
<i>Thominx contorta</i>	9	100,0	1	5	17	5,0
Чайка озерная <i>Larus ridibundus</i>						
<i>Echinoparyphium recurvatum</i>	1	8,3	27	—	—	2,2
<i>Plagiorchis mutations</i>	4	33,3	10	71	164	23,7
<i>Tanaisia fedtschenkoi</i>	2	16,6	2	8	13	1,3
<i>Diplostomum spathaceum</i>	8	66,6	1	31	144	20,6
<i>D. volvens</i>	1	8,3	1	—	—	0,1
<i>D. commutatum</i>	1	8,3	1	—	—	0,1
<i>Diplostomidae</i> gen. sp. 2	1	8,3	16	—	—	1,3
<i>Paricterotaenia porosa</i>	11	91,7	2	7	22	6,8
<i>Aploparaksis sovieticus</i>	3	25,0	4	13	29	3,2
<i>Wardium fusa</i>	1	8,3	9	—	—	0,7
<i>Thominx anatis</i>	2	16,6	1	—	—	0,2
<i>Th. contorta</i>	8	66,6	1	4	9	2,7
<i>Contracaecum rudolphi</i>	1	8,3	1	—	—	0,1
Чайка малая <i>Hydrocoloeus minutus</i>						
<i>Plagiorchis mutations</i>	2	—	9	17	26	17,5
<i>Paricterotaenia dodecacantha</i>	1	—	1	—	—	0,5
<i>Wardium spasskii</i>	1	—	5	—	—	2,5
<i>Thominx anatis</i>	2	—	2	—	—	1,0
<i>Th. contorta</i>	1	—	1	—	—	1,0
Крячка речная <i>Sterna hirundo</i>						
<i>Plagiorchis mutations</i>	2	15,4	1	—	—	0,1
<i>Strigea falconis</i>	1	7,7	5	—	—	0,4
<i>Ichthyocotylurus platycephalus</i>	1	7,7	1	—	—	0,1
<i>Paricterotaenia sternina</i>	1	7,7	1	—	—	0,1

3 вида (более распространен *Paricterotaenia porosa*); *Hymenolepididae* — также 3 вида, встречающиеся у разных птиц. Из нематод более часто отмечаются представители *Capillariidae* — 2 вида, из которых более распространенным является *Thominx contorta*, найденный у всех чаек.

Наиболее сильно заражены чайки серебристая, сизая, озерная. У озерной чайки степень инвазии выше: *P. mutations* — 33,3%, *D. spathaceum* — 66,6%, *P. porosa* — 91,7%, *Th. contorta* — 66,6%. Зараженность сизой чайки *Th. contorta* составляет 100%. Наименьший процент заражения (30,7) у крачки речной, что, видимо, можно объяснить характером питания. У чаек широкий спектр потребляемых кормов. Они поедают рыбу средних размеров, более сильно зараженную гельминтами. Крачка питается в основном мелкой рыбой и мальками, у которых еще отсутствуют гельминты.

Средняя интенсивность заражения неодинакова. Наиболее высока она у серебристой и озерной чаек: *D. spathaceum* — соответственно 353 и 30,7 экз., *P. mutations* — 71 экз. (озерная чайка).

Индекс обилия также различается, составляя у чайки серебристой по *D. spathaceum* — 353, у чайки озерной по *D. spathaceum* — 20,58, по *P. mutations* — 23,66.

У рыб Кубенского озера (исследовано 12 видов, около 2000 экз.) обнаружено 64 вида паразитов, в том числе 41 вид гельминтов. Среди них завершают цикл развития в чайковых птицах трематоды родов *Diplostomum* (3 вида), *Ichthyocotylurus* (3 вида), *Metorchis* (1 вид), а также цестода *Ligula intestinalis*.

Жизненный цикл чайковых птиц сопряжен с жизненным циклом паразитов рыб, о чем свидетельствуют данные наших исследований (табл. 3).

В связи с тем, что у диплостомид слабо выражена специфичность к разным видам исследованных птиц, мы рассматриваем зараженность птиц в пределах рода *Diplostomum*.

Наиболее распространены гельминты родов *Diplostomum* и *Ichthyocotylurus*. У рыб отмечено заражение хрусталика и стекловидного тела личинками диплостомид (%): лещ — 0,74, язь — 19,7, плотва — 6,1, судак — 8,7, ерш — 5,4, окунь — 22,9.

В условиях Кубенского озера диплостомоз не представляет серьезной опасности, так как интенсивность заражения невелика (1—55 экз., в среднем 7 экз.). Развитие диплостомид проходит в моллюсках, где развиваются трематоды утиных, вероятно, оказывающих влияние на развитие личинок диплостомид.

Лигулез в Кубенском озере также не опасен, поскольку встречается в единичных случаях (см. табл. 3).

Ихтиокотилурозы у рыб имеют массовое распространение, особенно среди мелких окуневых. У ерша отмечалась интенсивность инвазии до 2700 экз.

Наши предварительные данные свидетельствуют о том, что чайки являются распространителями 8 видов паразитов рыб, причем интенсивность инвазии, как правило, низкая.

Для оценки роли чаек в распространении паразитов рыб нами предложен индекс участия, показывающий степень участия чаек в распро-

## Общая зараженность гельминтами рыб и чайковых птиц Кубенского озера

Гельминты	Хозяева	Процент заражения	Интенсивность заражения			Индекс обилия
			мин.	ср.	макс.	
<i>Ichthyocotylurus platycephalus</i>	Краска речная	7,7	1	—	—	0,07
	Щука	4,3	1	67	423	2,89
	Судак	92,0	1	203	9111	4,20
	Окунь	90,0	1	155	1700	
	Ерш	97,3	2	307	2711	1,87
	Лещ	42,2	1	28	200	12,66
	Язь	5,5	1	14	91	
	Плотва	14,1	4	11	20	
	Нельмушка	4,5	1	3	59	1,12
Род <i>Diplostomum</i>	Чайка сизая	11,1	1	—	—	0,11
	Чайка озерная	66,6	1	30	160	22,10
	Чайка серебристая	2 экз.	134	353	572	353,00
	Щука	16,9	1	6	26	1,05
	Судак	8,7	1	6	25	0,52
	Окунь	22,9	2	31	461	7,17
	Ерш	5,4	11	14	23	0,76
	Лещ	0,7	3	7	55	0,25
	Язь	19,7	2	9	52	
	Плотва	6,1	1	4	8	
<i>Metorchis xanthosomus</i>	Чайка серебристая	1 экз.	3	—	—	1,50
	Ерш		9	—	—	
<i>Ligula intestinalis</i>	Чайка серебристая	1 экз.	5	—	—	2,50
	Лещ	0,7				0,01

странении паразитов рыб:  $I. Y = A/B$ , где  $A$  — число общих видов паразитов чаек и рыб,  $B$  — число видов паразитов рыб.

У разных чайковых птиц индекс участия различен: озерная чайка — 0,05, серебристая — 0,05, сизая — 0,016, краска речная — 0,016. Величины индекса участия свидетельствуют о том, что роль чайковых птиц в распространении паразитов рыб невелика.

Приведенные показатели индекса участия коррелируют с особенностями питания птиц. Так, чайки озерная и серебристая питаются в основном на озере, преимущественно рыбами средних размеров, у которых интенсивность инвазии высокая. У сизой чайки большую роль в рационе играют организмы, связанные с сушей. Краска речная питается мелкими рыбами с низкой интенсивностью инвазии.

В связи с этим представляет интерес оценка роли чайковых птиц как элиминаторов паразитов рыб, жизненные циклы которых не связаны с птицами. Чайками элиминируется 87,5% видов паразитов рыб, что способствует уменьшению поступления инвазионного начала в водоем.

Таким образом, чайковые птицы снижают численность паразитов в Кубенском озере. В целом эпизоотологическая ситуация в озере нормальная, однако в связи с неуклонным увеличением численности озерной и серебристой чаек, играющих основную роль в распространении паразитов рыб, в дальнейшем она может ухудшиться.

## ЛИТЕРАТУРА

*Беме Р. Л.* К познанию орнитофауны Кубенского озера (Вологодская область).— Орнитология, 1962, 5.

*Воропанова Т. А., Кочин Н. Н.* К изучению птиц Вологодской области.— Учен. зап. Вологодск. пединститута, 1954, 15.

*Дубинина М. Н.* Паразитологическое исследование птиц.— В серии: Методы паразитологических исследований. Л., 1971, 4.

*Зубакин В. А.* Подотряд Чайковые.— В кн.: Птицы СССР. Чайковые. М., 1988.

*Некрасов А. В., Тимошенко Т. М., Санжиева С. Д.* Экологические аспекты зараженности гельминтами разных популяций сизой чайки оз. Байкал.— В кн.: Гидробиология и гидропаразитология Прибайкалья и Забайкалья. Новосибирск, 1985.

*Скрябин К. И.* Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. М., 1928.

*Смогоржевская Л. А.* Гельминты водоплавающих и болотных птиц фауны Украины. Киев, 1976.



## **МАТЕРИАЛЫ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ И ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО САРТЛАНСКОЙ БОЛЕЗНИ У РЫБ**

***Н. М. АРШАНИЦА, Л. С. ОНИЩЕНКО, В. Н. ВОРОНИН***

В настоящее время в периодической печати появились сообщения (Бреслер, 1988а, 1988б, 1988в; Цветков, 1989) о случаях заболевания на Северо-Западе СССР, в частности в районе Ладожского озера, сартланской (гаффской, юксовской) болезнью, что, по нашему мнению, не соответствует таковой ни по клинической картине, ни по этиологии, а описываемые случаи необычных заболеваний у людей вызваны, вероятно, причинами, имеющими связь с увеличивающимся антропогенным загрязнением водоемов.

Сартланская болезнь, или, как ее теперь называют, алиментарно-токсическая пароксизмальная миоглобинурия (Струсевич, 1966; Чалисов, Хазанов, 1980), во всех случаях возникала при употреблении в пищу различных видов рыб. Впервые это заболевание описано у жителей побережья залива Фришес-Гафф в 1924 г. в Германии (ныне — Калининградская обл.) и потому названо гаффским. На протяжении последних шестидесяти лет в мире произошло 10 достоверных вспышек этой болезни, из них более половины — в СССР. Интересен тот факт, что первое массовое заболевание в нашей стране было зафиксировано в 1934 г. на оз. Юково под Ленинградом, т. е. не так уж далеко от залива Фришес-Гафф, где оно в это время также имело место (лит. см.: Берман, Струсевич, 1957). Вспышки заболевания, аналогичные гаффской и юксовской, отмечались и позднее в разные годы на различных водоемах нашей страны и за рубежом (лит. см.: Биргер и др., 1973).

Обязательным условием возникновения болезни было употребление в пищу рыбы как мирных видов — пелядь, карп, корюшка и некоторые другие, так и хищных — окунь, судак, налим (Ласкин, 1939, 1940; лит. см.: Биргер и др., 1973). Заболеванию подвергались, кроме человека, и домашние животные (кошки, собаки, свиньи), также получавшие в корм рыбу. Различными исследователями, как у нас в стране, так и за

рубежом, отмечалась аналогичная болезнь у лисиц и перелетных птиц (Berlin, 1948; Козлов, 1952), песцов (Машкин и др., 1976) и норок (Jorgensen, 1977), питавшихся рыбой, содержавшей токсическое начало.

Наиболее полно и тщательно это заболевание изучалось комплексными экспедициями в 1934—1936 гг. на оз. Юксово и в 1946—1948 гг. на оз. Сартлан под Новосибирском (лит. см.: Берман, Струсевиц, 1957). При этом исследовались гидрохимические, гидрологические и гидробиологические характеристики самих водоемов, особенности клинических проявлений болезни у людей и кошек, выяснялись возможные органы-мишени, их патологоанатомические и патоморфологические изменения у человека и животных (кошки, морские свинки, белые мыши), подвергнутых экспериментальному изучению после кормления рыбой (лит. см.: Берман, Струсевиц, 1957; Биргер и др., 1973; Менгель и др., 1974а, 1974б). Важно отметить, что, несмотря на отмечавшиеся как в гаффскую и юксовскую, так и в некоторые другие вспышки болезни случаи гибели рыб (Ласкин, 1939, 1940; Башарина, Курочкина, 1949, и др.), саму рыбу анализировали в этих случаях лишь патологоанатомически и в отдельных экспериментах на животных проверялась токсичность рыб (Маркович, 1950; Струсевиц, 1953; лит. см.: Берман, Струсевиц, 1957). Только в период вспышки заболевания на оз. Юксово, кроме патологоанатомического вскрытия, было выполнено и патоморфологическое исследование отдельных органов рыб и показано, в частности, что более токсичной при экспериментальной проверке на животных оказалась печень рыб, имевшая при вскрытии более желтую окраску, а на гистологических препаратах в ней отмечалось жировое перерождение. Исследователями этой вспышки была высказана гипотеза о влиянии на рыб (молодь окуня) какого-то токсического начала, поступившего в организм рыб либо непосредственно из водоема (Соловьев, 1936; Маркевич, 1937), либо по трофической цепи, т. е. через хищных рыб (Ласкин, 1940, 1948; Шалаев, 1946). При изучении сартланской вспышки 1946—1948 гг. Л. И. Гольдберг (1953) были предложены следующие схемы поступления токсического начала по трофической цепи вплоть до организма человека: детрит—зообентос—рыба—человек (1), детрит—зоопланктон—молодь рыб—взрослые рыбы—человек (2), водоросли—зоопланктон—молодь рыб—взрослые рыбы—человек (3) и были высказаны предположения о том, что первая схема срабатывает во все сезоны, а вторая и третья летом.

Экспериментальное изучение природы предполагаемого токсина было предпринято еще исследователями юксовской вспышки болезни, однако ни тогда, ни позднее (в сартланскую и другие вспышки) его не удалось довести до конца. Важно отметить, что уже в первых работах была определенно доказана термостабильность действующего начала и его связь с гепатопанкреасом и полостным жиром рыб (Ласкин, 1939; Шалаев, 1946). Позже К. А. Мещерская-Штейнберг (1951) и некоторые другие исследователи высказывали предположения о том, что токсическим началом заболевания могут стать продукты окисления ненасыщенных жирных кислот, поступивших с рыбой в организм человека и животных. К такому выводу пришли на основании тех фактов, что возникшую

у заболевших людей мышечную дистрофию в отдельных случаях удавалось излечить витамином Е-токоферолом. При исследовании биохимических особенностей отдельных тканей и рыбы в целом в период последней в нашей стране вспышки сартланской болезни на оз. Убинском в 1984 г. в модельных опытах на мышцах была доказана токсичность некоторых ненасыщенных жирных кислот (олеиновой и арахидоновой). Установлено, что введение этих кислот, выделенных из пеляди, вызывало такие же патоморфологические изменения в органах подопытных животных, как и кормление рыбой из озера (Соколов, Грауле, 1987). Однако, по признанию самих исследователей, для окончательного подтверждения роли ненасыщенных жирных кислот в возникновении сартланской болезни необходимо поставить аналогичные опыты на кошках, имеющих более яркие и характерные признаки болезни, в общих чертах сходные с наблюдаемыми у человека.

По многочисленным данным (Ласкин, 1939; Берман, Струсевиц, 1957; Нихинсон и др., 1964; Лещенко и др., 1965; Кузнецов, Зарубин, 1971; Менгель и др., 1974а, 1974б; Машкин и др., 1976), общим и важным фактором возникновения сартланской болезни было изменение уровня воды в водоеме, вблизи которого отмечалось заболевание. Это изменение уровня выражалось в том, что за год до заболевания он снижался, а в год вспышки резко повышался, что приводило к затоплению прибрежных участков с находящейся на них растительностью. Так было на оз. Сартлан и ряде других водоемов (лит. см.: Берман, Струсевиц, 1957; Биргер и др., 1973). В то же время в других случаях вполне нормальная проточность водоема могла ухудшаться вследствие антропогенного воздействия (строительство плотины). Эту причину отмечали как исследователи юксовской вспышки (Ласкин, 1939), так и некоторых других (Коломиец, 1963; Кузнецов, Зарубин, 1971; Машкин и др., 1976).

В связи с изменением уровня воды в оз. Юксово М. М. Соловьевым (1936) была высказана гипотеза о попадании в воду озера склероций спорыньи, которые, трансформируясь в организме рыб, могли дать токсическое начало, вызывающее заболевание у человека и животных. Эта гипотеза наиболее тщательно проверялась в сартланскую вспышку (Струсевиц, 1953). Однако, сравнивая типичные проявления сартланской болезни с картиной хронического отравления спорыньей в эксперименте, А. В. Струсевиц обнаружил, с одной стороны, существенную разницу в клинической картине заболевания, а с другой — сходство изменений в нервной системе. Исходя из полученных материалов, автор предположил, что в данном случае можно говорить о двух различных заболеваниях. Но так как опыты с хроническим отравлением животных не воспроизводили естественных условий возникновения болезни, когда токсическое начало накапливается в организме рыбы, обнаруженные различия не дают основания окончательно отвергнуть спорынью как возможный этиологический фактор сартланской болезни. В этот же период были выполнены острые опыты на рыбах (Козлов, 1949), когда рыбы, содержащиеся в воде со склероциями спорыньи, заболевали (становились вялыми, малоподвижными) и погибали. Вызывает сожаление тот

факт, что экспериментатор в дальнейшем не использовал погибающую рыбу для воспроизводства сартланской болезни у кошек, а именно это могло дать окончательное заключение по поводу спорыньи как этиологического фактора в возникновении данного заболевания.

Вопрос о влиянии спорыньи на организм рыб изучался позднее и зарубежными исследователями (Svobodova et al., 1981). Используемые авторами добавки спорыньи (4 и 14%) в корм карпам не привели к явным различиям у экспериментальных и контрольных рыб по общепринятым физиологическим показателям, а патоморфологические различия выражались лишь в повышенной пассивной гиперемии всех паренхиматозных органов у подопытных рыб по сравнению с контрольными. Проведенный хроматографический анализ, кроме того, дал отрицательные результаты на остатки алкалоидов спорыньи в мышечной ткани и гепатопанкреасе подопытных рыб. В целом все эти исследования ставят под сомнение гипотезу, выдвинутую М. М. Соловьевым (1936), и в этом направлении необходимо накопление дополнительных экспериментальных материалов.

Некоторыми авторами (Козлов, 1949; Хнюнин, 1949) отмечалось сходство клиники сартланской болезни и отравлений людей и животных, вызванных потреблением продуктов, содержащих токсины семян жабрея-пикульника. И. Н. Козлов на основании этого высказывает гипотезу лишь о химическом родстве токсических начал этих заболеваний, а И. Д. Хнюнин, также наблюдавший этот токсикоз, высказал следующие соображения по его этиологии: 1) в природе существуют растения, одним из которых является жабрей, содержащие сходные токсические вещества; 2) имеется какой-то микробиологический фактор (грибок, бактерия), который вызывает изменения как в жабрее, так и в пищевых веществах, поедаемых рыбами. Однако непосредственное попадание значительных количеств семян жабрея в водоемы не отмечено ни при одной вспышке сартланской болезни. И хотя это тоже термостабильный и жирорастворимый токсин, однако он действует значительно слабее. Это было показано в экспериментальных исследованиях на животных как по проявлению у них, хотя и аналогичных сартланской болезни, но более стертых клинических признаков, так и по обнаружению значительно более слабых патологоанатомических и патоморфологических изменений в обычно поражаемых при этой болезни внутренних органах (см.: Струсевиц, 1953). Принимая во внимание, что точную природу токсина семян и масла жабрея-пикульника ни эти, ни другие авторы не установили, а также учитывая все вышесказанное, роль этого токсина в возникновении сартланской болезни представляется сомнительной.

Что касается рыбы, всегда бывшей источником заболевания, то еще раз подчеркнем, что она исследовалась в основном лишь на токсичность в опытах на кошках и лабораторных животных (Маркович, 1950; Струсевиц, 1953; Менгель и др., 1974 а, 1974 б). И только в южновосточную и последнюю (на оз. Убинском) вспышки заболевания рыб исследовали подробно биохимически (Шалаев, 1946; Соколов, Грауле, 1987) с целью выяснения природы действующего токсического начала.

Ряд исследователей, наблюдая за одним из важнейших клинических

проявлений сартланской болезни — нервно-мышечной дистрофией, высказал предположение о том, что ее причиной может быть  $B_1$ -авитаминоз, возникающий в организме теплокровных под воздействием тиаминазы, поступающей извне, в частности из рыб, употребляемых в пищу (лит. см.: Биргер и др., 1973). Этот фермент имеется у многих видов рыб в достаточном количестве, а у теплокровных отсутствует. К гипотезе о тиаминазе как источнике токсического начала при сартланской болезни исследователи пришли на основании того, что в ряде случаев значительное улучшение состояния больных при сартланской болезни наступало после добавления в их диету витамина  $B_1$  (Островский, 1963; Сидорова и др., 1985). Высокое содержание тиаминазы в организме рыб показано как отечественными, так и зарубежными исследователями (Suomalainen, Pihlgren, 1955; лит. см.: Биргер и др., 1973). Однако против этой гипотезы имеются достаточно серьезные возражения. Во-первых, в настоящее время доказано, что тиаминаза не является термостабильным веществом, а сартланская болезнь возникала и после употребления рыбы, прошедшей термическую обработку (лит. см.: Berlin, 1948; Биргер и др., 1973). Кроме того, в целом ряде биохимических исследований показана токсичность тиаминазы и для самих рыб, например, в тех случаях, когда ее активность повышалась вдвое (Комаровский, 1970; Маляревская, 1979).

В связи с гипотезой о возможной роли тиаминазы в возникновении сартланской болезни, вероятно, заслуживают внимания данные ряда авторов об активизации тиаминазы рыб, в частности, под влиянием токсинов синезеленых водорослей (Винберг, 1954; Маляревская, 1979; Сиренко, Козицкая, 1988). На это следует обратить особое внимание еще и потому, что очень часто вспышки сартланской болезни прямо связывают со все более увеличивающимся «цветением» воды наших водоемов (Бреслер, 1988 а, 1988 б, 1988 в; Цветков, 1989, и др.). Массовое развитие фитопланктона в период вспышек заболеваний наблюдалось в Гаффском заливе, на оз. Юксово и в некоторых других водоемах (Ласкин, 1939; 1948; Винберг, 1954; Биргер и др., 1973; Машкин и др., 1976). Но масштабы «цветения» воды в этих случаях по сегодняшним меркам оказываются не слишком значительными (Алекин и др., 1985). В последние годы гипотеза о том, что токсичность рыб при сартланской болезни и других заболеваниях может возникать под влиянием синезеленых водорослей в случае их массового развития в водоеме, интенсивно разрабатывается украинскими гидробиологами (см.: Биргер и др., 1973; Маляревская, 1979; Сиренко, Козицкая, 1988, и др.). Однако отождествление причины отравления рыб синезелеными водорослями с токсичностью самих рыб при гаффско-юксовско-сартланской болезни не подтверждено экспериментальной проверкой этой токсичной рыбы на животных (лит. см.: Струсевиц, 1953). Кроме того, далеко не всегда вспышки этого заболевания сопровождаются необычайно сильным развитием синезеленых водорослей в водоемах. В большинстве работ лишь отмечается факт «цветения» воды в неблагополучных водоемах, но, как правило, без приведения данных о количественном и качественном составе фитопланктона. Если же такие материалы имеются, то часто оказывается,

что в количественном и качественном отношении фитопланктон неблагополучных и благополучных озер данной зоны не различался между собой. Этот факт, например, описан для сартланской вспышки, когда летом 1946 г. развитие фитопланктона в оз. Сартлан было не столь уж значительным (Якубова, 1953). Аналогично этому на оз. Убинском, где осенью 1984 г. наблюдалась последняя вспышка сартланской болезни, синезеленые водоросли, известные как продуценты токсических веществ, в составе и структуре фитопланктона и фитобентоса в июле—сентябре того года имели очень небольшое значение (Левадная, 1984); и только в случае вспышки этой болезни на побережье оз. Островное летом 1975 г. отмечено увеличение численности фитопланктона вдвое по сравнению с предыдущими годами (Машкин и др., 1976).

Таким образом, на основании анализа имеющейся литературы уже сейчас можно исключить синезеленые водоросли как причину возникновения сартланской болезни, так как, хотя и были зафиксированы многочисленные случаи заболевания и гибели рыб от синезеленых, ни разу при этом достоверно не регистрировалась сартланская болезнь во всех ее проявлениях на людях и животных. В то же время зарегистрированные случаи гибели рыб на водоемах, где имело место это заболевание (Гафский залив, оз. Юксово, Укш-озеро, оз. Пески и некоторые другие), не дают оснований считать гибель рыб результатом воздействия на них токсинов синезеленых водорослей, так как отмечавшееся «цветение» воды на этих водоемах в периоды вспышки болезни ни разу не описано как достаточно сильное (Ласкин, 1939; Berlin, 1948; Башарина, Курочкина, 1949, и др.). Не отмечено достаточно сильного «цветения» воды и на оз. Убинском в период последней вспышки сартланской болезни (Левадная, 1984), как не было там и гибели рыб (Аршаница и др., 1989).

В связи с неоднократно возникавшими ошибками при установлении диагноза сартланской (гафской, юковской) болезни позволим себе привести результаты теперь уже классических клинических и патоморфологических исследований, выполненных в Ленинграде (1934—1989 гг.) и Новосибирске (1947—1954 гг.). Авторами как небольших, так и диссертационных работ были достоверно установлены основные органы-мишени этого заболевания (лит. см.: Берман, Струсевич, 1957). Так, показано, что у заболевших людей наиболее отчетливые и сильные изменения возникают в нервной (Мандельштам, 1936, цит. по: Берман, Струсевич, 1957; Берман, 1950, 1954) и выделительной (Бурштейн, 1950; Струсевич, 1953, и др.) системах организма. Менее выраженными были изменения в крови и сердечно-сосудистой системе (Бурштейн, Гольдберг, 1950).

Как теперь можно утверждать, самым характерным признаком заболевания всегда являлось поражение нервно-мышечного аппарата, вследствие чего заболевшие прежде всего теряли способность двигаться с момента начала болезни (Карасев и др., 1950; Козлов, Коновалова, 1951; Берман, Струсевич, 1957). Другим весьма специфическим признаком сартланской болезни следует считать и постоянно отмечаемый исследователями темный цвет мочи у больных людей вследствие выхода миоглобина, разрушающегося в мышцах в ходе заболевания (Берман, Струсевич, 1957; Коломиец, 1963; Сидорова и др., 1985). Сам миоглобин,

кроме того, является токсичным для почек, вызывая поражение почечной ткани, а следовательно, и нарушение функции почек, приводящее к общему отравлению организма (Тареев, 1958; Верболович, 1961). И причиной летального исхода заболевания (от 1—2 в ранние вспышки до 5% по данным последних исследований), видимо, можно считать острую почечную недостаточность, вызванную многоглобинурией (лит. см.: Берман, Струсевиц, 1957; Сидорова и др., 1985).

Подробное патоморфологическое исследование сартланской болезни, выполненное А. В. Струсевицем (1953), выявило четкие морфологические эквиваленты описанных ранее клиницистами физиологических нарушений в нервной системе, мышцах, почках. Проведенные автором экспериментальные исследования на кошках позволили еще раз подтвердить как алиментарную природу заболевания (употребление рыбы), так и сходную с таковой у человека клиническую картину. А. В. Струсевицем описаны одинаковые в целом патологические изменения морфологического строения основных систем организма (нервной, мышечной, выделительной) у кошек и человека. Однако имеются и существенные различия (см. таблицу). Поэтому предложенное А. В. Струсевицем (1966) и поддержанное другими исследователями (Чалисов, Хазанов, 1980) название болезни «алиментарно-токсическая пароксизмальная многоглобинурия», хотя и достаточно полно отражает основные признаки заболевания, может использоваться лишь при постановке диагноза у человека (см. также: Тареев, 1958, 1964).

Таким образом, сартланская болезнь, несмотря на ее многостороннюю и достаточно глубокую клиническую и патоморфологическую изученность, особенно у человека, в биологическом плане остается достаточно загадочным явлением и до сих пор нет полной ясности ни в этиологии заболевания, ни в состоянии самих рыб, всегда бывших источником заболевания. Кроме того, нет даже достаточно надежных методов диагностики, что приводит иногда к ошибочному отнесению к сартланской болезни других заболеваний, сходных с ней по отдельным симптомам (лит. см.: Берман, Струсевиц, 1957; Валентик и др., 1984). Нет до сих пор и достаточно хорошей экспериментальной проверки, и тем более моделирования этого заболевания. Такие исследования крайне необходимы для окончательного выяснения как природы этиологического фактора, так и разработки экспресс-методов диагностики. Конечная цель — более быстрое и успешное лечение болезни в случае ее возникновения, а также возможность предупреждения массовых вспышек заболевания. Одним из важнейших звеньев таких исследований является, на наш взгляд, изучение самих рыб.

Как видно из приведенных многочисленных и достаточно разнообразных по характеру данных по изучению сартланской болезни, до настоящего времени ни в одном из случаев не проводилось детального клинического и патоморфологического исследования самих рыб, всегда являющихся источником заболевания людей и животных, хотя необходимость подобных исследований очевидна.

В предлагаемой нами работе ставилась задача сопоставить наблюдаемые клинические и патологоанатомические признаки изменений внут-

**Клинические проявления саргланской болезни и их патологоанатомические  
и патоморфологические эквиваленты в органах рыб, кошек и человека  
(по литературным данным и результатам собственных исследований)**

Объект исследования	ЦНС		Поведенческие реакции	Мышцы	Почки
	головной мозг	спинной мозг			
Рыбы *	Сильные изменения: отек, гиперемия сосудов нервной ткани, некроз нервных клеток	Не исследован	Сильное торможение всех ответных двигательных реакций, особенно общей подвижности	Не исследованы	Умеренные изменения: дистрофия эпителия части канальцев
Кошки	Умеренные изменения: отек, гиперемия сосудов нервной ткани	Сильные изменения: дистрофия гистоструктур поясничного отдела	Умеренное торможение всех ответов; снижение подвижности	Восковидный некроз вплоть до распада мышечной ткани	Умеренные изменения (как у рыб)
Человек	Слабые изменения: точечные кровоизлияния в ткани мозга	Умеренные изменения гистоструктур в диафрагмальном отделе	Слабое торможение всех ответов и резкое снижение подвижности на начальном этапе заболевания	Восковидный некроз ряда мышц	Сильные изменения вплоть до некроза клеток канальцев

\* Аршаница и др., 1989.

Примечание. Летальный исход у рыб наступает редко, у человека — от 1—2 до 5%, у кошек — до 100%.



ренных органов рыб для выяснения вопроса о проявлении сартланской болезни у рыб, являющихся носителем токсического начала для человека, животных и птиц. Это исследование имело целью выяснение общего состояния рыб на момент отлова, а также прогнозирование их адаптивных возможностей на будущее.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отлов рыб (сеголетки пеляди) для клинического, патологоанатомического, паразитологического и гистологического исследований проводился в период вспышки болезни в октябре 1984 г. из различных участков оз. Убинского, рядом с населенными пунктами Черный Мыс, Крещенка, Картан, Елизарово, где болели люди и животные, а также в центральном районе озера. Для сравнения были отловлены также сеголетки сазана, выращенные в рыбопитомнике на берегу озера и посаженные на зимовку в зимовальный комплекс. Эта рыба исследовалась сразу после вылова. Средний вес сеголетков пеляди — 85 г, сазана — 15—50 г. Указанные виды рыб отлавливались в количестве не менее 15 экз. каждый (из них для гистологии — не менее 5 экз.). Для сравнения с рыбой из оз. Убинского одновременно была отловлена рыба тех же видов и возрастов в оз. Сартлан, в окрестностях которого такое заболевание отсутствовало. Повторное обследование рыб в этих озерах было предпринято через два года, т. е. осенью 1986 г., когда уже и на оз. Убинском не зафиксировано ни одного случая заболевания. Для повторного исследования отлавливались рыбы (пелядь, сазан) двух-трехлетнего возраста, следовательно, среди них были и те, которые вызывали заболевание в 1984 г. Этот возраст был выбран с целью выяснения обратимости изменений, обнаруженных в 1984 г. (Аршаница и др., 1989).

При анализе материала начинали с массового клинического и патологоанатомического исследования рыб по методике, применяемой при изучении как инфекционных заболеваний, так и токсикозов рыб (Аршаница, 1970). Одновременно на тех же экземплярах проводилось и паразитологическое исследование рыб по общепринятым методикам.

Для гистологического исследования внутренние органы рыб (мозг, печень, почки, жабры, мышцы, сердце, селезенку и кишечник) после описания внешнего вида фиксировали в жидкости Буэна и готовили препараты (парафин-целлоидиновые срезы толщиной 5—7 мкм) по общепринятым в гистологии методикам. Гистоструктуру органов анализировали на препаратах, окрашенных гематоксилин-эозином. Мозг от рыб 1984 г. окрашивали тоже гематоксилин-эозином для общего исследования, а от рыб 1986 г., кроме того, — паральдегид-фуксином с докраской азокармином для специального исследования гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы как одного из центров регуляции важнейших функций и систем организма.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с тем, что одним из основных условий возникновения сартланской болезни (лит. см.: Ласкин, 1939, 1940; Берман, Струсевиц,

1957; Биргер и др., 1973, и др.) являются изменения в гидрологическом и гидробиологическом состоянии водоема, считаем необходимым привести характеристику оз. Убинского, на котором имела место последняя вспышка этого заболевания осенью 1984 г. Этот водоем площадью 436 км<sup>2</sup> располагается в северо-восточной части Барабинской низменности. Его длина 37 км, средняя глубина 2,1 м. Гидрологическому режиму озера свойственны многолетние колебания уровня с амплитудой до 2 м. В течение года отмечаются сезонные изменения уровня: весенне-летнее (апрель—июнь) повышение и осеннее снижение (Поползин, Савченко, 1985). Указанные авторы на основании литературных данных и результатов собственных исследований, выполненных в начале 80-х годов, делают вывод о том, что оз. Убинское в последние годы, видимо, подвержено усыханию. Однако в 1984 г. в период вспышки заболевания уровень воды в озере и осенью был высоким, причем значительно выше, чем в предыдущем году (Трифонов, 1985).

Из надводной растительности наиболее сильно развиты заросли тростника, камыша, рогоза, а вдали от берегов — подводные заросли рдеста гребенчатого. Всего в озере разными исследователями выявлено 32 вида водных растений-макрофитов. Фитопланктон представлен 30 видами диатомовых и синезеленых водорослей. Зоопланктон разнообразен и насчитывает 43 вида: 26 видов коловраток, 14 — клadoцер, 3 — copeпод. Средняя биомасса отмеченных групп за май—октябрь составляет 4,28 г/м<sup>3</sup> (Рыбное хозяйство..., 1973).

Ценной промысловой рыбой озера считается лещ, для которого имеется хорошая кормовая база, так как бентос водоема представлен 15 видами личинок хирономид, тремя видами ручейников, двумя видами моллюсков. Максимальная биомасса этих групп организмов достигается осенью и составляет 9,28 г/м<sup>2</sup>. В целом же ихтиофауна оз. Убинского представлена 11 видами. Доминируют плотва, окунь, ерш, щука, лещ, налим, язь. Однако в 80-х годах промысловое значение этих видов резко снизилось, что объясняется естественным ухудшением гидрологического и гидрохимического режима водоема (Сецко, Чирькина, 1983). Указанные авторы отмечают, что в последние годы оз. Убинское стало нагульным водоемом для такого ценного представителя сиговых рыб, как пелядь, которая успешно в нем культивировалась с момента вселения в 1981 г. С этим, вероятно, можно согласиться, так как нами было выяснено (по данным экспедиции 1984 г.), что до того, как пелядь (сеголетки) стала причиной заболевания, для нее существовали вполне благоприятные условия роста и нагула, поскольку именно сеголетки в целом хорошо развивались и имели хороший темп роста.

Проведенное нами клиническое исследование сеголетков пеляди из оз. Убинского, отловленных в октябре 1984 г. (в период последней вспышки заболевания), позволило обнаружить такие особенности их состояния, как общую ослабленность, а у некоторых рыб — резкое снижение двигательной реакции на внешние раздражители и даже ее полное отсутствие. Создавалось впечатление, что рыбы не реагировали не только на прикосновение, но даже на процесс вскрытия брюшной полости. Следует учесть, что рыбы вскрывались живыми сразу же после извлечения

их из воды. При аналогичном вскрытии сазана и пеляди из оз. Сартлан у рыб обнаружено нормальное реагирование. В то же время в 1986 г. все рыбы реагировали на вскрытие обычным образом.

Патологоанатомическое вскрытие сеголетков пеляди из оз. Убинского в 1984 г. показало наличие у них отчетливо выявляемых визуально изменений в головном мозгу в виде отека, изменения окраски оболочек мозга и инъекции сосудов; в ряде случаев отмечались кровоизлияния и наличие экссудата. Сеголетки пеляди из оз. Убинского в 1984 г. имели также бледную окраску наружных покровов, отечность жаберной ткани, иногда дискомплексацию ее и очаги локальной гиперемии. Значительные изменения обнаружены в почках — в виде отека, кровенаполнения и увеличения размеров, а также в печени — часто в виде неравномерности окраски, наличия очагов перерождения, краевой гиперемии и др. Кишечник и желудок уменьшены в объеме, нередко имеют спавшийся вид.

Весьма показательно, что при исследовании рыб из озер Убинского и Сартлан в 1986 г. и у пеляди, и у сазана патологоанатомическая картина была сходной и почти не имела отклонений от обычной, т. е. наблюдаемой у рыб в естественных условиях обитания. У пеляди иногда еще встречалась слабая желтушность и отечность печени, реже — гиперемия. В почках пеляди у отдельных рыб можно было отметить отечность, в жабрах — анемию.

При просмотре гистологических препаратов внутренних органов сеголетков пеляди, отловленных в октябре 1984 г. в озерах Убинском и Сартлан, у рыб из обоих озер отмечены патологические изменения, выраженные в разной степени. Слабее всего изменена гистоструктура органов у сеголетков из оз. Сартлан: отмечены только точечные кровоизлияния в ткани мозга, скопления клеток лимфоидного типа в миокарде, наличие в паренхиме печени значительного количества увеличенных в размерах купферовских клеток. В цитоплазме этих клеток выявляется интенсивно окрашенная гематоксилином зернистость. Наблюдается также разрастание оснований части жаберных лепестков. В селезенке и кишечнике патологических изменений не обнаружено. В почке лишь изредка выявляется дистрофия канальцев. Внешний вид всех органов также почти не изменен.

У пеляди из оз. Убинского, где имела место вспышка болезни, патологические изменения внутренних органов выражены значительно сильнее: отмечены перичеллюлярные и периваскулярные отеки мозга и его оболочек, множественные точечные кровоизлияния, дегенеративные изменения в цитоплазме нервных клеток. В сердце выявлены мелкие кровоизлияния и скопления лимфоидных клеток в миокарде. Такие же лимфоидные скопления встречаются и в ткани печени. Кроме того, в печени обнаруживается большое количество увеличенных в размерах купферовских клеток с грубозернистой цитоплазмой, имеет место вакуольная, скорее всего жировая дистрофия гепатоцитов. В жабрах отчетливо выражено воспаление оснований жаберных лепестков, а в отдельных участках наблюдается некроз жаберных лепестков.

У пеляди, отловленной на тех же озерах осенью 1986 г., т. е. спустя

два года после вспышки сартланской болезни (причиной которой она являлась), обнаружена значительная нормализация гистоструктуры внутренних органов по сравнению с таковой в 1984 г. Так, у рыб из обоих озер совершенно отсутствуют патологические картины в мозге, кровенаполнение которого более или менее равномерное. Обычную гистоструктуру обнаруживают сердце и селезенка. В печени рыб из обоих озер можно лишь отметить слегка повышенное полнокровие крупных и мелких сосудов. У некоторых рыб в печени наблюдается небольшое расширение межклеточных пространств, причем в большинстве случаев это сопровождается более или менее ярким цветом самой печени и некоторой ее отечностью. Число макрофагов в печени этих рыб сравнительно невелико, они имеют плотные ядра и небольшие размеры. Основные клеточные элементы — гепатоциты слегка вакуолизированы лишь в отдельных участках органа. В почках отмечаются также незначительные нарушения гистоструктуры, и в основном это проявляется в расширении пространства между клубочком и окружающей его капсулой. В этом пространстве иногда видны скопления плазмы крови и может быть вакуолизирована цитоплазма клеточных элементов самих клубочков. У пеляди из оз. Сартлан в 1986 г. в почках нами не выявлено патологических нарушений гистоструктуры в отличие от пеляди из оз. Убинского. Гистологическое строение жабр, напротив, у пеляди из оз. Убинского не имеет существенных патологических отклонений. Лишь у отдельных рыб из оз. Убинского жабры несколько более отечны, а их внутреннее строение обнаруживает некоторые изменения в виде повышенной гиперемии крупных и мелких сосудов. Наблюдаются также булавовидные утолщения жаберных лепестков и размытость структуры самих лепестков.

При паразитологическом исследовании рыб выявлены лишь единичные случаи заражения глаз пеляди метацеркариями трематод рода диплостомум. У сазана из питомника отмечено заражение единичными экземплярами дактилогирусов, триходин и апиозом. Обнаруженные паразиты специфичны для рыб и не являются возбудителями заболеваний человека и животных, а следовательно, они не могли быть причиной болезни людей на оз. Убинском.

Особенности клинического состояния рыб, отловленных в оз. Убинском в 1984 г., и обнаруженные у них при вскрытии патологоанатомические изменения можно объяснить некоторым сходством с картиной сравнительно длительного воздействия сублетальных концентраций токсических веществ наркотического действия.

Некоторые авторы высказали гипотезу, что отравление ядами наркотического действия может быть причиной многобинурии у человека (Гогин, Пермьяков, 1963). Особенностью действия наркотического начала в данном случае можно считать его выраженное влияние на нервную систему рыб, что подкрепляется как их поведенческими реакциями, так и данными наших патологоанатомических и патоморфологических исследований. Наблюдаемый эффект, по нашему мнению, можно назвать наркотическим.

Анализ эпизоотологических данных и паразитофауны рыб в 1984 г.

на оз. Убинском в сочетании с отдельными данными по обследованию рыб в случаях проявления сартланской болезни на других водоемах не дает основания считать это заболевание рыб инфекционным (Маркевич, 1937; Бауэр, 1950; Гольдберг, 1953; лит. см.: Берман, Струсевиц, 1957, и др.). Это также исключает инфекционную природу возникновения сартланской болезни у человека и животных.

Показательно, что при исследовании рыб из оз. Убинского в 1986 г., когда вспышка заболевания прекратилась, отмеченные у них в 1984 г. особенности клинического, патологоанатомического и патоморфологического проявлений болезни отсутствовали. Заслуживает внимания тот факт, что проведенные исследования на оз. Убинском показали отсутствие практически значимых организованных источников антропогенного загрязнения водоема. Анализ предыдущих вспышек заболевания на других водоемах также не обнаружил связи между прямым антропогенным загрязнением водоема и возникновением заболевания, хотя в период гаффской вспышки и выдвигались различные гипотезы, в дальнейшем не получившие подтверждения (Блох, 1927; лит. см.: Берман, Струсевиц, 1957). Более вероятно влияние токсина природного происхождения, синтезируемого в самом водоеме. Его источником, как предполагали исследователи юксовской вспышки, а также заболевания на оз. Сартлан, может быть любой компонент водоема от ила до фитопланктона (Маркевич, 1937; Ласкин, 1939, 1948; Гольдберг, 1953; Струсевиц, 1953; Берман, Струсевиц, 1957, и др.). Вероятнее всего, это представители микрофлоры, грибов или водорослей. Однако в отношении первых двух компонентов нам не встретилось ни одной работы, кроме исследования спорыньи в сартланскую вспышку (Козлов, 1949), где бы они назывались в качестве возможного источника токсина, попадающего в рыбу. Зато достаточно много исследований было выполнено по влиянию токсинов синезеленых водорослей на рыб, но, как мы уже упоминали, почти ни разу не было достоверно зафиксировано сочетания достаточно сильного «цветения» воды со вспышкой сартланской болезни (Биргер и др., 1973; Машкин и др., 1976). Гипотеза о влиянии синезеленых водорослей представляет интерес лишь потому, что их токсины могут также вызывать эффект типа наркотического, что проявляется в вялости и снижении двигательной активности рыб за счет повышения в их организме активности фермента тиаминазы и возникающего вследствие этого В<sub>1</sub>-авитаминоза, приводящего затем к нарушениям в нервной системе рыб (лит. см.: Биргер и др., 1973; Горюнова, Демина, 1974; Сиренко, Козицкая, 1988).

В свою очередь, рыбы, являясь носителями действующего начала, способного накапливаться в организме, оказывают выраженное токсическое влияние на теплокровных, использующих их в пищу, с неизменным вовлечением в этот процесс нервной системы (Берман, 1950, 1954; Струсевиц, 1950, 1953; Мандельштам, 1936, цит. по: Берман, Струсевиц, 1957, и др.). Именно такое действие проявилось на теплокровных животных, употреблявших в пищу рыб из оз. Убинского в 1984 г. И если тиаминазу нельзя исключить как одно из действующих начал, то еще большего внимания заслуживает гипотеза о вхождении в состав

токсина ненасыщенных жирных кислот, выдвинутая биохимиками при изучении последнего случая заболевания и отчасти проверенная ими в опытах на мышах (Соколов, Грауле). Однако отсутствие полного сходства известных клинических проявлений болезни у кошек с наблюдаемыми на мышах не позволило авторам дать окончательное заключение. Но в отношении ненасыщенных жирных кислот у пеляди интересен тот факт, что они и в норме содержатся в достаточном количестве в мышцах этих рыб и их внутренних органах (Ушкалова и др., 1981) и потому вряд ли могут быть токсинами без изменения своих обычных свойств.

Результаты выполненного нами клинического и патоморфологического анализа рыб (сеголетков пеляди) из оз. Убинского в период вспышки заболевания дают основания считать выявленные особенности их состояния проявлением сартланской болезни, поскольку сходные симптомы отмечались многочисленными исследованиями как у людей, так и у кошек (лит. см.: Берман, Струсевиц, 1957). Однако этот патологический процесс у пеляди, вероятно, можно считать обратимым, так как интоксикация рыб оказалась преходящей и не повлияла на основные физиологические функции их организма и, что немаловажно, на центральное регуляторное звено — нейроэндокринную систему. Нормализация состояния рыб подтверждается хорошим темпом роста их в течение последующих двух лет, высокой упитанностью и обычным состоянием гонад в трехлетнем возрасте. Общее количество пеляди в озере к 1986 г. также значительно увеличилось. Обратимость проявлений данного заболевания у рыб подтверждается и результатами наших клинических и патоморфологических исследований, выполненных в 1986 г. когда у рыб из обоих озер не обнаруживалось резких различий ни в их общем состоянии, ни в состоянии внутренних органов.

Следовательно, можно считать, что в 1984 г. в оз. Убинском у пеляди имел место хронический токсикоз без летальных последствий. Он характеризовался отчетливыми клиническими проявлениями, типичными для сартланской болезни, и неспецифическими патологоанатомическими и патоморфологическими признаками. Однако, к сожалению, примененные гистологические методики не могут быть использованы для ранней диагностики накопления токсина в теле рыб, да и в настоящее время таких методов не существует. Для их создания необходимы специальные экспериментальные исследования, среди которых важнейшими мы считаем проверку всех возможных звеньев трофической цепи, обеспечивающей в конечном итоге попадание токсического начала из рыб в организм человека (см. также: Ласкин, 1939; 1948; Гольдберг, 1953; Струсевиц, 1953).

## ЛИТЕРАТУРА

Алекин О. А., Дробкова В. Г., Коплан-Дикс И. С. Проблема эвтрофирования континентальных вод. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Черноголовка, 1985: 25—34.

Аршаница Н. М. Практика патологоанатомического метода исследования в водной токсикологии. — В кн.: Памятная записка о симпозиуме по основным методам определения длительного влияния токсичности вод на водные организмы. Л., 1970: 79—81.

Аршаница Н. М., Онищенко Л. С., Воронин В. Н. Материалы патоморфологических и эпизоотологических исследований у рыб в связи с сартланской болезнью.— В кн.: Алиментарный токсический миелиз. Новосибирск, 1989.

Баер О. Н. Паразитофауна окуня озера Сартлан и причины ее постепенного обеднения.— Труды Барабинского отд-ния ВНИОРХ, 1950, 4: 55—58.

Башарина А. А., Курочкина Э. В. Гаффская (юксовская) болезнь в Карело-Финской ССР.— Гигиена и санитария, 1949, 2: 31—34.

Берман Ю. З. Состояние нервной системы при гаффской (сартланской) болезни.— В сб.: Итоговая за 1949 год науч. конф. НГМИ и ГИДУВа (Тез. докл.). Новосибирск, 1950: 149—150.

Берман Ю. З. Поражение нервной системы при сартланской болезни. Автореф. канд. дис. Новосибирск, 1954: 14 с.

Берман Ю. З., Струсович А. В. Сартланская болезнь.— Труды Новосибирск. мед. ин-та, 28, 1957: 1—111.

Биргер Т. И., Малхазян А. Я., Арсан О. М. К этиологии гаффской (юксовско-сартланской) болезни. Гидробиол. журн., 1973, 9, 2: 115—126.

Блах И. Die Haffkrankheit — Гигиена и эпидемиология. 1927, 8: 58—65.

Бреслер В. М. Лучше не купаться.— Природа и человек. 1988 а, 7: 45—46.

Бреслер В. М. Что с Ладогой? — Ленинградский рабочий, 1988 б, № 24: 11.

Бреслер В. М. Гаффская болезнь: месь «цветущей» воды.— Смена, 1988 в, № 188: 2.

Бурштейн М. П. Об изменениях крови и мочи при сартланской болезни.— В кн.: Итоговая за 1949 год науч. конф. НГМИ и ГИДУВа (Тез. докл.). Новосибирск, 1950: 62—63.

Бурштейн М. П., Гольдберг И. А. Кровяное давление и частота пульса при сартланской болезни.— Там же: 61—62.

Валентик М. Ф., Сердюков А. Е., Фокин Г. И. О вспышке юксовско-сартланской (гаффской) болезни в Убинском и Каргатском районах Новосибирской области.— Информ. письмо Новосиб. облисполкома. Обл. отдел здравоохранения. Новосибирск, 1984: 2 с.

Верболович П. А. Многлобин и его роль в физиологии и патологии животных и человека. М., 1961: 172—177.

Винберг Г. Г. Токсический фитопланктон.— Усп. соврем. биологии. 1954, 38 (2): 216—226.

Гогин Е. Е., Пермяков Н. К. Многлобинурия.— БМЭ, 1963, 15: 268—270.

Гольдберг Л. И. К гидробиологии озера Сартлан в связи с изучением сартланской болезни.— Труды Томск. гос. ун-та, 1953, 125: 249—254.

Горюнова Е. В., Демина И. С. Водоросли — продуценты токсических веществ. М., 1974: 256 с.

Карасев К. Г., Гельфман А. Е., Бурштейн М. П., Потетня А. С. Клиника сартланской (гаффско-юксовской) болезни.— В кн.: Итоговая за 1949 год науч. конф. НГМИ и ГИДУВа (Тез. докл.). Новосибирск, 1950: 5—28.

Козлов И. Н. Некоторые данные о токсичности сорняка — пикульника.— Сб. работ по вопросам гигиены питания. Новосибирск, 1949: 5—28.

Козлов И. Н. Проблема гаффско-юксовской болезни.— В сб.: Тез. докл. науч. сессии Ин-та питания АМН СССР (2—6 февраля 1952 г.). М., 1952: 61—62.

Козлов И. Н., Коновалова Г. А. Гаффско-юксовское заболевание в районе озера Сартлан.— Гигиена и санитария. 1951. 7: 43—47.

Коломиец Л. М. О многлобинурии типа юксовской болезни.— Врач. дело. 1963, 2: 143—146.

Комаровский Ф. Я. О некоторых патологических изменениях у рыб под влиянием синезеленых водорослей.— Гидробиол. журн., 1970, 6, 2: 131—132.

Кузнецов С. В., Зарубин Ю. И. Случай юксовско-сартланской болезни в Каргапольском районе Курганской области.— В сб.: Тез. докл. симпозиума «Болезни и паразиты рыб Ледовито-морской провинции (в пределах СССР)». Тюмень, 1971: 32—34.

Ласкин В. Е. Юксовская болезнь.— Сов. врач. журн., 1939, 9: 501—506.

Ласкин В. Е. Эпидемиологические и экспериментальные данные по юксовской болезни (Haffkrankheit).— Тезисы к канд. дис. Л., 1940: 4 с.

Ласкин В. Е. К истории возникновения и изучения юксовской (гаффской) болезни.— Гигиена и санитария, 1948, 10: 44—49.

Левадная Г. Д. (Отв. исполн.). Научный отчет по разделу: «Фитопланктон и фитобентос озера Убинского в 1984 году». ЦСБС. Новосибирск, 1984: 41 с.

Лещенко П. Д., Хорошилова Н. В., Слипченко Л. М., Казначей Р. Я. Наблюдение гаффско-юксовской болезни.— Вopr. питания, 1965, 24: 6: 73—76.

Маларевская А. Я. Обмен веществ у рыб в условиях антропогенного эвтрофирования водоемов. Киев, 1979: 254 с.

Маркевич А. П. Матеріали з дослідження фауни паразитів риб озера Юксово (Ленінград. обл.).— Наукові записки Біол. зб. Видання Київск. держ. ун-ту, 1937, 3: 363—379.

Маркович Л. X. О токсичности сартланской рыбы.— В кн.: Итоговая за 1949 год науч. конф. НГМИ и ГИДУВа (Тез. докл.). Новосибирск, 1950: 63—64.

Машкин Л. Н., Никулина В. Н., Рассохина И. Н., Ветрова Т. И. Исследования сартланской (гаффской, юксовской) болезни.— Информ. листок № 584—76 Алтайского межотраслевого ЦНТИ. Барнаул, 1976: 3 с.

Менгель И. В., Зарубин Ю. И., Махнина Ю. К. К вопросу о гаффско-юксовской болезни в Курганской области.— В кн.: Новые методы и опыты оздоровления рыбохозяйственных водоемов от заразных болезней рыб. М., 1974 а: 116—119.

Менгель И. В., Зарубин Ю. И., Махнина Н. К. О гаффско-юксовском заболевании в Зауралье.— Ветеринария, 1974 б, 7: 102—103.

Мещерская-Штейнберг К. А. Фармакологическое воздействие на процессы тканевых дистрофий.— В кн.: Фармакология патологических процессов. М., 1951: 113—128.

Нихинсон И. М., Чернов И. П., Бруслевич Б. В., Ваксман А. Н., Варшавская И. В. О заболевании гаффско-юксовской болезнью в Харьковской области.— В кн.: Гигиена (Под ред. Л. И. Медведева). Киев, 1964: 492—496.

Островский Ю. М. Тиаминназа.— БМЭ, 1963, 10: 32: 159—160.

Поползин А. Г., Савченко Н. В. Современное состояние природных ресурсов озера Убинского Западной Сибири.— В кн.: Проблемы исследования крупных озер СССР. Л., 1985: 236—239.

Ржавская Ф. М. Жизнь рыб и морских млекопитающих. М., 1976: 470 с.

Рыбное хозяйство озера Убинского и пути его развития. Новосибирск, 1973: 34—55.

Сецко Р. И., Чирькина Л. И. Запасы промысловых рыб оз. Убинского.— В кн.: Биологические основы рыбного хозяйства Западной Сибири. Новосибирск, 1983: 92—94.

Сидорова Л. Д., Иерусалимская Л. А., Валентик М. Ф. и др. Поражение почек при алиментарно-токсической пароксизмальной миоглобинурии (юксовско-сартланская болезнь).— Тер. архив. 1985, 57, 10: 120—123.

Сиренко Л. А., Козицкая В. Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. Киев, 1988: 256 с.

Соловьев М. М. К вопросу о причинах гаффской болезни.— Изв. АН СССР. сер. биол., 1936, 2: 605—608.

Струсевиц А. В. Патоморфология сартланской болезни.— В кн.: Итоговая за 1949 год науч. конф. НГМИ и ГИДУВа (Тез. докл.). Новосибирск, 1950: 64—66.

Струсевиц А. В. Патологическая морфология сартланской (гаффской, юксовской) болезни. Автореф. канд. дис. Новосибирск, 1953: 32 с.

Струсевиц А. В. Алиментарно-токсическая пароксизмальная миоглобинурия (гаффская, юксовская, сартланская) болезнь.— Архив патол., 1966, 28, 7: 56—60.

Тареев Е. М. Поражение почек при юксовско-сартланской (гаффской) болезни.— В кн.: Нефриты. М., 1958: 131—132.

Тареев Е. М. Юксовско-сартланская болезнь.— БМЭ, 1964, 35: 929—931.

Трифонов О. В. (Отв. исполн.). Отчет о научно-исслед. работе: Дать характеристику экологического состояния озера Убинское. Новосибир. отд-ние Сиб-рыбНИИпроект, 1985: 56 с.



Ушкалова В. Н., Сторожок Н. М., Артамонова Н. А., Горяев М. И. Изучение жира сиговых в качестве сырья для получения лекарственных препаратов.— В кн.: Материалы 4 Всерос. съезда фармацевтов. Воронеж, 1981: 463—464.

Хинюнин И. Д. Острый алиментарный миозит (гаффско-юксовская болезнь).— Гигиена и санитария, 1949, 2: 34—39.

Цветков С. Ладого нужен хозяин.— Знание — сила, 1989, 5: 11—15.

Чалисов И. А., Хазанов А. Т. Алиментарно-токсическая пароксизмальная миоглобинурия (юксовская болезнь).— В кн.: Руководство по патологической диагностике важнейших инфекционных заболеваний человека. Изд. 2-е, Л., 1980: 210—211.

Шалаев А. А. Некоторые данные о гаффской болезни.— Гигиена и санитария, 1946, 9: 47—50.

Якубова А. И. Растительность озера Сартлан и ее изменения в связи с колебаниями уровня воды.— Труды Томского гос. ун-та, 1953, 125, сер. биол.: 223—248.

Berlin R. Haff disease in Sweden.— Acta Med. Scand., 1948, 129, 6: 560—672.

Jorgensen G. Thiaminase-aktiviteten i fiskeensilage.— Dansk. Pelsdyravl., 1977, 40, 5: 166—167.

Suomalainen P., Pihlgren A.-M. On the thiaminase activity of fish and some other animals and on the preservation of thiaminase in silage made from fish.— Acta Agr. Tenn., 1955, 83: 221—228.

Svobodova Z., Piskas A., Froch L., Faina R., Havlikova J. Vliv Krmiva s přítomností námele (*Claviceps purpurea*) na zdravotní stav karpí.— Zvoč výroba, 1981, 2611: 837—844.

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЧЕТКА ОЗЕРА БЕЛОГО

*Ю. В. ЛАДАНОВ*

В настоящее время моделирование сложных биологических систем и процессов является уникальным методом получения информации о их функционировании. Этот метод позволяет подойти вплотную к решению такого важного вопроса рыбохозяйственных исследований, как прогнозирование численности популяций (или взаимосвязанных в сообществе популяций), и, следовательно, оптимизировать вылов ценных промысловых видов рыб.

На сегодняшний день создано большое число моделей популяций (Казанский, 1977; Казанский, Коваль, 1980; Конторин, 1977; Криксунов, Меншуткин, 1981; Жаков, 1984; Михайлов и др., 1985; Thompson, Cauley, 1979) и сообществ рыб (Крогнус и др., 1969; Меншуткин, 1971; Жаков, Меншуткин, 1974, 1975; Казанский, 1981; Никитин и др., 1983; Ладанов, Тихонов, 1985; Имитационное моделирование..., 1987; Andersen, Ursin, 1978, и др.), реализованных на электронно-вычислительной технике.

При всем многообразии структур моделей их объединяет одно обстоятельство. Перемещение рыб в водоеме или учитывается в неявном виде, или совсем не принимается во внимание. Точечность подобных моделей определяется поставленными задачами, свойствами моделируемого объекта, отсутствием эмпирических данных по пространственному распределению рыб и кормовой базы водоема. Кроме того, невозможность решения подобного рода задач обуславливалась до недавнего времени чисто технической проблемой — ограниченностью оперативной памяти ЭВМ. Основой созданных моделей являются трофические взаимодействия типа «хищник—жертва» или, в более общем виде, «потребитель—кормовой ресурс».

Для более адекватного описания моделируемого объекта требуется разработка новой стратегии моделирования, основанной на учете пространственной структуры популяции. Реализация такого подхода особенно оправдана в тех случаях, когда объект моделирования, в данном случае рыбы, распределен в водоеме с различной плотностью и постоянно

перемещается. Примером могут служить объекты океанического промысла с большим ареалом распространения — от одного или нескольких градусов до 30 и более (Трещев, 1983). Учет пространственной структуры необходим и для рыб крупных озер и водохранилищ, совершающих значительные нерестовые, нагульные, зимовальные миграции. Кроме того, промысел и нерест рыб связаны, как правило, с определенными районами и носят сезонный характер. Недостаточной разработанностью принципов пространственного моделирования объясняется отсутствие моделей речных популяций и сообществ рыб, так как точечная модель не в состоянии отразить многообразие биотопов реки с характерным для них видовым составом рыб и структурой кормовой базы.

Целью настоящей работы было создание и реализация на ЭВМ имитационной модели пространственного распределения снетка *Osmerus eperlanus eperlanus m. spirinhus* (Pallas, 1811) оз. Белого (Вологодская обл.).

Озеро Белое, входящее в состав Череповецкого водохранилища, является важнейшим рыбопромысловым водоемом снетково-судачьего типа (Водоватов, Серенко, 1981). Площадь озера при НПУ равна 1284 км<sup>2</sup>, средняя глубина 4,1 м, максимальная — 5,4 м. Озеро мезотрофное, зарастаемость высшей водной растительностью слабая — 1% площади (Распопов, 1985).

Белозерский снеток, как и снеток других мелководных озер, испытывает значительные колебания численности. По данным промысловой статистики, величины уловов снетка разнятся в десятки раз (Иванова, 1982; Серенко, 1983).

Кормовая база и питание снетка изучены в достаточной степени (Пидгайко, 1965; Изюмова и др., 1977; Смирнова и др., 1981; Пихтова, 1981 а, 1981 б, 1982, 1985; Иванова, 1982). Относительная численность снетка, потребляющего рыбу (молодь уклей и собственных сеголетков), невелика, а в некоторые годы снетки-хищники вообще отсутствуют (Иванова, 1982). Исходя из имеющихся сведений и для простоты описания трофических связей в модели, снеток по типу питания представлен как «чистый» планктофаг.

Данные по степени использования снетком кормовой базы взяты из расчетов за вегетационный период 1978 г., поскольку за этот год «изучение зоопланктона и питания рыб проводилось наиболее подробно, а также потому, что 1978 год был средним как по метеорологическим характеристикам, так и по запасам рыб-планктофагов и их пищевых объектов» (Пихтова, 1982, 1983).

Лов снетка на Белом озере приурочен к периоду его нереста, пик которого приходится обычно на первую декаду мая (Водоватов, Серенко, 1981). Индивидуальная абсолютная плодовитость снетка колеблется от 2350 до 4000 икринок по данным различных авторов (Морозова, 1955; Володин, 1972).

Модель пространственного распределения снетка по своим характеристикам относится к классу имитационных, детерминированных, непрерывно-дискретных. В основу модели при описании трофических взаимодействий положен вещественно-энергетический подход (Винберг,

1962; Винберг, Анисимов, 1966, Меншуткин, Умнов, 1970), который использовался для создания точечных моделей популяций и сообществ рыб.

В соответствии с традиционно сложившейся методикой изучения кормовой базы рыб и ихтиоценоза в целом озеро в модели представлено в виде сетки из 52 квадратов, каждый со стороной 5 км. Карта Белого озера размерностью 7×9 квадратов (рис. 1) входит в блок ввода информации. Незаштрихованные квадраты означают акваторию озера, квадраты со штриховкой — сушу.

Выбор временного шага модели определяется поставленной задачей и характером имеющихся входных данных. Исследования кормовой базы сообщества рыб Белого озера, и сетка в частности, наблюдения за некоторыми абиотическими факторами (например, за температурным режимом) позволяют сделать временной шаг модели равным 1 месяцу.

Блок-схема модели популяции снетка на уровне алгоритма расчета представлена на рис. 2. Модель представляет собой систему блоков, работающих в определенной последовательности. Перед началом работы модели в нее вводится исходная информация (блок 1). Это начальная численность снетка, распределенного равномерно по всей акватории озера, суточные пищевые рационы снетка по возрастным группам, температурные поправки к расчету интенсивности питания, карта озера и четыре сезонные карты продукции зоопланктона по квадратам. Такая карта представляет собой таблицу усредненных величин продукции зоопланктона в каждом квадрате за те месяцы, в которых эти величины близки. Таким образом, в модели существуют следующие условные сезоны года: лето (июнь — август), осень (сентябрь, октябрь), зима (ноябрь — апрель) и весна (май). В цикле по месяцам в зависимости от порядкового номера месяца выбирается та или иная пространственная карта сезонной продукции зоопланктона (блоки 10, 12 на рис. 2). На основе данных С. Н. Половковой (1975) в модели принимается, что снеток всех возрастных групп за вегетационный период потребляет 85% своего годового рациона.

В логическом блоке 5 определяется месяц нереста. В модели нерест, промысел и начало жизни снетка приходятся на май.

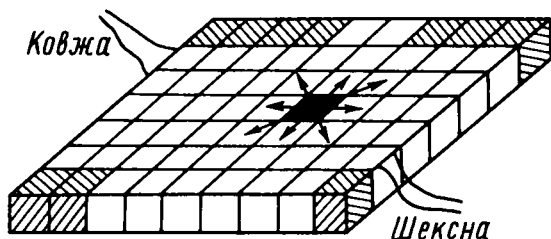


Рис. 1. Карта Белого озера (пояснения см. в тексте).

В блоках 13 и 17 выполняется расчет рациона каждой возрастной группы снетка ( $CS_i$ ) и популяции в целом ( $CS$ ) по квадратам озера:

$$CS_i = N_i C_i T_k, \quad (1)$$

$$CS = \sum_{i=1}^4 CS_i, \quad (2)$$

где  $C_i$  — пищевой рацион одного снетка  $i$ -й возрастной группы;  $T_k$  — температурная поправка.

Отношение рациона снетка в данном квадрате к продукции зоопланктона ( $P$ ) дает величину напряженности пищевых отношений ( $Q$ ) в этом квадрате:

$$Q = CS / P \cdot k, \quad (3)$$

где  $k$  — коэффициент доступности корма.

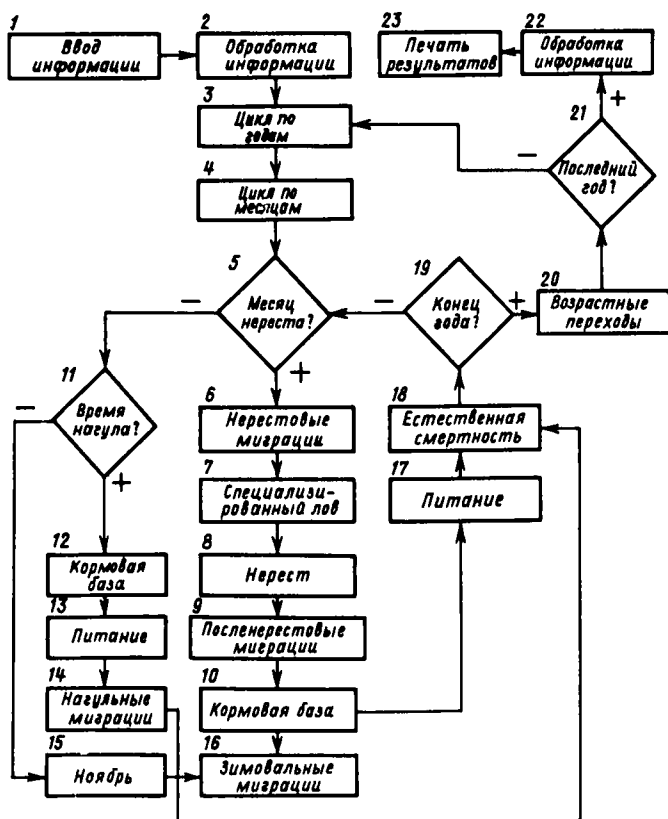


Рис. 2. Блок-схема модели на уровне алгоритма расчета.

В блоке 14 «Нагульные миграции» определяется доля снетка, вынужденного уйти из квадрата (DMR). Это происходит в том случае, если продукция зоопланктона в этом квадрате равна нулю или напряженность пищевых отношений больше единицы (т. е. величина продукции зоопланктона меньше величины рациона части популяции снетка, находящейся в рассматриваемом квадрате). И в том и в другом случае  $Q$  принимается равным 2:

$$DMR = Q - 1 \quad (4)$$

Численность снетка, покидающего квадрат ( $NN_i$ ), определяется формулой:

$$NN_i = N_i DMR / KF, \quad (5)$$

где  $KF$  — количество соседних квадратов, в которые возможен переход. Максимально возможное число таких квадратов — 8. Такая ситуация проиллюстрирована на рис. 1, когда снеток, находящийся в одном из центральных квадратов (на рисунке закрашен черным цветом), может перейти в соседний при условии меньшей напряженности трофических отношений в нем. Теоретически возможен вариант, когда  $Q$  и в рассматриваемом, и в соседних квадратах больше единицы, что, очевидно, должно вести к большей смертности рыб в данном участке озера. Однако при достаточно хорошей кормовой базе для рыб-планктофагов реально такая ситуация в озере не возникает и, следовательно, в модели не рассматривается.

Внутренний временной шаг модели в блоке «Нагульные миграции» составляет пять дней. Он введен с целью соответствия пространственного и временного шагов с учетом средней крейсерской скорости перемещения снетка по озеру. Таким образом, за месяц снеток может максимально пройти 6 квадратов, что обеспечивает ему возможность пересечь озеро практически в любом направлении. Это используется при имитации подхода снетка в места нереста (устье р. Ковжи), который в модели жестко регламентируется и приходится на май.

В конце каждого месяца рассчитывается численность возрастных групп снетка с учетом естественной смертности (блок 18):

$$N_i^{k+1} = N_i^k (1 - SM_i^k), \quad (6)$$

где  $N_i^{k+1}$  — численность снетка  $i$ -й возрастной группы в  $k+1$  месяце;  $N_i^k$  — численность снетка  $i$ -й возрастной группы в предыдущем месяце;  $SM_i^k$  — условные коэффициенты смертности (Рикер, 1979)  $i$ -й возрастной группы за  $k$ -й месяц.

В блоках 19—21 осуществляются возрастные переходы в популяции снетка и переход работы модели на первый шаг (месяц) следующего года ( $YEAR+1$ ). При  $k=1$  (май) в работу включаются блоки 6—9.

В блоке 7 «Промысел» рассчитывается численность возрастных групп снетка с учетом естественной и промысловой смертности ( $SF_i$ ):

$$N_i = N_i (1 - SM_i) (1 - SF_i), \quad (7)$$

В блоке 8 «Нерест» вычисляется плодовитость каждой возрастной группы снетка ( $E_i$ ) и популяции в целом ( $E$ ). Принимается, что соотношение полов в популяции во всех возрастных группах равно 1:1:

$$E_i = N_i / 2AP_i, \quad (8)$$

$$E = \sum_{i=1}^4 E_i, \quad (9)$$

где  $AP_i$  — абсолютная плодовитость  $i$ -й возрастной группы. Численность сеголетков описывается в модели кривой Рикера, в которой правая нисходящая ветвь (отображающая переполнение нерестилищ и уменьшение величины пополнения от увеличения количества производителей) заменена горизонтальной линией (Larkin, Hourston, 1964):

$$N = \alpha \cdot E \cdot \exp(-\beta E), \quad (10)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  — коэффициенты в формуле Рикера.

В блоках 19—21 осуществляется переход моделируемой системы на следующий шаг работы модели.

Модель пространственного распределения снетка Белого озера реализована в вычислительном центре Ярославского государственного университета, программа написана на алгоритмическом языке ПЛ/1.

Выходом модели является печать на каждом шаге работы карт пространственного распределения снетка по возрастным группам и районам озера, величин вылова, таблиц напряженности пищевых отношений в различных квадратах озера и т. д.

Идентификация модели проводилась во время ее построения и отладки, а также по данным ежегодных траловых съемок для определения численности основных промысловых рыб озера. На рис. 3 представлена карта распределения снетка по данным модели (знаменатель) и тралового учета численности снетка в озере (числитель) за 1978 год. Пересчет материалов траловой съемки для определения абсолютной численности снетка сложен в связи с определением многих коэффициентов (например, коэффициента уловистости снетка тралом), и может лишь усугубить ошибку полевых исследований. Для того, чтобы избежать этого пересчета при идентификации модели, колебания численностей снетка в различных квадратах укладываются в 6-балльную шкалу, где 1 балл соответствует минимальной численности, а 6 — максимальной. Сравнение пространственного распределения снетка по реальным и модельным данным показывает достаточно хорошую сходимость результатов, за исключением некоторых районов, где наблюдаются диаметрально противоположные величины численности. Как в модели, так и по данным учета прослеживается тенденция увеличения плотности снетка в северо-западном районе озера и вдоль фарватера Волго-Балтийского водного пути, проходящего с северо-запада на юго-восток.

Построенная имитационная модель пространственного распределения снетка по своему содержанию является экологической и не отражает многих вопросов, связанных с более детальным изучением механизма

				/4	/4			
/6	5/5	5/4	1/1	/1	3/1	2/3	/4	/4
/5	5/6	3/2	1/1	3/1	3/1	2/1	1/1	/4
/4	5/5	2/5	4/5	4/3	3/1	3/2	1/4	3/4
5/4	4/1	1/2	/5	3/5	3/5	3/2	2/2	/4
/4	2/3	2/3	1/2	1/2	1/5	3/5	2/5	/4
		2/4	/4	1/2	2/3	2/5	3/4	

Рис. 3. Карта пространственного распределения снетка (пояснения см. в тексте).

миграций рыб. В модели, например, не принимаются во внимание изменения физиологических параметров состояния рыбы. Такие упрощения сделаны осознанно, чтобы избежать неоправданного усложнения модели.

Тем не менее, учитывая недостаточное знание механизма миграций снетка и принцип omnipotentности действующих на него факторов, следует признать формальность наших представлений о моделируемом объекте. Безусловным ограничением модели является достаточно грубое представление о воздействии на популяцию снетка целого комплекса биотических и абиотических факторов среды, так называемого «экологического фона» (Кашкин, 1986). Так, реальное распределение снетка по озеру определяется множеством факторов, но в модели учитывается только величина биомассы зоопланктона в разных районах озера, а внутривидовые связи, имеющие взаимозависимый характер и играющие важную роль в сообществе рыб, игнорируются.

Таким образом, представленная модель, помимо собственно исследовательского значения (оценка влияния пространственной структуры кормовой базы на распределение снетка, влияние количества отложенной икры и вылова производителей на формирование поколения и т. д.), имеет, несомненно, методическое значение и может рассматриваться как промежуточный шаг к созданию прогностической модели ихтиоценоза Белого озера, реализация которой позволит точнее и полнее представить закономерности распределения ценных промысловых рыб в этом водоеме.

## ЛИТЕРАТУРА

Винберг Г. Г. Энергетический принцип изучения продуктивности и трофических связей в экосистеме.— Зоол. журн. 1962, 41.

Винберг Г. Г., Анисимов С. И. Математическая модель водной экосистемы.— В кн.: Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности. М., 1966.



Водоватов Ю. С., Серенко В. А. Рыбные ресурсы.— В кн.: Антропогенное влияние на крупные озера Северо-Запада СССР. Ч. 2. Л., 1981.

Володин В. М. Плодовитость снетка озера Белого.— Информ. бюл. Ин-та биологии внутр. вод АН СССР, 1972, 13.

Жаков Л. А. Формирование и структура рыбного населения озер Северо-Запада СССР. М., 1984.

Жаков Л. А., Менишуткин В. В. Математическая модель озерного ихтиоценоза.— Вопр. ихтиологии, 1974, 14, 3.

Жаков Л. А., Менишуткин В. В. Модельное исследование результатов воздействия на озерный ихтиоценоз.— Гидробиол. журн., 1975, 11, 3.

Иванова М. Н. О продолжительности жизни снетка *Osmerus eperlanus* (L.) Белого озера.— Вопр. ихтиологии, 1980, 20, 3.

Иванова М. Н. Популяционная изменчивость пресноводных корюшек. Рыбинск, 1982.

Изюмова И. М., Тихомирова Л. П., Подаруева З. С. Питание рыб Белого озера.— Изв. ГосНИОРХ, 1977, 116.

Имитационное моделирование природной системы «озеро—водосбор». Л., 1987.

Казанский А. Б. Математическая модель популяции синца *Abramis brama* (L.) Цимлянского водохранилища.— Вопр. ихтиологии, 1977, 17, 6.

Казанский А. Б. Динамическая модель сообщества массовых видов рыб Цимлянского водохранилища.— В кн.: Биологические аспекты изучения и рациональное использование животного и растительного мира. Рига, 1981.

Казанский А. Б., Коваль В. П. Математическая модель популяции судака Цимлянского водохранилища.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1980, 152.

Кашкин Н. И. Экологические предпосылки имитационного моделирования миграций морских пелагических рыб.— Вопр. ихтиологии, 1985, 26, 2.

Конторин В. В. Математическая модель популяции омуля и ее возможности.— В кн.: Круговорот вещества и энергии в водоемах. Математическое моделирование экосистем водоемов. Лиственничное-на-Байкале, 1977.

Криксунов Е. А., Менишуткин В. В. Вероятностные модели популяций рыб.— В кн.: Современные проблемы ихтиологии. М., 1981.

Крозиус Ф. В., Крохин Е. М., Менишуткин В. В. Сообщество пелагических рыб озера Дальнего (опыт кибернетического моделирования). Л., 1969.

Ладапов Ю. В., Тихонов С. В. Модель озерного сообщества рыб.— Вопр. ихтиологии, 1985, 25, 6.

Менишуткин В. В. Математическое моделирование популяций и сообществ водных животных. М., 1971.

Менишуткин В. В., Умнов А. А. Математическая модель простейшей водной экологической системы.— Гидробиол. журн., 1970, 6, 2.

Михайлов В. В., Решетников Ю. С., Смолей А. И., Южакова Г. Г., Пивазян С. А. Имитационная модель популяции севанского сига *Coregonus lavaretus* (L.) (Salmonidae).— Вопр. ихтиологии, 1985, 25, 3.

Морозова П. Н. Рыбы Белого озера и их промысловое использование.— В кн.: Рыболовство на Белом и Кубенском озерах. Вологда, 1955.

Никитин О. Л., Дмитриев В. М., Митрофанов В. П. Опыт построения математической модели сообщества рыб Капчагайского водохранилища.— В кн.: Изучение зоопродукторов в бассейне реки Или. Алма-Ата, 1983.

Пидгайко М. Л. Зоопланктон Белого озера в связи с рыбохозяйственным значением водоема.— Изв. ГосНИОРХ, 1965, 65.

Пихтова Т. С. Значение зоопланктона в питании рыб-планктофагов.— В кн.: Антропогенное влияние на крупные озера Северо-Запада СССР. Ч. 2. Л., 1981 а.

Пихтова Т. С. Количественная оценка трофических связей между зоопланктоном и рыбами-планктофагами в озере Белом (Вологодская область).— В кн.: Основы изучения пресноводных экосистем. Л., 1981 б.

Пихтова Т. С. Питание и пищевые взаимоотношения рыб-планктофагов оз. Белого (Вологодская обл.).— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1982, 177.

Пихтова Т. С. Количественная оценка трофических связей между зоопланктоном и рыбами-планктофагами больших мелководных озер Северо-Запада СССР. Автореф. канд. дис. Л., 1983.

*Пихтова Т. С.* Влияние антропогенных факторов на зоопланктон озера Белого.— В кн.: Проблемы исследования крупных озер СССР. Л., 1985.

*Половкова С. Н.* Пищевые рационы и кормовой коэффициент снетка Рыбинского водохранилища. Информ. бюл. Ин-та биологии внутр. вод., АН СССР, 1975, 28.

*Распопов И. М.* Высшая водная растительность больших озер Северо-Запада СССР. Л., 1985.

*Рикер У. Е.* Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. М., 1979.

*Серенко В. А.* Перспективы рыбохозяйственного освоения Белого озера.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1983, 193.

*Смирнова Т. С., Ривьер И. К., Пихтова Т. С.* Зоопланктон.— В кн.: Антропогенное влияние на крупные озера Северо-Запада СССР. Ч. 2. Л., 1981.

*Трещев А. И.* Интенсивность рыболовства. М., 1983.

*Andersen K. P., Ursin E. A.* Multispecies analysis of the effects of variations of effort upon stock composition of eleven North Sea fish species. Repp. et proc. verb. reum. const. int. explor. mer., 1978, 172.

*Larkin P. A., Hourston A. S.* A model for simulations of the population biology of Pacific salmon.— J. Fish. Res. Bd., Canada, 1964, 21, N 5.

*Thompson R. W., Cauley D. A.* A population balance model for fish population dynamics.— J. Theor. Biol., 1979, 81, N 2.

## МОДИФИКАЦИЯ ОБЪЕМНОГО МЕТОДА ПОДСЧЕТА ИКРЫ РЫБ

*С. М. СЕМЕНЧЕНКО, Н. Ф. ДЗЮМЕНКО,  
В. С. ПОКРОВСКИЙ, И. В. СЕМЕНЧЕНКО*

В рыбоводной практике наиболее распространен объемный способ подсчета икры. Он заключается в поштучном просчете икринок в небольшом (обычно 10—20 мл) объеме, определении всего объема измеряемой икры и расчета по прямой пропорции общего количества икры (Черфас, 1950; Справочник..., 1983). Как свидетельствует практика, применяемый в таком виде объемный способ содержит существенную систематическую ошибку. Ранее на икре посольской популяции байкальского омуля было показано, что если использовать для поштучного просчета цилиндры разного диаметра, то рассчитанное по прямой пропорции количество икры в одном литре изменяется от 50,4 до 60,5 тыс. шт. (Дзюменко, 1980). Таким образом, при применении объемного способа определения количества икры омуля в общепринятом виде систематическая ошибка может достигать 20%.

Для того, чтобы выявить причины изменения плотности укладки икры в мерных сосудах различного диаметра и объема и в аппарате Вейса, были проведены специальные исследования. Под плотностью укладки икры понимается среднее количество икринок, содержащееся в единице объема данного сосуда. Работа проводилась в 1983—1986 гг. на икре посольского и баргузинского омуля, байкальского и озерного сига и пеляди. В опытах использовалась полностью набухшая и обесклеенная икра разного диаметра (табл. 1).

Таблица 1

Диаметр икры сиговых рыб на рыбоводных предприятиях Байкала (1984—1986 гг.)

	Диаметр икры, мм	$\eta$	$\pm\sigma$	$\pm\Delta$
Посольский омуль	2,848	107	0,101	0,200
Баргузинский омуль	2,920	100	0,116	0,230
Байкальский озерный сиг	2,910	81	0,092	0,183
Пелядь	2,123	62	0,072	0,144

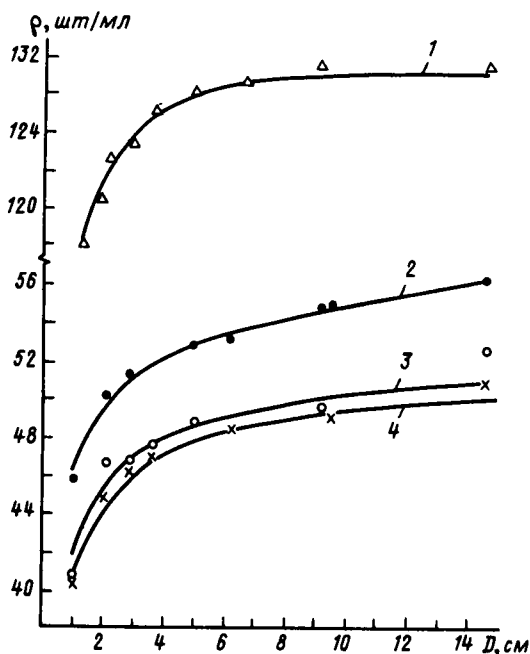


Рис. 1. Плотность укладки икры ( $\rho$ ) в мерных цилиндрах разного диаметра ( $D$ ): 1 — пеляди; 2 — посольской популяции омуля; 3 — байкальского озерного сига; 4 — баргузинской популяции омуля.

На первом этапе работ изучалось изменение плотности укладки икры в мерных цилиндрах разного диаметра (от 1 до 15 см) при высоте столба 7—15 см. Объем цилиндров изменялся от 15 до 1000 мл. Количество икры в мерных цилиндрах объемом более 200 мл определялось заполнением их икрой из цилиндров меньшего объема (15—200 мл), среднее количество икры в которых было установлено поштучным просчетом.

Результаты определения представлены на рис. 1. Каждая точка на графике соответствует осредненному результату 3—5 опытов. Кривые получены способом скользящей средней. Очевидно, что плотность укладки икры в цилиндрах положительно коррелирует с диаметром мерного цилиндра ( $r=0,94-0,97$ ) и, соответственно, с его объемом. В общем виде данную зависимость можно сформулировать следующим образом: чем меньше отношение площади внутренней поверхности сосуда к его объему, тем больше плотность укладки икры в нем. Так, в наших опытах максимальная плотность укладки икры всегда отмечалась в литровом цилиндре, а минимальная — в 15-миллилитровом (соотношение площади внутренней поверхности этих цилиндров к их объему равнялось соответственно 0,44 и 3,73). Чем меньше отношение площади внутренней поверхности сосуда к его объему, тем меньше доля слоя икры, соприкасающегося со стенками, у которых икринки располагаются менее плотно. Плотность укладки икры зависит от формы и размеров сосуда, причем чем крупнее

икры, тем сильнее это влияние. Так, например, если плотность укладки икры байкальского омуля и сига возрастает в литровом цилиндре по сравнению со стомилилитровым в среднем на 10,4%, то для более мелкой икры пеляди этот показатель составляет только 5,8%.

В рыбоводной практике влияние мерного сосуда на плотность укладки икры не учитывается, что создает ситуации, не находящие правильного объяснения. Так, например, на рыбоводном пункте перед отправкой икры на завод ее обычно промеряют мерным сосудом. Определенный таким образом объем икры, как правило, не совпадает с объемом икры в инкубационных аппаратах, рассчитанным при итоговой инвентаризации, что объясняется различной плотностью укладки икры в аппарате Вейса и в применяемом мерном сосуде. Поэтому необходимо знать количество икры не в каком-либо сосуде, а в одном литре аппарата Вейса. С этой целью были проведены работы по измерению плотности укладки икры в аппарате Вейса в зависимости от его наполнения. Для этого откалиброванный аппарат заполняли икрой с водой литровым цилиндром, количество икринок в котором было известно из предыдущей серии опытов. Разделив определенное таким образом количество икры на занимаемый

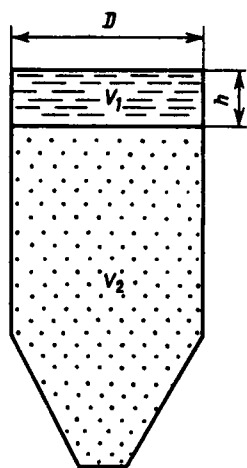


Рис. 2. Аппарат Вейса с икрой:  $V_1$  — объем, не занятый икрой;  $V_2$  — объем, занимаемый икрой;  $h$  — расстояние от края аппарата до верхнего слоя икры;  $D$  — диаметр аппарата Вейса.

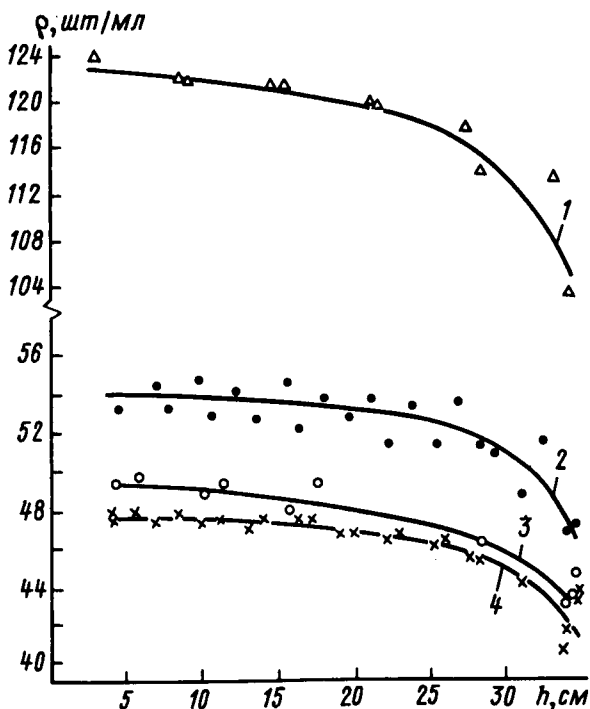


Рис. 3. Плотность укладки икры ( $q$ ) в аппарате Вейса при разной степени его наполнения ( $h$ ): 1 — пеляди; 2 — посольской популяции омуля; 3 — байкальского озерного сига; 4 — баргузинской популяции омуля.

ею в аппарате объем, рассчитывали плотность укладки икры. Объем, занимаемый икрой, определяли как разность между объемом аппарата и объемом, не занятым икрой. Высота цилиндра ( $h$ ) характеризует наполненность аппарата икрой (рис. 2). На основании полученных данных можно сделать вывод, что плотность укладки икры в аппарате Вейса возрастает по мере его наполнения (рис. 3). Наименьшая плотность укладки икры — в конусной части аппарата, что является следствием закономерности, выявленной в опытах с цилиндрами. В цилиндрической части аппарата плотность укладки икры изменяется незначительно. Характер кривых на графике объясняется тем, что с увеличением количества икры в аппарате ее доля, содержащаяся в конусной части, уменьшается. Отмечена сильная корреляция между плотностью укладки икры и ее количеством в аппарате Вейса ( $r=0,64-0,87$ ). Построив на графике методом скользящей средней кривую, можно получить плотность укладки икры при любом заполнении аппарата. В 1984 г. плотность укладки икры баргузинского омуля в полном аппарате Вейса составляла 47,5 тыс. шт/л, посольского омуля — 54,0 тыс. шт/л, байкальского озерного сига — 49,5 тыс. шт/л, пеляди в 1987 г. — 122,0 тыс. шт/л.

Проделанная работа позволяет предложить модификацию объемного метода подсчета икры, учитывающую влияние формы и размера мерного сосуда на плотность укладки икры в нем. Принцип модификации заключается в создании объемного эталона количества икры, что позволяет рассчитать плотность укладки икры. Под эталоном понимается конкретный сосуд с известным, при заполнении до одного и того же уровня, количеством икринок. При определении плотности укладки икры сиговых рыб в аппарате Вейса удобно использовать два эталона количества икры (первого и второго порядка). Предлагаемая методика состоит из трех основных этапов.

1. Подсчет количества икры в эталоне первого порядка. Мерный цилиндр, объем которого позволяет разместить от 2 до 5 тыс. икринок, заполняется икрой с водой. Затем икру необходимо уплотнить (для уменьшения разброса результатов) легким постукиванием цилиндра о поверхность стола, так чтобы при последующем постукивании объем, занимаемый икрой, не изменялся. При этом воображаемая горизонтальная линия, проведенная через середину верхнего слоя икринок, должна соответствовать риску, обозначающей данный объем. Слой воды над икрой должен быть более 2 см (рис. 4). Далее необходимо определить поштучным просчетом количество отмеренной икры.

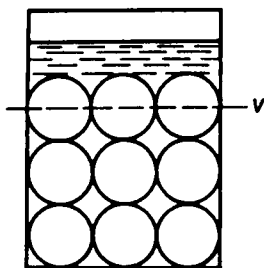


Рис. 4. Мерный цилиндр с икрой ( $V$  — линия, ограничивающая объем).

2. **Определение количества икры в эталоне второго порядка.** Литровый цилиндр заполняется икрой. Уплотнение икры и ее отмеривание производится так же, как и в предыдущем случае. Верхний слой икры должен занимать горизонтальное положение. Отсчет необходимо снимать с двух противоположных сторон цилиндра и в расчетах использовать средний результат. Икра из литрового цилиндра промеряется эталоном первого порядка, тем самым определяется количество икринок в эталоне второго порядка.

3. **Определение плотности укладки в полном аппарате Вейса.** Необходимо установить аппарат строго вертикально. Затем загрузить его икрой с водой так, чтобы расстояние от верхнего края аппарата до середины верхнего слоя икры ( $h$ ) было равно 10—15 см до начала подачи воды (см. рис. 2). Расстояние измеряется с двух противоположных сторон аппарата. В расчетах используется средний результат. Количество икры в аппарате определяется промером ее эталоном второго порядка. Среднее количество икры в одном литре в аппарате рассчитывается по формуле:

$$\varrho = \frac{N}{V - R^2 h},$$

где  $\varrho$  — плотность укладки икры;  $N$  — количество икры в аппарате;  $V$  — объем аппарата;  $R$  — внутренний радиус аппарата;  $h$  — расстояние от края аппарата до верхнего слоя икры.

Определение количества икры в сосудах на каждом из этапов необходимо проводить не менее трех раз. В расчетах используется усредненный результат. При аккуратной работе ошибка метода не превышает 2%.

Недостатком предложенной модификации объемного метода подсчета икры является ее относительная трудоемкость. Чтобы облегчить процесс определения количества икры в одном литре в полном аппарате Вейса, вводятся поправочные коэффициенты, позволяющие учитывать влияние мерных сосудов и аппарата на плотность укладки икры (табл. 2). Эти коэффициенты рассчитаны для икры сиговых рыб, диаметр которой равен  $2,9 \pm 0,1$  мм. Количество икры в одном литре в полном аппарате Вейса ( $\varrho$ , тыс. шт/л) рассчитывается по формуле:

$$\varrho = \frac{k \cdot N \cdot 1000}{V},$$

где  $k$  — поправочный коэффициент;  $N$  — количество икры в цилиндре (шт.);  $V$  — объем цилиндра (мл).

Точность такого метода определения количества икры в одном литре снижается, но он вполне приемлем для практики.

В заключение необходимо отметить, что количество икры в одном литре в полном аппарате Вейса — величина примерно постоянная в течение инкубационного периода. С другой стороны, следует иметь в виду, что диаметр икринок рыб одной и той же популяции изменяется по годам,

Таблица 2

**Поправочный коэффициент для расчета количества икры в одном литре в полном аппарате Вейса**

	Объем мерного цилиндра, мл									
	15		25		50		100		150	200
	Внутренний диаметр цилиндра, см									
	1,09	1,32	1,84	2,01	2,21	2,88	2,94	3,62	4,96	

Пелядь (диаметр икры 2,12 мм)	—	1,09	1,04	—	1,01	—	0,99	—	—
Омуль, сиг (диаметр икры 2,85— 2,92 мм)	1,17	—	—	1,05	—	1,03	—	1,01	1,00

соответственно меняется и количество икры в единице объема. Так, в 1985 г. количество икринок баргузинского омуля в одном литре в полном аппарате возросло на 5,2 тыс. шт. по сравнению с 1984 г. в связи с уменьшением диаметра икринки на 0,06 мм. Поэтому количество икры в одном литре необходимо определять ежегодно для каждой отдельной популяции рыб при инвентаризации ее на рыбоводных заводах.

#### ЛИТЕРАТУРА

Дзюменко Н. Ф. Усовершенствование объемного способа просчета икры байкальского омуля.— Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1980, 149.

Справочник по озерному и садковому рыбоводству. Под. ред. Г. П. Руденко, М., 1983.

Черфас Б. И. Рыбоводство в естественных водоемах. М., 1950.