

**Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР**

---

**Петрозаводский государственный университет  
им. О. В. Куусинена**

**На правах рукописи**

**С. П. КИТАЕВ**

**ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФОНА ЖИЗНИ  
РЫБ ОЗЕР БАЛТИЙСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО  
ЩИТА (100 — ихтиология)**

**Автореферат диссертации на соискания ученой  
степени кандидата биологических наук**

**Петрозаводск — 1970**

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР

---

Петрозаводский государственный университет  
им. О. В. Куусинена

На правах рукописи

С. П. КИТАЕВ

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФОНА ЖИЗНИ  
РЫБ ОЗЕР БАЛТИЙСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО  
ЩИТА (100 — ихтиология)

Автореферат диссертации на соискания ученой  
степени кандидата биологических наук

Петрозаводск — 1970

Диссертационная работа выполнялась в Карельском отделении ГосНИОРХ, Петрозаводском рыбокомбинате и на кафедре зоологии и дарвинизма Петрозаводского государственного университета.

Научный руководитель —

кандидат биологических наук, доцент **В. Г. Мельянецв**

Официальные оппоненты —

доктор биологических наук **М. А. Фортунатов**,

кандидат биологических наук **А. Ф. Смирнов**.

Ведущее предприятие — Институт биологии Карельского филиала АН СССР.

Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения, содержит 273 страницы машинописного текста, 119 таблиц, иллюстрирована 54 рисунками. Список литературы насчитывает 865 наименований, из них 222 на иностранных языках.

Автореферат разослан „\_\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 197 г.

Защита диссертации состоится „\_\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 197 г. на заседании Ученого Совета Петрозаводского университета им. О. В. Куусинена.

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Ученого Совета или прислать свои отзывы по адресу: Карельская АССР, Петрозаводск, пр. Ленина 33, Петрозаводский государственный университет им. О. В. Куусинена, ученому секретарю Совета М. Н. Русановой.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.



Для территории Балтийского кристаллического щита характерно уникальное обилие озер, насчитывающее более 300 тысяч. Причем в Карелии, Финляндии, Швеции и частично южной Норвегии, примыкающих к бассейну Балтийского моря, расположено свыше 150 тыс. озер, которые с давних пор были предметом пристального изучения учеными многих стран и на примере которых были заложены основы классификации озер и региональной лимнологии.

К настоящему времени наиболее полно изучено более 1000 озер, что позволяет сделать некоторые итоги, определить распределение отдельных лимнологических и биологических элементов в зависимости от площади озер, а не от прозрачности воды в летний период, как это было сделано G Alm (1960) для 130 озер средней Швеции, и наметить основные ступени (градации) гидрологических, гидрохимических и биологических показателей, характерных для естественного состояния озер, расположенных в пределах Балтийского кристаллического щита — лимнологической области железокремнеземо-гумусового накопления (Росолимо, 1964).

Нами для целей рыбохозяйственной бонитировки озер произведено сопоставление основных гидрологических и гидрохимических показателей с показателями летней биомассы зоопланктона, бентоса и ихтиомассы, как это было сделано в свое время Northcote a. Larkin (1956, 1958) для 101 озера Канады.

Сопоставление экологических условий обитания рыб в водоемах Карелии с ихтиомассой позволило определить рыбопродукционные возможности в естественном состоянии озер Балтийского бассейна республики, рассчитать возможный минимальный Р/В коэффициент. Причем Р/В коэффициент кормовой базы вычислен на основании определения той части зоопланктона и бентоса, которая утилизируется рыбами.

Для сопоставления некоторых гидрологических, гидрохимических показателей и данных по составу рыб озер Финляндии и Швеции с озерами Карелии использовались все доступные автору работы финских и шведских ученых. Многим из них автор благодарен за любезно присланные оттиски.

## 11. Методика и материал (4 стр.)

С 1955 по 1969 г. с участием автора работы или под его руководством комплексно исследовано 128 озер южной и средней Карелии, а на 29 озерах производился учет рыбы по методике Е. В. Бурмакина (1960 а, б, 1965), что позволило определить видовой состав, структуру ихтиоценозов, плотность и абсолютную ихтиомассу этих водоемов.

Для характеристики экологических условий обитаний рыб в озерах Карелии, Финляндии и Швеции было отобрано в общей сложности 23 показателя и их сочитаний [площадь озера, средняя и максимальная глубина, отношение длины береговой линии к площади озера, термические условия, прозрачность, отношение  $\frac{H_{пр.}}{H_{ср.}}$  термические + оптические условия, цветность (в градусах Pt — Со шкалы), рН, кислород / в процентах насыщения/,  $CO_2$ , гидрокарбонаты /общая минерализация/, ~~перманганатная~~ окисляемость/ органическое вещество/, цветность + прозрачность, зоопланктон ( $г/м^3$   $г/м^2$ ), бентос ( $г/м^2$ ), зоопланктон + бентос, удельный вес окуны в ихтиоценозе, удельный вес хищников-ихтиофагов в ихтиоценозе, число видов рыб в ихтиоценозе, ихтиоценоз], с которыми сопоставлялись уровни кормовой базы и ихтиомассы. Почти для всех перечисленных показателей построены ряды регрессии при помощи корреляционных решеток по общепринятой методике (Аксютинна, 1968; Бейли, 1962, 1964; Блох, 1951; Лакки, 1963; Плохинский, 1961, 1967; Рокицкий, 1964, 1967; Снедекор, 1961; Урбах, 1964), что позволило в первом приближении построить линии регрессии, а в некоторых случаях, когда это было целесообразно, вычислить уравнения регрессии. Для составления корреляционных таблиц использовались сведения из работ, приведенных в I главе диссертации, а также неопубликованные материалы цеха товарного рыбоводства Петрозаводского рыбокомбината. Для более наглядного предварительного сравнения показателей кормовой базы и ихтиомассы с

гидрологическими и гидрохимическими условиями в корреляционной решетке вместо частот вписывались вероятности (в %) той или иной величины, рассчитанной по методике, принятой в статистике.

В общей сложности для составления корреляционных таблиц были использованы сведения всего о 1076 озерах: Карелии (427), Финляндии (322) и Швеции (327), расположенных в пределах Балтийского кристаллического щита, но не выше 300 м над уровнем моря.

### III. Гидрологическая характеристика озер (36 стр.)

Площадь озера. Для статистической обработки все исследованные озера разбиты на 7 размерных групп: менее 10; 10-50; 50-100; 100-500; 500-1000; 1000-5000 и более 5000 га, с которыми в дальнейшем будут сравниваться все основные гидрологические, гидрохимические и биологические показатели. В автореферате приводятся только средние показатели, без анализа изменения их в зависимости от площади озер, что сделано в диссертации.

#### Средние и максимальные глубины

На основании анализа средних (620 озер) и максимальных (910 озер) глубин озер Карелии, Финляндии и Швеции их величины разбиты на 5 классов:

	Средняя глубина	Максимальная глубина
Очень малая	< 2 м	< 3 м
Малая	2-4	3-6
Средняя	4-8	6-12
Большая	8-16	12-24
Очень большая	> 16 м	> 24 м

Общий характер изменения средней глубины и средней максимальной приведен в таблице 1, из которой видно, что озера

Таблица 1

**Некоторые гидрологические показатели озер Карелии, Финляндии и Швеции в зависимости от их площади**

Площадь, га	Средняя глубина, м		Максимальная глубина, м			Отношения длины бере- говой линии к площади озера	ПМВ (авол.)	Прозрачность, м		
	Карелия	Финлян- дия	Карелия	Финлян- дия	Швеция			Карелия	Финлян- дия	Швеция
							Карелия			
< 10	4,1	3,9	9,5	7,0	6,3	200	2,20	2,24	2,7	2,6
10-50	3,9	3,4	9,9	8,0	8,9	132	3,79	2,64	2,2	4,0
50-100	3,6	4,5	9,2	11,2	9,8	70	5,93	2,73	2,3	3,8
100-500	3,6	5,1	9,9	14,8	12,0	44	5,93	2,33	2,4	3,9
500-1000	4,7	5,9	15,2	20,9	18,0	25	4,15	2,40	2,5	4,3
1000-5000	5,3	8,5	17,6	25,6	27,0	23	3,50	2,71	2,4	4,1
> 5000	5,8	12,2	26,7	36,0	28,5	11	2,07	2,43	3,6	6,9
Число наблюдений	425	195	427	233	250	422	402	409	225	222

Финляндии и Швеции в этом отношении имеют более высокие показатели, чем озера Карелии. Средние и максимальные глубины обычно растут с увеличением площади озера.

### Удельный водосбор и показатель условного водообмена

Эти понятия или очень близкие к ним были введены, часто независимо друг от друга, несколькими учеными (Сумарков, 1947; Страхов и др., 1954; Григорьев, 1958, 1959; Богословский, 1960; Sowjetov, 1933; Halbfass, 1934; Ström, 1938, Aberg und Rodhe, 1942; Elster und Smolinsky, 1952 и др.).

При одинаковой водосборной площади приток воды зависит от климата, рельефа и стока. Для Карелии, Финляндии и Швеции характерно значительное преобладание атмосферных осадков над испарением, что ведет в конечном итоге к высокой проточности большинства озер этой области (см. таблицу 1). Так все котловины озер Карелии и Финляндии могут быть заполнены атмосферными осадками менее, чем за 1 год (исключая Ладожское и Онежское озера).

Все озера Балтийского кристаллического щита по показателю условного водообмена разбиты на 5 групп:

Очень малый показатель условного водообмена		< 0,25
Малый	»	0,25—1,0
Средний	»	1,0—4,0
Большой	»	4,0—16,0
Очень большой	»	> 16,0

Анализ зависимости условного водообмена 394 озер Карелии от величины удельного водосбора показал, что это зависимость несколько криволинейна и корреляционное отношение составляет  $r = 0,925$ , что говорит о тесной связи этих показателей между собой. Зная удельный водосбор, можно определить показатель условного водообмена по графику или по уравнению регрессии, а также порядок средней глубины озера.

### Термические группы озер

Большинство термических классификаций водоемов (Гейстбек, 1885; Анучин, 1897; Домрачев, 1922, 1929; Зинова и Нагель, 1933; Семенович, 1934; Хомскис, 1969; Chomskis,

1961; Patalas, 1960, 1965, 1968; Фрейндлинг, 1962 а, б, 1965; Захаренков, 1963, 1964; Тихомиров, 1968; Китаев, 1965) относятся всего лишь к одному типу умеренных (димиктических) озер классификации Фореля-Уипля-Хаггинсов-Леффлера.

По соотношению между собой литорали (F<sub>л</sub>), сублиторали (F<sub>с.л.</sub>) и профундали (F<sub>п</sub>), а также эпилимниона (V<sub>э</sub>) металимниона (V<sub>м</sub>) и гипolimниона (V<sub>н</sub>) все озера Балтийского кристаллического щита разбиты на пять групп (см. рис. 1).

Так из 425 озер Карелии к эпитеpмическому относилось 113 (26,6%); эпиметатермическим — 100 (23,5%), метатермическим — 93 (21,9%), метагипотермическим — 112 (26,4%) и гипотермическим — 7 озер (1,6%).

### Прозрачность и оптические группы озер

Вода озер Балтийского кристаллического щита очень разнообразна по цвету (от синего до коричневого со всеми переходами) и по прозрачности.

На основании данных по прозрачности воды в летний период 856 озер Карелии, Финляндии и Швеции (см. таблицу 1) установлены классы прозрачности (по белому диску):

Озера очень малопрозрачные	< 1 м
Озера малопрозрачные	1-2
Озера среднепрозрачные	2-4
Озера высокопрозрачные	4-8
Озера очень высокопрозрачные	> 8 м

В среднем озера Швеции имеют более высокие показатели прозрачности, чем озера Карелии и Финляндии.

Принимая во внимание роль оптических свойств воды для жизни водоемов и на основании анализа отношения прозрачности воды, определенной диском Секки в летний период, и средней глубины ( $\frac{H}{\text{прозрачность}}$ ) в 685 озерах бассейна Балтийского моря

Карелии, Финляндии и Швеции было установлено, что это отношение изменяется от 0,12 до 4,40. По этому показателю все озера разбиты на пять групп:

Оптически очень мелководные озера (олигофотобатные), т. е. прозрачность воды более чем в 4 раза меньше средней глубины озера —  $\frac{H \text{ пр.}}{H \text{ ср.}} < 0,25$  (62 озера).

$\frac{H \text{ пр.}}{H \text{ ср.}}$

Оптически мелководные озера (олигомезофотобатные) или прозрачность в 2-4 раза меньше средней глубины водоема —  $\frac{H \text{ пр.}}{H \text{ ср.}} 0,25-0,50$  (189 озер).

Оптически среднеглубокие озера (мезофотобатные), когда прозрачность воды в 1-2 раза меньше средней глубины озера —  $\frac{H \text{ пр.}}{H \text{ ср.}} 0,5-1,0$  (253 озера).

Оптически глубокие озера (мезополифотобатные), т. е. прозрачность воды в 1-2 раза больше средней глубины водоема —  $\frac{H \text{ пр.}}{H \text{ ср.}} 1,0-2,0$  (155 озер).

$\frac{H \text{ пр.}}{H \text{ ср.}}$

Оптически очень глубокие озера (полифотобатные), когда прозрачность воды больше чем в 2 раза средней глубины —  $\frac{H \text{ пр.}}{H \text{ ср.}}$  более 2 (26 озер).

Озера Швеции отличаются от озер Карелии и Финляндии более широким распространением оптически глубоких и очень глубоких озер.

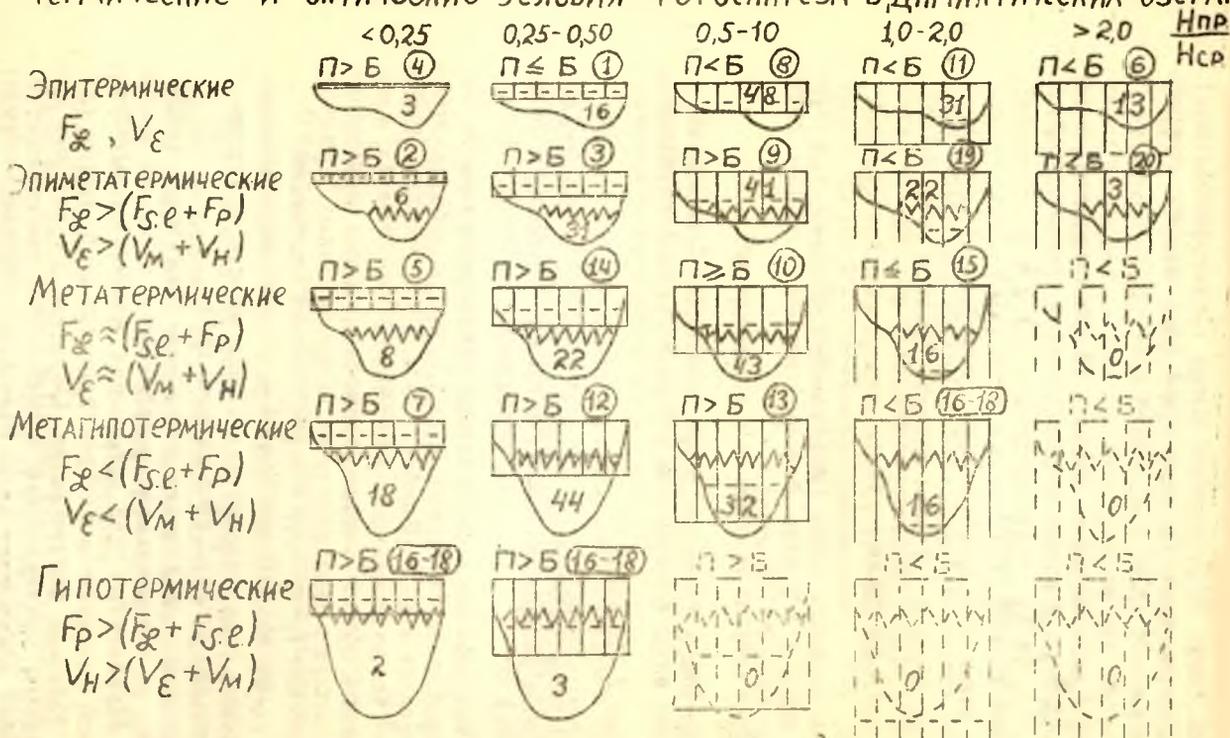
Обычно толщина слоя фотосинтеза равна прозрачности воды по диску Секки, умноженной на 1,7, при колебании этого коэффициента от 1 до 2 (Винберг, 1934, 1960; Yoshimura, 1939)

Принимая это во внимание, нарисована схема (рис. 1), в которой в самых общих чертах промоделировано положение слоя фотосинтеза в зависимости от вышеописанных термических и оптических групп озер в период летней стагнации.

Данная схема показывает некоторые возможные и типичные положения слоя фотосинтеза в зависимости от термических и оптических условий озер разного типа.

Схема наглядно доказывает положение Йошимуры (1939), что в озерах со значительной прозрачностью и тонким эпилимнионом, характерных для небольших олигогумозных озер Японии, слой фотосинтеза распространяется на большую глубину, чем толщина эпилимниона. Обратное характерно для озер с мощным эпилимнионом и небольшой прозрачностью. Эта же схема доказывает идею Рутнера (Ruttner, 1933),

# Термические и оптические условия фотосинтеза в димиктических озерах



П - Планктон; Б - Бентос; 3, 16, 48 - Число наблюдений;  
 $F_{\Sigma}, F_{\Sigma e}, F_p$  - площади литорали, субаггорталли, профундали; III - слой фотосинтеза  
 $V_{\Sigma}, V_M, V_H$  - объемы эпи-, мета-, гипolimниона; M - слой температурного скачка  
 ---- прозрачность по диску Секки; ④, ① - место озера по сумме П+Б

Рис. 1

что при глубоком расположении температурного скачка должен наблюдаться металимниальный минимум кислорода, а если температурный скачок лежит на небольшой глубине — то максимум.

Эта же схема наглядно иллюстрирует высказывание Ю. И. Сорокина (1958, 1966) и Г. Г. Винберга (1960), что для понимания условий, определяющих развитие фитопланктона, необходимо знать глубину проникновения света и условия перемешивания воды, т. е. соотношения между прозрачностью и толщиной эпителимниона, от которых зависит распределение фитопланктона, а соответственно и возможность светового голодания при низкой прозрачности воды и мощном эпителимнионе, что ведет к снижению первичной продукции фитопланктона.

Нужно отметить, что группы озер, нарисованные на схеме штрихами, в Карелии, Финляндии и Швеции, относящихся к бассейну Балтийского моря пока не обнаружены, но, возможно, что со временем некоторые из них будут найдены. Эта схема, вероятно, может помочь разобраться в характере вертикального распределения химических ингредиентов, и в частности, кислорода. До некоторой степени она может предсказать, на основании температурных и оптических показателей, где кислородная кривая в общем должна быть ортогоградной, клиноградной (+ или —) или гетероградной (+ или —).

#### IV. Гидрохимическая характеристика озер (27 стр.)

Одним из важнейших экологических факторов существования гидробионтов является химический состав воды, но из всего колоссального многообразия гидрохимических показателей нами для характеристики озер Карелии, Финляндии и Швеции взяты только: цветность,  $O_2$ ,  $CO_2$ , pH, перманганатная окисляемость (органическое вещество) и гидрокарбонаты (общая минерализация). Причем все гидрохимические пробы характеризуют только поверхностные слои воды озер и только летний период. Сводные средние данные по некоторым показателям озер Балтийского кристаллического щита приведены в таблице 2. Большинство озер Карелии, Финляндии и Швеции (кроме южной части) лежат в зоне низкоминерализованных вод (Баранов, 1962).

Таблица 2

Средние величины некоторых гидрохимических показателей озер  
Карелии, Финляндии и Швеции в зависимости от их площади

Площадь озера, га	Цветность			O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> мг/л	рН			HCO <sub>3</sub> мг/л			Перм. окисл. мг/л	Отно- шение и К орг. М.М.	Орган. в-во, мг/л	Отно- шение лет- ность перман. окисл.
	Карелия	Фин- лян- дия	Шве- ция			Каре- лия	Каре- лия	Каре- лия	Фин- лян- дия	Шве- ция	Каре- лия				
<10	57	56	62	89,5	3,33	6,30	6,10	6,25	9,6	9,2	13,9	11,5	0,67	23,0	4,96
10-50	58	81	35	88,9	2,74	6,55	6,61	6,57	9,5	19,7	15,5	10,7	0,72	21,4	5,41
50-100	53	75	54	91,3	2,67	6,78	6,61	6,53	10,4	20,0	15,7	9,5	0,87	19,1	6,56
100-500	62	75	46	90,2	3,49	6,72	6,74	6,80	12,4	19,7	18,8	11,8	0,84	23,6	5,25
500-1000	57	66	52	95,4	2,16	7,00	7,00	7,22	17,3	24,0	32,5	12,5	1,10	25,0	4,5
1000-5000	51	69	40	93,5	2,67	7,05	7,94	7,17	20,6	16,0	35,0	10,0	1,65	20,0	4,0
> 5000	90	63	20	96,6	2,25	6,75	6,30	7,76	13,1	20,0	52,5	13,5	0,75	27,1	6,6
Число на- блюдений (n)	323	209	179	400	391	419	160	323	382	84	217	592	383	383	322

## Цветность воды (в градусах Pt -Со шкалы)

Цветность воды часто входила в число основных признаков классификации озер и водохранилищ. Разные исследователи (Lundbeck, 1926, Thinemann, 1928, 1932, Lönnerblad, 1931 а, б; Juday a. Birge, 1933, Naumann, 1932; Thunmark, 1937; Aberg und Rodhe, 1942; Järnefelt, 1953, 1956, 1963; Alm, 1960, 1961; Баранов, 1962; Фортунатов, 1958; Жадин и Герд, 1961 и др.) предлагали делить водоемы в зависимости от цветности на три (четыре) группы: олиго-, мезо- (мезополи-) и полигуменные.

На основании анализа данных по цветности воды 711 озер установлено пять классов цветности: олигогуменные — цветность  $< 20^\circ$ ; олигомезогуменные — цветность  $20-40^\circ$ ; мезогуменные — цветность  $40-80^\circ$ , мезополигуменные — цветность  $80-160^\circ$ , полигуменные — цветность более  $160^\circ$ , т. е. взята геометрическая прогрессия со знаменателями 2.

Как видно из таблицы 2, вода озер Швеции обладает в среднем меньшей цветностью, чем вода озер Карелии и Финляндии.

В диссертации подробно анализируются изменения в содержании  $O_2$ ,  $CO_2$ , величины pH, гидрокарбонатов (общей минерализации) в зависимости от площади водоемов и устанавливаются размерные классы (5) характерные для озер данного региона.

## Органическое вещество

Очень существенно для характеристики химического состава воды является отношение суммы минеральных веществ ( $\Sigma$  и.) к сумме органических ( $\Sigma$  орг.) веществ (Грицевская, 1959; Харкевич, 1964, 1961; Järnefelt, 1963).

На основании данных по 383 озерам Карелии это отношение колеблется от 0,10 до 25, причем с ростом минерализации происходит закономерное увеличение этого отношения. При минерализации воды меньше 12,5 мг/л, отношение  $\Sigma$  и. к  $\Sigma$  орг. в среднем составляет 0,37; при минерализации 12,5-25,0 мг/л-0,84; при минерализации 25-50 мг/л-1,58; при минерализации 50-100 мг/л-4,05 и при минерализации более 100 мг/л-9,31. Та же закономерность наблюдается в озерах Финляндии и Швеции.

## Летняя биомасса зоопланктона и бентоса в озерах Карелии

Площадь озера, га	Зоопланктон		Бентос г/м <sup>2</sup>	Зоопланктон + бентос	Удельный вес в %		Число наблюдений	
	г/м <sup>3</sup>	г/м <sup>2</sup>			планк- тона	бентоса	п	%
< 10	1,82	7,45	4,24	11,69	63,7	36,3	54	12,9
10-50	1,23	4,80	3,30	8,10	59,3	40,7	146	35,0
50-100	1,17	4,21	3,82	8,03	52,5	47,5	58	13,8
100-500	1,46	5,25	3,42	8,67	60,5	39,5	85	20,3
500-1000	1,11	5,23	4,00	9,23	56,6	43,4	24	5,8
1000-5000	0,88	4,66	2,23	6,89	52,5	47,5	39	9,3
> 5000	0,50	2,90	1,25	4,15	70,0	30,0	12	2,9
Среднее арифм.	1,17	4,94	3,18	8,12	61,0	39,0	418	109
Средне-взвешен.	0,86	3,93	2,40	6,33	62,0	38,0	—	—

Кроме того, нужно отметить, что с ростом содержания органического вещества (растворенного и взвешенного) уменьшается удельный вес органического вещества, приходящегося на живых планктеров.

#### **V. Влияние гидрологических и гидрохимических факторов на кормовую базу и ихтиомассу (97 стр.)**

В настоящее время интенсивно разрабатывается вопрос влияния некоторых гидрологических и гидрохимических показателей на количественное развитие фито-и зоопланктона, бентоса, рыбы (Баранов, 1962; Грицевская и Соколова, 1963; Кудерский, 1963; Лубянов, 1959; Николаев, 1954, 1964, 1968; Петрович, 1968; Слепухина, 1966; Järnefelt, 1956; Larkin a. Northcote, 1956, 1958; Rawson, 1939, 1952, 1955, 1960; Ryder, 1965; Sparrow, 1966 и т. д.).

#### **Биологические показатели и площадь озера**

Как видно из таблицы 3, имеется лишь общая тенденция уменьшения средней биомассы бентоса и зоопланктона с увеличением площади озера. Средневзвешенная летняя биомасса зоопланктона в озерах Карелии составила  $0,86 \text{ г/м}^3$  или  $3,93 \text{ г/м}^2$ , а бентоса— $2,4 \text{ г/м}^2$ . В среднем во всех размерных группах озер летняя биомасса зоопланктона выше чем бентоса.

**Таблица 3**

#### **Биологические показатели и средняя глубина озер**

Одни исследователи (Lundbeck, 1934; Rawson, 1930, 1952, 1955, 1960; Ryder, 1965; Тьнеманн, 1928 и др.) признают обратную зависимость между средней глубиной и продуктивностью озер, другие — прямую (Грезе, 1933), а третьи — вообще не находили какой-либо строгой зависимости между средней глубиной и уровнем развития планктона, бентоса и уловом рыбы на единицу площади (Larkin a. Northcote, 1956, 1958; Reimers, 1955; Sparrow, 1965 и др.).

# Средняя глубина озёр и биологические показатели

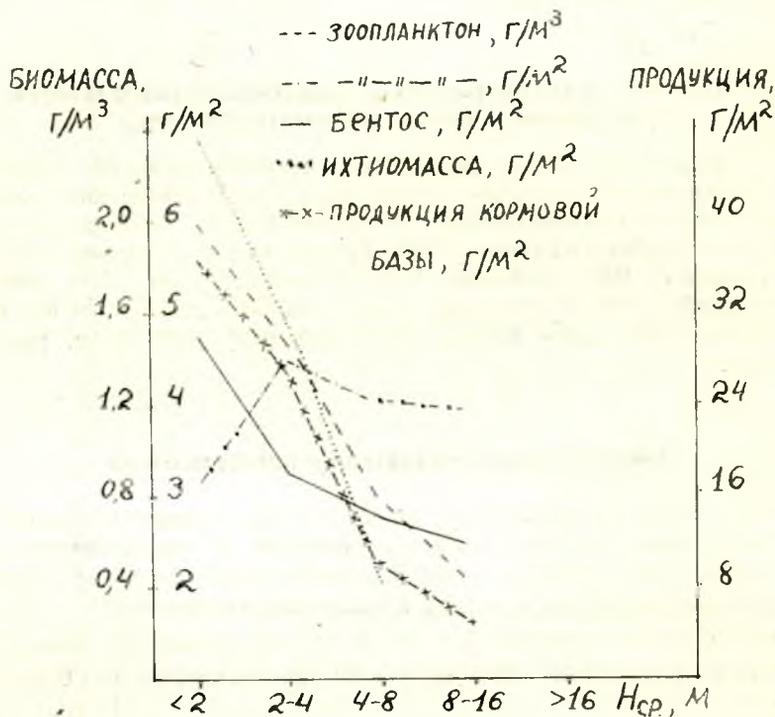


Рис. 2

Сопоставление средней глубины более 400 озёр Карелии и Финляндии с летней биомассой зоопланктона, бентоса, икhtiомассой и продукцией кормовой базы (рис. 2) показало, что между средней глубиной и летней биомассой зоопланктона ( $г/м^3$ ), бентоса, икhtiомассой и продукцией кормовой базы наблюдается обратная зависимость, в то время как между средней глубиной озёр и летней биомассой зоопланктона на единицу площади ( $г/м^2$ ) — прямая до средней глубины 4 м, а затем с увеличением средней глубины биомасса зоопланктона находится на одном уровне — порядка  $4-5 г/м^2$ .

Точно такая же зависимость наблюдается между максимальной глубиной озер и биологическим показателями.

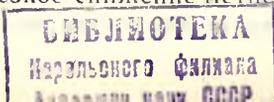
### Биологические показатели и показатель условного водообмена

В настоящее время большинство лимнологов придают большое значение для развития органической жизни в озерах, соотношению их водосборной площади и площади озера, т. е. удельному водосбору и общему характеру водного баланса водоема. В программной работе «Общие основы советской национальной программы работ по изучению продуктивности пресноводных сообществ» метод оценки водного баланса, как базы расчета поступления и выхода веществ из водоема, предлагается для специального изучения в рамках МБП. Ведь еще Birge a. Juday (1926, 1927, 1933) в общей форме указывали, что «See page» менее продуктивны, чем «dreinpage lakes».

Сопоставление показателя условного водообмена озер Карелии с уровнем развития летней биомассы зоопланктона (388) и бентоса (386 озер) показывает, что наибольшее развитие кормовой базы в целом наблюдается в озерах с показателем условного водообмена (ПУВ) 4-16, в то время как наибольшая летняя биомасса зоопланктона в единице объема ( $г\ м^3$ ) характерная для озер с ПУВ 8-16, а бентоса — для озер с ПУВ 4-8. Что касается максимальной величины летней биомассы зоопланктона на единицу площади ( $г/м^2$ ), то она наблюдается в озерах с ПУВ 0,25-1,00.

Uhlmann (1968) экспериментально показал, что в озерах с очень низким содержанием биогенов оптимальный ПУВ имеет более низкое значение, чем в озерах со средним и высоким содержанием биогенов. Так при ПУВ более 100 даже самое высокое содержание биогенов не может вызвать устойчивого «цветения» воды (Uhlmann, 1968; Шлет и Кубышкин, 1968), т. е. низкая продуктивность водоемов зависит не от содержания биогенов, а определяется их очень высокой проточностью.

В связи с тем, что биогены в водах Карелии представлены сравнительно бедно (Баранов, 1962; Харкевич, 1964), то уже при ПУВ более 16 наступает резкое снижение летней биомассы и зоопланктона и бентоса.



Между летней биомассой зоопланктона, бентоса и ихтиомассой и величиной рН и содержанием гидрокарбонатов наблюдается сравнительная четкая прямая зависимость, которая подтверждается данными более чем по 400 озерам Карелии и Финляндии, а также наблюдениями других исследователей (Абросов, 1961, 1963; Грезе, 1933, 1941; Салазкин, 1967; Larkin a. Northcote, 1956, 1958; Rawson, 1960; Alm, 1960 и др.). Однако Ф. В. Теш (1959) при исследовании водохранилищ и озер Германии такой закономерности не наблюдал, что, вероятно, связано с небольшим числом исследованных им водоемов.

В таблице 4 приведены данные по летней биомассе бентоса озер Карелии, Финляндии, Швеции и южной Норвегии, т. е. стран, расположенных в бассейне Балтийского моря, но в основном в пределах Балтийского кристаллического щита. Как видно из таблицы 4, только озера Финляндии имеют среднюю летнюю биомассу бентоса ниже, чем озера южной и средней Карелии, а в водоемах Швеции и Норвегии биомасса бентоса в 2,1 раза выше.

Таблица 4

К сожалению такого сравнения уровня летней биомассы зоопланктона озер Карелии с уровнем летней биомассы зоопланктона озер Финляндии и Швеции мы сделать в настоящее время не можем, т. к. и методика сбора зоопланктона и методика обработки материала гидробиологами СССР несколько отличается от методик, используемых скандинавскими учеными. Поэтому весьма трудно сопоставить огромный фактический материал по зоопланктону озер Финляндии и особенно Швеции с материалами по зоопланктону озер Карелии.

### Ихтиомасса озер бассейна Балтийского моря

С началом использования ихтиоцидов в рыбохозяйственных целях появилась реальная возможность достаточно полно учесть численность рыб, ихтиомассу, возрастную и половую структуру популяций в отдельных озерах. Именно на эту сторону обратили внимание многие исследователи Америки

Биомасса бентоса в озерах расположенных в пределах Балтийского кристаллического щита (Järnefelt, Alm, Valle, Александров, Герд, Гордеев, Гордеева, Гордеева-Перцева, Заболоцкий, Соколова и др.)

Биомасса бентоса, кг/га	Карелия		Финляндия		Швеция		Норвегия		Всего	
	Число наблюдений		Число наблюдений		Число наблюдений		Число наблюдений		Число наблюдений	
	п	%	п	%	п	%	п	%	п	%
< 10,0	124	29,8	38	53,5	10	16,4	—	—	172	30,9
10-30	156	37,5	21	29,6	17	27,9	2	20,0	196	35,1
30-70	78	18,8	10	14,1	23	37,7	5	50,0	116	20,8
70-140	41	9,9	1	1,4	7	11,4	2	20,0	51	9,1
> 140	17	4,0	1	1,4	4	16,6	1	10,0	23	4,1
п (%)	416	100	71	100	61	100	10	100	558	100
ср., кг/га	24,0	—	21,0	—	51,3	—	59,2	—	27,1	—

Ball, 1948 а, б.; Ball а. Hayne, 1943, 1952; Eschmeyr, 1939; Greenbank, 1941; Krumholz, 1948 Rupp а. De Roche. 1965 и др.), ГДР Anwand, 1968 а, б; Nehring, 1964; Schäperklaus, 1963 а, б), Дании Larsen, 1961), СССР (Бурмакин, 1958, 1960 а, б, 1965; Бурмакин и Жаков, 1961; Горбачев, Никоноров, Шангин, 1968; Гордеева, Заболоцкий, Китаев, 1961; Китаев, 1961, 1963, 1964 ~~Иксосон. Иксосон. Иксосон. Иксосон. Иксосон. Иксосон~~ а, б; Меншуткин, Жаков, 1964; Мамаев, 1964; Невядомская, 1964; Никоноров, Горбачев, Шангин, 1963; Руденко, 1962 а, б; 1966, 1967 а, б; Шевцов, 1963; Якубаускене, Буникис, 1963, Финляндии (Abweniemi, 1961; Ekström, 1961; Peippo, 1964; Toivonen, 1962, 1964; Tuuhainen, 1964; Wikgren, 1964), Швеции (Berzins, 1957), Чехословакии (Balon, 1963, 1966, 1968; Lac, Erte, 1961; Oliva, 1957 а, б, 1959, 1960 а, б).

В общей сложности к 1970 г. имеются сведения по ихтиомассе 94 озер бассейна Балтийского моря (таблица 5), обработанных ихтиоцидами (ротенон, полихролпинен, ДДТ и др.). На основании данных по учету травленой рыбы все водоемы по уровню ихтиомассы разбиты на пять групп:

Очень низкая ихтиомасса	—	менее 10 кг/га
низкая	»	— 10-25 кг/га
средняя	»	— 25-50 кг/га
высокая	»	— 50-100 кг/га
Очень высокая	»	— более 100 кг/га

В озерах Карелии ихтиомасса изменялась от 1,8 до 160,9 кг/га (Китаев, 1964); в Финляндии — от 2,4 до 103,4 кг/га (Abweniemi, 1961; Toivonen, 1962, 1964), в Швеции 43,0-74,0 кг/га (Berzins, 1957) — все эти озера расположены в пределах Балтийского кристаллического щита, а в озерах бассейна Балтийского моря, но за пределами кристаллического щита (Дания, ГДР, ЧССР, БССР, Лит. ССР, Псковской и Ленинградской обл.) ихтиомасса изменялась от 7,3 до 1006,0 кг/га. Соответственно средняя ихтиомасса в малых озерах южной и средней Карелии — 33,3 кг/га; Финляндии 36,5 кг/га, в областях за пределами Балтийского кристаллического щита — 94,0 кг/га, т. е. в 2,6-2,7 раза больше, чем в озерах Карелии и Финляндии.

Изменение ихтиомасы озер в пределах бассейна Балтийского моря  
(Бурмакин, Жаков, Китаев, Руденко, Мельянцеv, Невядомская,  
Abweniemi, Anwand, Balon, Bergöns, Ekström, Larsen, Oliva, Toivonen и др.)

Общая ихтиомасса, кг/га	Озера в пределах Балтийского кристаллического щита				Озера за пределами Балтий- ского кристаллического щита (Лен. обл. Псковск. Липов- ская ССР, БССР, ГДР, Дания, Чехословакия)		Всего	
	Карелия		Финляндия и Швеция		n	%	n	%
	n	%	n	%				
<10	11	34,4	4	10,5	1	4,2	16	17,0
10-25	10	31,3	16	42,1	2	8,3	28	29,8
25-50	8	25,0	10	26,3	5	20,8	23	24,5
50-100	2	6,2	7	18,5	5	20,8	14	14,9
> 100	1	3,1	1	2,6	11	45,9	13	13,8
n (%)	32	100	38	100	24	100	94	100
Ср., кг/га	33,3(27,7*)		36,5(18,6*)		94,0		47,2	

\*) без учета затонувшей рыбы (21,7%)

## Видовой состав рыб и площадь озера

Наиболее полные и достоверные сведения по видовому составу рыб и основным лимнологическим показателям имеются по 424 озерам Карелии, 272 озерам Финляндии и 100 озерам средней Швеции, т. е. всего 796 водоемам.

Все озера Карелии и Финляндии взяты площадью до 500 км<sup>2</sup>, а средней Швеции — до 10 км<sup>2</sup>. Они разбиты на 10 (для Швеции 7) групп: менее 1 га, 1-5; 5-10; 10-50; 50-100; 500-1000; 1000-5000; 5000-10.000 и более 10000 га.

Для каждой размерной группы озер определялся видовой состав рыб отдельно. Такой способ обработки материала позволяет получить не только данные в целом по всем исследованным озерам, но, зная число озер республики (соответственно Финляндии и Швеции) и распределение их по размерам акватории, вычислить среднее взвешенное распределение разных видов рыб для общего числа озер республики или страны. Кроме того этот способ обработки материала позволил выявить изменения видового состава рыб в зависимости от площади озера. Обычно с увеличением площади озера растет число видов рыб живущих в нем.

В озерах Карелии, Финляндии и Швеции (бассейн Балтийского моря) площадью до 500 км<sup>2</sup> обитает в общей сложности 42 вида рыб, но наиболее часто встречаются 23, распределение которых в разных по площади озерах и рассматривается в диссертации. Наиболее широко распространенными видами рыб являются представители boreального равнинного фаунистического комплекса/окунь, плотва, щука, ерш/, далее — представители арктического пресноводного /налим, сиги, ряпушка, корюшка, лосось, форель/, а представители понтокаспийского фаунистического комплекса/ укля, лещ, густера, красноперка, судак/ наиболее широко встречаются в озерах Финляндии, реже — в озерах Карелии и еще реже — озерах средней Швеции.

Все исследованные озера /60/, в которых был произведен более или менее полный учет всей рыбы, по составу руководящих видов рыб в ихтиоценозе, были разбиты на 7 групп: щучьи, чисто окуневые, окунево-щучьи, окунево-плотвичные, плотвично-окуневые, лещево-плотвичные и карасевые. Наименование групп дано по преобладающей рыбе или рыбам, вес которых в общей ихтиомассе составлял более 50%. Наименьшая ихтиомасса характерна для щучьих озер — она, по одному озеру, составила всего 7,5 кг/га. Затем идут окунево-

щучьи — 21,3 кг/га; в чисто окуневых — 24,9 кг/га; окунево-плотвичные — 25,5 кг/га. В озерах, где основу ихтиоценоза составляли плотва или лещ и плотва, ихтиомасса в среднем достигала 63,4-105,0 кг/га, но если водоем населен одним карасем, то средняя ихтиомасса падает до 28,0 кг/га.

В настоящее время уже разработаны способы расчета продукции беспозвоночных по величине их потребления рыбами в озерах /Метод определения продукции водных животных, 1968/. При этом самое трудное в этом методе заключается в определении ихтиомассы, что можно преодолеть, в некоторых случаях, с помощью ихтиоцидов. Зная общую ихтиомассу озера, суммарную кормовую базу, удельный вес хищников-ихтиофагов в ихтиоценозе и кормовые коэффициенты для бенто-и планктофагов и ихтиофагов /или годовые рационы/ можно рассчитать наименьшие величины Р/В коэффициента для зоопланктона и бентоса. Анализ зависимости Р/В коэффициента суммарной кормовой базы /зоопланктон+бентос/ от некоторых гидрологических и гидрохимических показателей показал, что наибольшая зависимость наблюдается между термическими группами озер, средней глубиной и Р/В коэффициентом; несколько меньше — между максимальной глубиной, площадью озер и Р/В коэффициентом. Сравнительно мало зависит Р/В коэффициент от прозрачности воды, отношения  $\frac{N_{пр.}}{N_{ср.}}$ , концентрации гидрокарбонатов.

Исходя из экологических условий, состояния кормовой базы и скорости ее воспроизводства в зависимости от некоторых гидрологических и гидрохимических показателей сделана попытка оценить возможный вылов рыбы из озер южной и средней Карелии, расположенных в бассейне Балтийского моря /без Ладожского и Онежского/.

Таблица 6

Данные таблицы 6 свидетельствуют, что для вылова 27-38 тыс. ц рыбы необходимо тщательно обловить свыше 12 тыс. озер, что в настоящее время рыбной промышленности сделать невозможно. Средний вылов рыбы в кг. с га водной площади составит всего 5,2-7,3 и она представлена, особенно в озерах площадью не более 1000 га, малоценной рыбой /плотва, окунь, ерш/. Поэтому необходимо не только увеличить вылов с единицы площади внутренних водоемов, но и улучшить качественный состав уловов рыбы, путем активного вмешательства человека в жизнь озер.

**Возможный вылов рыбы из всех озер Балтийского бассейна Карелии  
(без Ладожского и Онежского) с учетом экологических условий  
и при максимально допустимом облове всех водоемов**

Группа озер по площади, га	Бентос		Планктон		Биологич. продукция бентофагов и планктофагов, кг/га	Удельный вес хищников в ихтиоценозе		Числовая продукция за вегетационный период		Число и площ. озер бассейна Балтийск. моря		Общий вылов рыбы при условии облова всех озер, ц
	г м <sup>2</sup>	биологич. продукция бентофагов, кг/га	г м <sup>2</sup>	биологич. продукция планктофагов, кг/га		% от общей ихтиомассы	коэфф. снижения биологич. продукции	кг/га	вылов 50-75% чистой продукции, кг/га	число озер	площадь, кв	
<10	4,24	11,7	7,45	14,3	26,0	10	0,63	20,0	10,0-15,0	9410	260	2600-3900
10-50	3,30	8,8	4,80	9,6	18,4	10	0,63	15,0	7,0-10,5			
50-100	3,82	10,4	4,21	9,2	19,5	10	0,63	13,0	6,5-9,8	2424	708	5400-7200
100-500	3,42	9,0	5,25	11,4	20,4	10	0,63	14,0	7,0-8,9			
500-1000	4,00	13,0	5,33	8,7	21,7	15	0,53	13,0	6,5-9,8	467	1285	8800-13100
1000-5000	2,23	5,7	4,61	6,9	12,6	15	0,53	7,8	3,9-5,9			
> 5000	1,25	2,8	2,90	3,8	6,6	15	0,53	4,8	2,3-3,4	70	2920	10200-13600
Всего:										12371	5175	27000-37300

## ВЫВОДЫ

1. Сопоставление экологических условий обитания гидробионтов в 1076 озерах Карелии, Финляндии и Швеции, расположенных в пределах Балтийского кристаллического щита, подтверждает положение Л. Л. Россоломо /1964/ о выделении территории этого щита в биолимнологическую область железо-кремнеземо-гумсового накопления. Одним из отрицательных с рыбохозяйственной точки зрения типологических показателей этой лимнологической области является слабое накопление автохтонного органического вещества и как следствие — очень малый удельный вес эвтрофных озер.

2. Еще С. В. Герд указывал, что в Карело-Кольской лимнологической области не встречаются типичные эвтрофные озера, а они расположены южнее 60 параллели за пределами кристаллического щита /С. К./. Если же в южной Карелии, Финляндии и Швеции встречаются эвтрофные озера, то местонахождение их, прежде всего, связано с культурным ландшафтом — эвтрофия таких озер является следствием хозяйственной деятельности человека.

3. Данные по озерам Карелии, Финляндии и Швеции указывают, что уровни биомассы зоопланктона, бентоса, рыбы и продукции кормовой базы изменяются постепенно, так же как это наблюдается в отношении минерализации, рН, содержания кислорода,  $\text{CO}_2$ , цветности, строения озерных ванн и т. д.. Как совершенно справедливо пишет Г. Г. Винберг /1960/, олиготрофный и эвтрофный типы озер представляют собой обобщенную характеристику крайних членов некоторого непрерывного ряда природных объектов.

4. В Карелии, Финляндии и Швеции встречаются все размерные типы водоемов /кроме озер-морей / классификации озер мира П. В. Иванова /1949/.

5. На основании данных по озерам Карелии, Финляндии и Швеции установлены размерные классы /5/ средней и максимальной глубины, удельного водосбора, показателя условного водообмена, прозрачности, цветности, содержания  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3$  величины рН, общей минерализации, перманганатной окисляемости, содержания органического вещества, летней биомассы зоопланктона, бентоса, суммарной кормовой базы и ихтиомассы, характерны для водоемов, расположенных в пределах Балтийского кристаллического щита.

6. Выяснено, что можно определить порядок средней глубины и показатель условного водообмена озер картографо-статистическим методом.

7. Предложено делить озера на термические группы в зависимости от соотношения зон пелагиали и бентали и на оптические — в зависимости от величины отношения прозрачности /по диску Секки/ к средней глубине водоема  $\left(\frac{H_{пр.}}{H_{ср.}}\right)$ .

8. В результате статистической обработки данных по 427 озерам Карелии была установлена корреляционная связь между летней биомассой зоопланктона, бентоса, ихтиомассой, продукцией кормовой базы и основными гидрологическими и гидрохимическими показателями.

9. Линия регрессии зоопланктона, бентоса, ихтиомассы и продукции кормовой базы по каждому из основных гидрологических и гидрохимических показателей несколько различны, причем характер регрессии зоопланктона на единицу площади  $/г/м^2/$  довольно значительно отличается от характера регрессии зоопланктона в единице объема  $(гм^3)$  по одному и тому же гидрологическому или гидрохимическому показателю.

10. В каждом гидрологическом и гидрохимическом показателе можно выделить зоны наиболее благоприятные для развития зоопланктона, бентоса, ихтиомассы и продукции кормовой базы и зоны угнетения для этих же показателей.

11. Зная гидрологические и гидрохимические показатели озера, можно определить примерную летнюю биомассу зоопланктона и бентоса, значительно в меньшей степени — ихтиомассу.

12. Чем меньше площадь озера и чем оно выше расположено над уровнем моря, тем меньшее число видов рыб живет в нем постоянно.

13. Когда основу ихтиоценоза составляют окунь или щука ихтиомасса в среднем достигает 10-30 кг/га, в то время как в плотвично-окуневых и лещево-плотвичных озерах — 50-100 кг/га.

14. В среднем по всем озерам южной и средней Карелии /без Ладожского и Онежского/ в естественном состоянии возможен вылов 5-7 кг рыбы с одного га водной площади.

Автором опубликовано и сдано в печать 24 статьи, в том числе по теме диссертации:

1. Опыт применения полихлорпинена для уничтожения малоценной рыбы в условиях плотвичного озера. — IX научная конференция по изучению водоемов Прибалтики. Тезисы докладов, Рига, 1961 /в соавторстве с Гордеевой Л. И. и Заболоцким А. А./.

2. Опыт применения полихлорпинена для уничтожения малоценной и сорной рыбы в малых озерах южной Карелии. — Сессия Ученого совета по проблеме «Теоретические основы рационального использования, воспроизводства и повышения рыбных и нерыбных ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии.» Тезисы докладов, Петрозаводск, 1961.

3. Опыт применения полихлорпинена для уничтожения малоценной и сорной рыбы в малых озерах южной Карелии. — Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов, вып. 1, М.-Л., 1963.

4. Опыт применения полихлорпинена для уничтожения малоценной рыбы в условиях плотвичного озера. — Гидробиология и ихтиология внутренних водоемов Прибалтики, Рига, 1963 /в соавторстве с Гордеевой Л. И. и Заболоцким А. А./.

5. О структуре популяции окуня в разных типах озер. — Сессия Ученого совета по проблеме «Теоретические основы рационального использования, воспроизводства и повышения рыбных и нерыбных ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии». Петрозаводск, 1964.

6. Использование полихлорпинена для подготовки озер к зарыблению. — Рыбное хозяйство Карелии, вып. 8, Петрозаводск, 1964.

7. Опыт выращивания рыбы в озерах, обезрыбленных полихлорпиненом — там же.

8. Эффективность действия полихлорпинена в зависимости от его концентрации и условий. — Известия ГосНИОРХ, т. 57, Л.-д, 1964.

9. Бенталь озер и принцип деления ее на зоны. Лимнологические типы озер в зависимости от их глубины. — XII научная конференция по изучению внутренних водоемов Прибалтики. Тезисы докладов, Вильнюс, 1965.

10. О соотношении прозрачности воды и средней глубины озер и о влиянии этого фактора на летнюю биомассу зоопланктона бентоса. — Седьмая сессия Ученого совета по

проблеме: «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Карелии». Тезисы докладов, Петрозаводск, 1968.

11. О зависимости летной биомассы зоопланктона и бентоса озер Балтийского бассейна Карелии от гидрологических и гидрохимических показателей. — Конференция молодых биологов Карелии. Тезисы докладов, Петрозаводск, 1968.

12. Изменение некоторых гидрологических и гидрохимических показателей озер Карелии /Балтийский бассейн/ в зависимости от их площади. — Материалы XXII гидрохимического совещания, вып. 111, Новочеркасск, 1969.

13. К возможности определения средней глубины и показателя условного водообмена озер картографо-статистическим методом. — Восьмая сессия Ученого совета по проблеме: «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера». Тезисы докладов. Петрозаводск, 1969.

14. Об определении критической концентрации планктона в водоемах. — Охрана и рациональное использование живой природы водоемов Казахстана. Материалы конференции, Алма-Ата, 1969.

15. Термические и оптические условия фотосинтеза водных растений в димиктических озерах разного типа и влияние этих условий на летнюю биомассу зоопланктона и бентоса. /в печати, Минск/.