

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНКТОНА И ПЛАНКТОЯДНЫХ РЫБ ОЗЕРА БАЙКАЛА

М. М. КОЖОВ

(Байкальская биологическая станция Биолого-географического института
при Иркутском университете им. А. А. Жданова)

В настоящей статье приводятся материалы о вертикальном распределении планктона в Байкале и о сезонных вертикальных миграциях планктоядных рыб — омуля, голомянки и бычков *Cottocomephorus* в зависимости от сезонных изменений факторов среды. Мы считаем, что сообщаемые здесь и основанные на многолетних наблюдениях данные о сезонных явлениях в толще вод Байкала в их взаимной связи помогут более глубоко понять закономерности вертикальных и горизонтальных перемещений планктоядных рыб в Байкале и обусловленность их важнейшими факторами внешней среды, а именно наличием пищи и ее изменениями во времени и пространстве, сезонной сменой температур и т. д. Знание этих закономерностей необходимо для успеха промысла и промысловой разведки, особенно такой ценной рыбы, как байкальский омуль.

Биологическая весна на Байкале начинается в последних числах февраля — первых числах марта, а на мелководьях еще раньше. К этому времени в подледном слое воды накапливаются весенние холодолюбивые формы водорослей — диатомей *Melosira*, *Cyclotella*, *Synedra* и др., а также перидиней, приступающие к размножению. Возможно, что подъем жизнеспособных клеток водорослей из глубин в верхние слои воды начинается еще осенью и зимой.

В январе количество клеток диатомей в водах Байкала очень невелико, но в марте в верхнем, подледном слое их уже довольно много (рис. 1 и 2). Они концентрируются преимущественно в слое между льдом и глубиной 10 м. В марте заметно увеличивается численность перидиней, особенно *Gyrodinium* sp., сначала в самом верхнем, подледном слое воды, а затем и глубже. Но, как правило, наибольший расцвет жизни подо льдом приходится на вторую половину апреля. В это время в самом верхнем слое воды развиваются перидиней, а иногда и мелкие зеленые жгутиконосцы. Более глубокие слои в это время бывают заняты мелозирой или циклотеллой. В конце апреля максимум количества диатомей наблюдается обычно в слоях между 5 и 40 м, причем в слое 30—40 м, очевидно, накапливаются как вегетирующие, так и отмирающие клетки.

Как было показано ранее (Антипова и Кожов, 1953), в различные годы преобладают разные виды диатомей. Так, в 1946, 1950 и 1953 гг. весной в Байкале преобладала *Melosira baicalensis* (C. Meyer) Wisb. (в некоторых районах — *M. Binderana*), при очень малой численности *Cyclotella baicalensis* (C. Meyer) Skw. В другие годы преобладала *Cyclotella*.

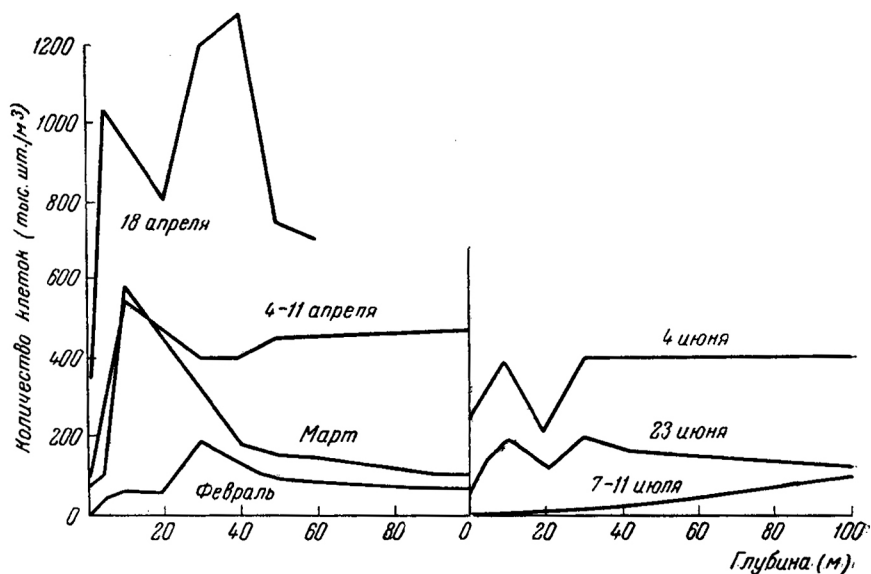


Рис. 1. Вертикальное распределение *Cyclorella* в 1949 г. в Байкале, в районе Б. Котов, в тыс. клеток в 1 м^3 воды (по материалам Н. Л. Антиповой, обработанным осадочным методом).

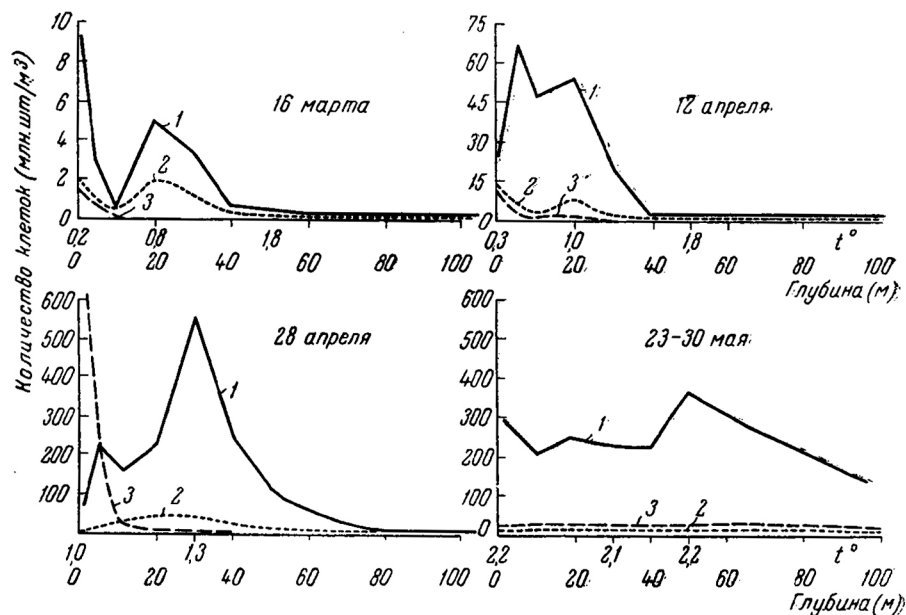


Рис. 2. Вертикальное распределение главнейших форм фитопланктона в 1950 г. в открытом Байкале, в районе Б. Котов, в млн. клеток в 1 м^3 воды (по материалам Н. Л. Антиповой, обработанным осадочным методом):

1 — *Melosira*; 2 — *Synedra*; 3 — *Peridinei*.

На рис. 2 показано вертикальное распределение главнейших форм фитопланктона в открытых водах Байкала в районе Б. Котов в различные сезоны 1950 г., который был годом необычайно мощного развития диатомей *M. baicalensis*. На рис. 1 показано вертикальное распределение

Таблица 1

Дневное вертикальное распределение *Epischura baicalensis* в Байкале, в районе Б. Котов, в среднем за 1947, 1948, 1949 и 1951 гг.

(количественные сети из газа № 50—59)

Месяц	Общее количество взрослых и копеподитов (тыс. экз.)	Взрослые			Копеподиты (%)			Науплиусы				Общий сырой вес биомассы в слое 0—250 м (г под 1 м²)
		из них (%)			в слое 0—50 м	в слое 50—150 м	в слое 150—250 м	общее количе- ство (тыс. экз.)	из них (%)			
		в слое 0—50 м	в слое 50—150 м	в слое 150—250 м					в слое 0—50 м	в слое 50—150 м	в слое 150—250 м	
Январь	100	24	76		50	50		810	70	25	5	7
Февраль	105	29	43	28	50	50		1000	58	26	16	9
Март	150	65	21	14	85	12	3	800	72	23	5	9
Апрель	320	58	25	17	77	20	3	680	70	30		12
1-я половина мая	180	33	57	10	68	21	11	525	73	15	12	10
2-я » »	300	50	36	14	59	36	5	840	58	22	20	15
1-я » июня	410	34	43	23	45	45	10	1200	46	40	14	20
2-я » »	470	25	61	14	55	25	20	1750	37	31	32	22
Июль	650	35	40	25	81	14	5	1800	71	15	14	23
Август	1250	23	43	34	75	18	7	500	83	15	2	35
Сентябрь	1450	29	42	29	52	30	18	270	63	20	17	39
1-я половина октября	820	32	50	18	42	44	14	210	48	39	13	22
2-я » »	500	24	32	44	24	51	25	190	25	55	20	20
Ноябрь	240	28	26	48	18	36	46	220	22	43	35	11
Декабрь	115	—	—	—	33	33	34	400	18	46	36	4

диатомеи *Cyclotella baicalensis*, преобладавшей в Байкале в 1949 г. Что касается перидиней (*Gymnodinium* sp. sp.), то в большом количестве они появляются, повидимому, ежегодно в марте—апреле, но длительность их массового развития не велика и вглубь они далеко не проникают (см. рис. 2). Отмирая, они, вероятно, быстро разрушаются и потому глубже 10—20 м встречаются лишь в незначительном количестве или даже единично.

В известном соответствии с периодом максимального развития и началом погружения водорослей вглубь находится и распределение бактерий в водах Байкала в весенний период. По исследованиям О. Кожовой, в первой половине года максимум численности бактерий в водах Байкала в том же районе Б. Котов наблюдается в конце марта, апреле и мае. Так, 30 марта наибольшие количества их (около 20—40 тыс./см³) были обнаружены в слое 5—25 м, а в середине мая — в слое 0—50 м (40—77 тыс./см³).

Параллельно росту численности водорослей в подледный период постепенно усиливается темп размножения массовой формы байкальского зоопланктона и главного, наиболее важного потребителя водорослей — рачка *Epischura baicalensis* Sars. В табл. 1 приведены материалы о вертикальном распределении этого рачка в среднем за 1947, 1948, 1949 и 1951 гг. в толще воды глубиной 0—250 м. Из расчета исключен 1950 г., когда *Epischura* был представлен очень бедно и его заменял байкальский циклоп. В табл. 2 помещены материалы о вертикальном распределении

**Дневное вертикальное распределение *Epischura baicalensis* в
(количественная сеть)**

Время наблюдений	Количество экземпляров	Взрослые							
		0—250	0—10	10—25	25—50	50—100	100—150	150—250	250—500
15/I	Под 1 м ² } тыс. шт.	25	—	—	—	—	—	—	22,0
	%	100	0	16,0	8,0	0	0	76,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	0	0,27	0,08	0	0	0,19	0,09
16/II	Под 1 м ² } тыс. шт.	48	—	—	—	—	—	—	18
	%	100	0	17,0	0	0	56,0	27,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	0	0,54	0	0	0,54	0,13	0,07
15/III	Под 1 м ² } тыс. шт.	34	—	—	—	—	—	—	22
	%	100	12,0	0	30,0	23,0	6,0	29,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	0,40	0	0,40	0,16	0,04	0,10	0,09
26/IV	Под 1 м ² } тыс. шт.	78	—	—	—	—	—	—	23
	%	100	0	23,0	23,0	14,0	10,0	30,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	0	1,20	0,72	0,22	0,16	0,23	0,10
28/IV	Под 1 м ² } тыс. шт.	61	—	—	—	—	—	—	—
	%	100	0	5,0	70,0	6,0	6,0	13,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	0	0,20	1,68	0,08	0,08	0,08	—
18/VI	Под 1 м ² } тыс. шт.	146	—	—	—	—	—	—	26
	%	100	4,0	11,0	9,0	12,0	36,0	28,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	0,20	0,40	0,20	0,14	0,40	0,16	0,10
12/VII	Под 1 м ² } тыс. шт.	46	—	—	—	—	—	—	31
	%	100	13,0	15,0	0	22,0	20,0	30,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	0,60	0,47	0	0,20	0,18	0,14	0,15
14/VIII	Под 1 м ² } тыс. шт.	40	—	—	—	—	—	—	40
	%	100	23,0	30,0	17,0	10,0	7,0	13,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	0,90	0,80	0,28	0,08	0,06	0,05	0,16
20/IX	Под 1 м ² } тыс. шт.	379	—	—	—	—	—	—	37
	%	100	8,0	9,0	12,0	18,0	26,0	27,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	2,90	2,20	2,00	1,36	2,02	0,99	0,15
30/X	Под 1 м ² } тыс. шт.	208	—	—	—	—	—	—	—
	%	100	0	1,0	13,0	12,0	14,0	60,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	0	0,10	1,00	0,50	0,60	1,26	—
28/XI	Под 1 м ² } тыс. шт.	50	—	—	—	—	—	—	2
	%	100	6,0	14,0	8,0	14,0	12,0	46,0	—
	В 1 м ³ (тыс. шт.)	—	0,30	0,50	0,20	0,20	0,10	2,30	—

Epischura в 1951 г. до глубины 500 м по фракциям 0—10, 10—25, 25—50, 50—100, 100—150, 150—250 и 250—500 м.

Из этих, а также ранее опубликованных материалов видно, что после осеннего минимума, начиная с ноября—декабря, численность науплиусов *Epischura* увеличивается: начинается зимне-весенняя волна размножения этого рачка. Сначала размножение идет в глубоких слоях воды, преимущественно на глубине 100—250 м. Но уже в январе замечается подъем науплиусов в верхние слои; постепенно подтягиваются из глубин ближе к поверхности также копендитные стадии рачков. Если в декабре в слоях глубже 50 м было не менее 80—90% общего количества рачков, то в январе отношения меняются: от 60 до 80% науплиусов теперь обнаруживаются в верхнем 50-метровом слое.

Таблица 2

районе Б. Котов в 1951 г. под 1 м² и в 1 м³ в слоях 0—500 м
из газа № 50—59)

Копеподиты								Науплиусы							
0—250	0—10	10—25	25—50	50—100	100—150	150—250	250—500	0—250	0—10	10—25	25—50	50—100	100—150	150—250	250—500
4	—	—	—	—	—	—	0	1930	—	—	—	—	—	—	409
100	0	50,0	0	0	0	50,0	0	100	13,0	28	21	27,0	2,0	9,0	—
—	0	0,13	0	0	0	0,02	0	—	24,60	36,00	16,00	10,40	0,62	1,91	1,70
7	—	—	—	—	—	—	4	2272	—	—	—	—	—	—	87
100	0	48	0	0	0	52	—	100	20	33	19	17,0	7,0	4,0	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	46,00	51,00	18,00	7,66	3,20	0,68	0,35
6	—	—	—	—	—	—	0	1247	—	—	—	—	—	—	9
100	—	—	—	—	—	0	0	100	30,0	18	15,0	26,0	4,0	7,0	—
—	0	0,13	0,08	0,04	0	—	—	—	37,40	15,00	7,80	6,46	1,02	0,83	0,04
81	—	—	—	—	—	—	0	929	—	—	—	—	—	—	51
100	13,0	44,0	11,0	3,0	23,0	6,0	—	100	30,0	32	10	16	7,0	5,0	—
—	1,10	2,40	0,36	0,04	0,38	0,04	0	—	27,3	19,00	4,00	3,00	1,20	0,52	0,20
198	—	—	—	—	—	—	—	1323	—	—	—	—	—	—	—
100	9,0	33,0	23,0	12,0	20,0	3,0	—	100	17,0	32,0	23,0	17,0	6,0	5,0	—
—	0,15	1,31	0,80	0,20	0,34	0,14	—	—	23,20	27,80	12,80	46,40	1,56	0,43	—
480	—	—	—	—	—	—	3	1992	—	—	—	—	—	—	360
100	2,0	43,0	15,0	12,0	20,0	8,0	—	100	4,0	21,0	21,0	35,0	10,0	9,0	—
—	0,70	9,40	2,00	0,76	1,20	0,30	0,01	—	8,60	28,40	16,90	13,90	3,80	1,73	1,40
46	—	—	—	—	—	—	1	1582	—	—	—	—	—	—	28
100	30,0	28,0	14,0	14,0	14,0	0	—	100	30,0	20,0	17	8,0	18,0	7	—
—	1,30	0,80	0,28	0,14	0,14	0	—	—	48,60	21,10	11,00	2,50	5,60	1,00	0,11
768	—	—	—	—	—	—	8	1507	—	—	—	—	—	—	14
100	22,0	43	22	1	1	1	—	100	44,0	23	21,0	10,0	1,0	1,0	—
—	16,30	—	—	—	—	—	—	—	66,20	23,00	12,80	3,18	0,26	0,09	0,05
4106	—	—	—	—	—	—	3	821	—	—	—	—	—	—	2
100	13,0	20	25,0	26,0	11,0	5,0	—	100	4,0	6,0	11,0	42	28,0	9,0	—
—	55,70	55,00	38,00	21,40	8,90	2,60	—	—	3,30	3,50	3,50	7,00	4,50	0,70	—
957	—	—	—	—	—	—	—	460	—	—	—	—	—	—	—
100	4,0	3,0	13,0	19,0	31,0	30,0	—	100	2,0	8,0	11,0	21,0	20,0	38,0	—
—	4,00	2,10	5,00	3,60	5,80	2,80	—	—	1,00	0,50	0,40	0,80	1,80	1,70	—
75	—	—	—	—	—	—	—	385	—	—	—	—	—	—	—
100	4,0	4,0	9,0	14,0	9,0	60,0	—	100	5,0	7,0	8,0	22,0	12,0	48,0	—
—	0,30	0,20	0,30	0,20	0,15	0,45	—	—	1,80	1,70	1,20	1,70	0,90	1,80	—

В некоторые годы (например, в 1946 и 1950), которым предшествовала длительная и теплая осень, зимне-весенний цикл размножения *Erischura* начинается уже с осени в глубоких слоях воды, за пределами 150—300 м. В такие годы в январе в верхних слоях воды обнаруживаются половозрелые циклопы, а вместе с ними нередко единично встречаются *Daphnia longispina*, *Bosmina* sp., *Diaptomus graciloides*.

В первые недели после установления ледового покрова зоопланктон количественно не богат и общая биомасса его составляет около 7 г под 1 м² в слое 0—250 м; из них около 2/3 — в верхнем 50-метровом слое. По весу в это время преобладают науплиусы *Erischura*, скопления которых днем в центре их вертикального распределения на глубине 10—25 м в некоторые годы доходят до 50—70 тыс. экз./м³, а общее количество

в слое 0—50 м до 2000 тыс. экз. под 1 м² (1951 г.). В иные же годы численность науплиусов *Epischura* бывает гораздо меньшей; в январе в открытых районах Южного Байкала среднее количество их за 4 года составило 570 тыс. экз. под 1 м² в слое 0—50 м (800 тыс. экз. в слое 0—250 м).

В некоторые годы в открытых районах численность инфузорий, преимущественно из *Tintinnididae*, в слое 0—50 м в январе достигает 1500 тыс. экз. под 1 м², или 30 тыс. экз./м³, с максимальной концентрацией 160 тыс. экз./м³ (определена осадочным методом). В верхнем слое воды коловраток обычно наблюдается меньше, чем науплиусов и инфузорий.

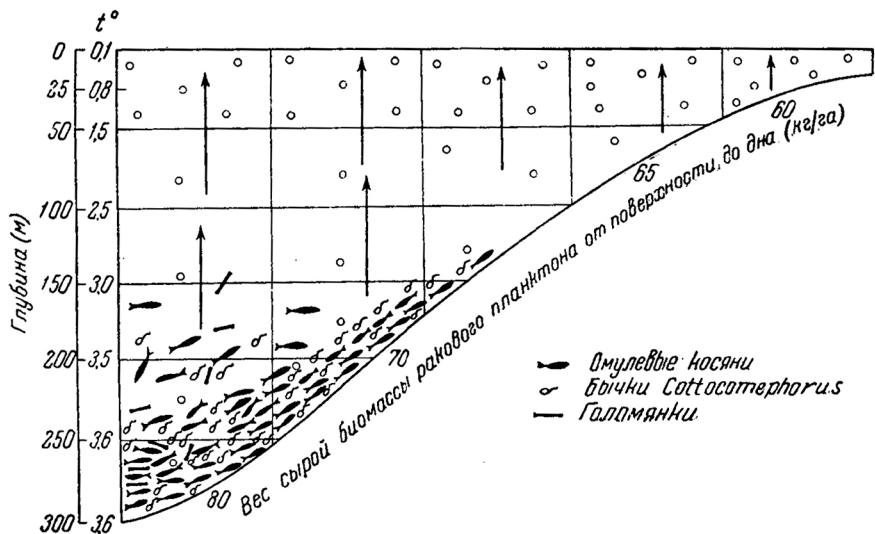


Рис. 3. Схема вертикального распределения ракового планктона и планктонных рыб Байкала в слое глубин 0—300 м зимой (январь—февраль).

Кружками обозначена биомасса ракового планктона; один кружок соответствует 10 кг/га биомассы в данном слое.

Стрелками показано преобладающее направление вертикальных перемещений зоопланктона. Температура указана на 1 февраля в открытых районах.

Потребителей ракового планктона в январе немного. Омуль и бычки в это время находятся еще на местах зимовок, на глубине 200—300 м, т. е. в более теплых, чем вверху, слоях воды (рис. 3).

Старшие возрастные группы бокоплава *Macrochertopus*, а также голомьянки в верхних слоях в заметных количествах пока не появляются.

В феврале и марте количество водорослей в верхнем слое воды заметно увеличивается: весна явно вступает в свои права. В этот период наибольшая концентрация диатомей наблюдается в слое от поверхности до глубины 10—15 м. У самого льда начинают развиваться перидинеи и иногда зеленые жгутиковые, постепенно заселяющие первый десяток метров, преимущественно же на глубине 0—5 м. К этому времени в верхних слоях накапливается основная масса фитопланктофагов. Большая часть науплиусов и младшие группы копепоидитной стадии *Epischura* концентрируются теперь в самом верхнем слое воды (0—5 и 0—10 м). Обычно в феврале—марте наблюдается максимум численности науплиусов *Epischura*, доходящий до 2000 экз. под 1 м² в слое 0—250 м; из них 70—80% встречается в верхнем 50-метровом слое. С этого времени увеличивается количество рачков молодых, копепоидитных стадий, численность же науплиусов в апреле резко падает. Таким образом, копепоидитные ста-

дии главного потребителя фитопланктона Байкала — рачка *Erischura* — появляются ко времени максимального развития диатомового планктона.

Глубокой осенью бокоплав *Macrohectopus* рассеивается в толще вод, и главная его масса (70—90%) живет в это время на глубине около 300—500 м и ниже. В районах, где глубины не превышают 200—500 м, основная масса *Macrohectopus* скапливается в придонном слое и здесь служит объектом зимнего питания омуля, бычков и голомянок; зимой можно ожидать таких же придонных скоплений *Erischura*.

Как было показано ранее, у *Macrohectopus* намечаются два максимума численности молоди. Это, возможно, соответствует двум биологически различным формам этого рачка. Один из максимумов приходится на весну (апрель—май), другой на лето (июль—сентябрь). Зимой суточные вертикальные миграции этого рачка затухают, но в марте снова становятся заметными. Основная масса рачков и почти вся их молодежь сосредотачиваются теперь в слое 100—300 м; в темное время суток отсюда они начинают перемещаться в верхние подледные слои, где молодежь этих рачков питается водорослями, а более крупные рачки истребляют молодежь *Erischura*.

Аналогичным образом ведут себя голомянки. Поздней осенью голомянки рассеиваются в толще вод, погружаясь в глубокие слои; зимой они встречаются в рассеянном состоянии за пределами глубин 100 м, преимущественно в слое 150—300 м. В относительно мелководных районах голомянки накапливаются в нижних слоях глубин 250—350 м и в значительных количествах прилавливаются вместе с омулем во время подледного промысла. Личинки голомянок встречаются в водах круглый год, но максимум численности молоди (личинки и первых стадий мальков) в водах Байкала наблюдается в апреле, мае и июне, а также в конце лета. Весной эта молодежь подтягивается ближе к поверхности и уже в подледный период появляется ночами в верхнем 50-метровом слое воды.

Омуль зимует на свале или в «логах» вблизи обширных мелководий, служащих местами весеннего привала к берегам. В марте омулевые косяки поднимаются с мест зимовок и медленно подвигаются в придонных слоях к берегам, питаясь по пути бычками, макрогектопусом, донными гаммаридами и мелкими рачками, накапливающимися в придонных слоях. Однако в это время питание омуля очень ослаблено.

Бычки *Cottocomephorus*, зимуя обычно в тех же слоях, что и омуль, в марте направляются к берегам для икрометания.

Таким образом, март характеризуется началом общего весеннего оживления в толще вод Байкала, началом массовой вегетации водорослей в подледном слое, скоплением в этом же слое рачков, коловраток, инфузорий. Этим обуславливается резкое вертикальное расслоение планктона с наибольшей концентрацией его в верхнем слое. На обширных мелководьях, в заливах и тому подобных участках, где ледостав происходит на 2—3 недели раньше, чем в глубоководных районах, наступление биологической весны сдвинута на более ранние сроки. Так, в 1952 г. в Малом Море уже в феврале наблюдалось мощное развитие водоросли *Melosira*, тогда как в районе Б. Котов численность водорослей в это время была еще очень невелика.

В апреле и мае указанные весенние процессы в Байкале получают дальнейшее развитие. Диатомеи и перидинеи распространяются все дальше вглубь. В конце апреля колонии мелозир в годы ее массового урожая густо заселяют слой 0—50 м. В мае, продолжая вегетировать, мелозира частично погружается в более глубокие слои, и в конце мая уже вся верхняя 100-метровая толща вод бывает насыщена опускающимися вглубь

колониями мелозеры (см. рис. 2). В урожайные годы (например, 1946, 1950, 1953) в апреле количество клеток мелозеры в слое 20—30 м достигает 600 млн. экз./м³, весом до 3—4 г и более. *Cyclotella* ведет себя несколько иначе. Вслед за началом вегетации, что может происходить лишь в верхних слоях, уже в феврале—марте ее клетки опускаются в более глубокие слои. В результате в период максимального развития *Cyclotella* (апрель) ее клетки довольно равномерно рассеиваются в толще вод по крайней мере до глубины 100—150 м и концентрация ее в верхнем слое бывает далеко не такой густой, как у мелозеры. Вместе с тем

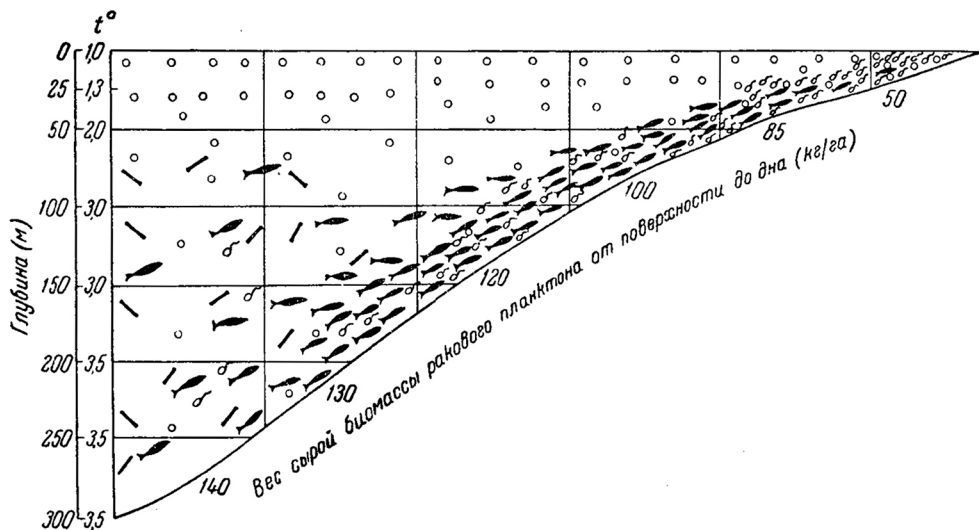


Рис. 4. Схема вертикального распределения ракового планктона и планктоядных рыб в Байкале в апреле—мае.

Обозначения те же, что на рис. 3.
Температура указана на конец апреля в открытых районах.

изучение колонок глубоководного ила показывает, что в донных отложениях *Cyclotella* нередко преобладает над *Melosira*. Из этого можно сделать вывод, что у *Cyclotella* общая энергия размножения и, следовательно, величина продукции, в среднем за многие годы может быть выше, чем у *Melosira*.

В апреле в самом верхнем слое воды (0—5 м) среди водорослей преобладают перидинии *Gumnodinium* sp. sp. Численность перидиний в это время так велика, что в прорубях на воде ясно видны буроватые разводы, состоящие из их скоплений. Так, например, 28 апреля 1950 г. в районе Б. Котов количество клеток перидиний в верхнем слое воды достигло 1400 тыс./м³ (см. рис. 2).

Описанная выше картина вертикального распределения жизни характерна для конца подледного периода в открытых водах Байкала.

К концу подледного периода такие планктоядные рыбы, как смуль и особенно его молодь, в значительной части вытесняются к берегам обширных мелководий и становятся уже доступными и для лова закидными неводами (рис. 4). В этот период стайки омуля продвигаются вдоль берегов и нередко омули попадают рыбакам на удочку вместе с хариусом на «бормаша». В апреле—мае бычки-желтокрылки густыми стаями приваливают на каменистые банки прибрежной полосы и приступают к икрометанию.

После освобождения ото льда в гидрологическом режиме вод Байкала наступает крупная перемена. Верхний слой воды оказывается теперь под непосредственным воздействием солнечного света и нагретого воздуха, вступают в свои права ветровые явления и вызываемые ими течения. До наступления весенней гомотермии (которая в районах южной части Байкала приходится на середину июня, а в северной — на конец июня и даже на более поздний срок) в верхнем 100—200-метровом слое воды происходит мощное конвекционное перемешивание, влекущее за собой рассеивание планктона. Более или менее равномерно распределяются в толще вод водоросли и рачки, особенно науплиусы, коловратки, инфузории, бактерии и т. д.; в слое 0—250 м численность их понижается. Таким образом, в открытых районах Байкала июнь весьма неблагоприятен для планктофагов. Однако в мелководных районах такого рассеивания и обеднения планктона в июне не наблюдается. Наоборот, после освобождения ото льда, происходящего на мелководьях в мае, вода во всей толще до дна начинает быстро нагреваться, вследствие чего здесь рано наступает летняя слоистость в распределении температур и планктона, быстро повышается биомасса зоопланктона, представленная эпишурой, циклопами, кладоперами, коловратками, и уже в начале июня концентрация и биомасса зоопланктона достигают значительной величины. Это и является одной из важнейших причин весенних привалов к берегам мелководных районов омуля, а также бычков-желтокрылок, основная масса которых к этому времени уже заканчивает икрометание.

В начале июля и, в более ясной форме, в середине июля в открытых районах наступает летняя слоистость в распределении температур. В верхних слоях вода нагревается до 6—9°. К этому времени в распределении планктона вновь наблюдается ясная вертикальная дифференцировка. В верхних слоях на смену отмершим весенним формам появляются относительно более теплолюбивые формы водорослей. В глубоководных районах в июле сохраняются диатомеи *Melosira*, *Asterionella* и др. В мелководных районах, в заливах, против устьев крупных рек и на аналогичных участках нередко наблюдается мощное развитие синезеленых *Gloetrichia*, *Anabaena* и т. д. В июле, при условии длительной штилевой погоды, на мелководьях можно обнаружить обширные поля цветения этих водорослей, с понижением прозрачности воды до 2—3 м. Поля цветения захватывают широкую полосу вдоль берегов и простираются на некоторое расстояние в соседние глубоководные районы. Лишь в сверткрытых глубоководных районах летние формы синезеленых водорослей и диатомей развиваются слабо, и весенний максимум развития фитопланктона является здесь единственным в году. Все эти водоросли живут в верхних слоях воды, основная их масса — на глубине 5—15 м.

В июне начинается весенне-летнее размножение *Epischura*. После минимума в мае численность науплиусов постепенно возрастает и обычно во второй половине июня — первой половине июля достигает годового максимума. В это время количество науплиусов эпишуры в слое 0—250 м под 1 м² в некоторые годы достигает 4000—6000 тыс. экз. и более (среднее за 4 года за вторую половину июня и за июль — 1800 экз.), причем 70% из них даже днем не опускаются глубже 30—50 м. Во второй половине июля резко увеличивается численность рачков копепоидитной стадии, а в августе биомасса *Epischura* всех возрастов достигает годового максимума. В некоторые годы численность рачков копепоидитных стадий в августе—сентябре в слое 0—250 м под 1 м² достигает 2000—4000 тыс. экз. и более (среднее за 4 года — 1250—1450 экз.). Не менее 70—80% из них живут в это время также лишь в верхнем 50-метровом слое, а

наибольшая концентрация в дневное время обычно наблюдается в слое 5—20 м.

В конце июля, в августе и сентябре наблюдается годовой максимум биомассы *Epischura*, в некоторые годы достигающий 70—80 г и более под 1 м² в слое 0—250 м (средняя биомасса за 4 года равна в это время 35—39 г под 1 м² в слое 0—50 м). На мелководьях период весенне-летнего размножения *Epischura* и максимум биомассы наступают значительно раньше, обычно уже в конце июня и в первой половине июля. В годы урожая циклопов (например, 1946 и 1950) максимум численности их науплиусов в открытых районах наступает позднее, чем у *Epischura*, а именно во второй половине июля и в первой половине августа, т. е. когда верхние слои воды прогреются до годового максимума. Зато превращение науплиусов циклопов в копеоподитную стадию идет быстрее, и поэтому максимум биомассы циклопов наступает также в августе и сентябре. В 1946 и 1950 гг. биомасса циклопов в районе Б. Котов достигала 50 г под 1 м² в слое 0—250 м. В дневное время свыше 90% циклопов обнаруживается в верхнем 50-метровом слое, а основная масса держится в слое 20—5 м.

Летом в верхних слоях воды появляется много коловраток и инфузорий, главная масса (80—90%) которых концентрируется также в верхнем 30—50-метровом слое воды. Среди коловраток летом выделяются по численности *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Fil. longiseta*, *Noth. longispina*, а также *Synchaeta*; из инфузорий преобладают Tintinnididae. В некоторые годы появляется большое количество сувоек.

Между вертикальным распределением планктона в подледный период жизни Байкала и распределением его летом имеются значительные различия. В подледный период, особенно в марте—апреле, жизнь сконцентрирована преимущественно в самом верхнем слое воды (0—5 и 0—10 м), тогда как летом зоопланктон густо населяет слои, по крайней мере, до глубины 40—50 м, распространяясь и глубже. Вероятно, это является одной из причин того, что в подледный период суточные вертикальные миграции рачков не всегда ясно обнаруживаются, тогда как летом они резко выражены. Мы не будем подробно описывать суточные вертикальные миграции, так как они требуют специального рассмотрения.

Ареал вертикального распространения бокоплава *Macrohectopus* летом в общем определяется глубинами 0—300 м. В пределах этих глубин рачки совершают суточные перемещения, ясно выраженные в летнее время. В первую половину ночи они нередко концентрируются в самом верхнем 2—5-метровом слое воды. Ареал вертикального распределения молоди голомянки соответствует ареалу *Macrohectopus*. У голомянок также наблюдаются суточные вертикальные перемещения, хотя и в менее ясной форме, чем у *Macrohectopus*.

Начало биологического лета, т. е. вторая половина июля, является переломным периодом и для планктонных рыб. Омуль отходит от прибрежной зоны мелководий, где вода нагрета до 15—20°, в более открытые районы, а затем и в соседние глубоководные. В это время почти вся масса омуля придерживается слоев, богатых раковым планктоном (рис. 5 и 6). Нередко косяки омуля можно видеть в это время у самой поверхности воды, и при тихой погоде рябь от их движения хорошо заметна на далеком расстоянии. В темное время суток омуль обычно держится ближе к поверхности, чем днем. Это связано с вертикальными миграциями рачков и скапливанием их ночью в верхних слоях воды. Переход омуля на питание планктоном открытых районов, концентрирующимся преимущественно в верхних слоях воды, ведет к коренному изменению способов лова. Главными орудиями лова теперь становятся дрейферные плавные

сети, которые на ночь выставляют в верхних слоях воды в большем или меньшем отдалении от берегов.

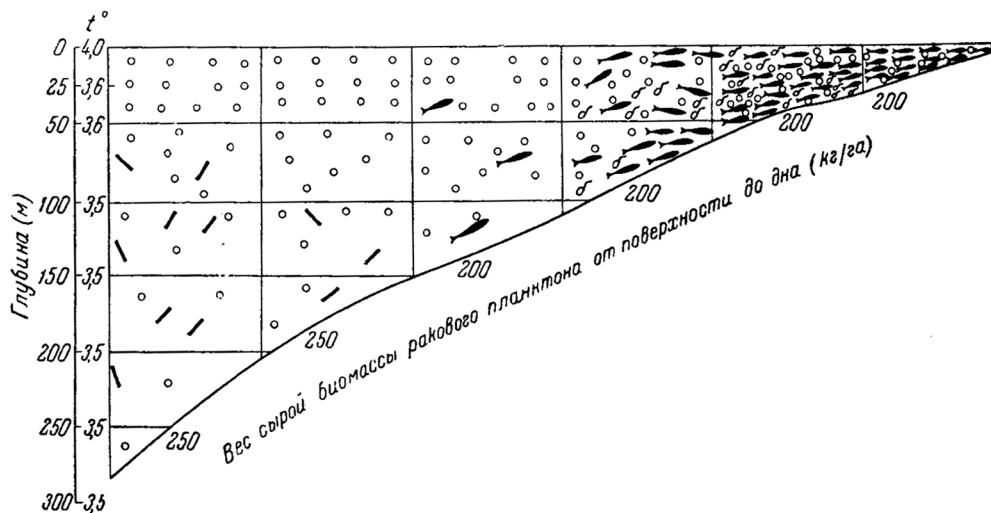


Рис. 5. Схема вертикального распределения ракового планктона и планктонных рыб в Байкале в июне и первой половине июля.

Обозначения те же, что на рис. 3.

Температура указана на конец июня в открытых районах; температура на мелководьях (0 м) — 9°, на глубине 25 м — 4°.

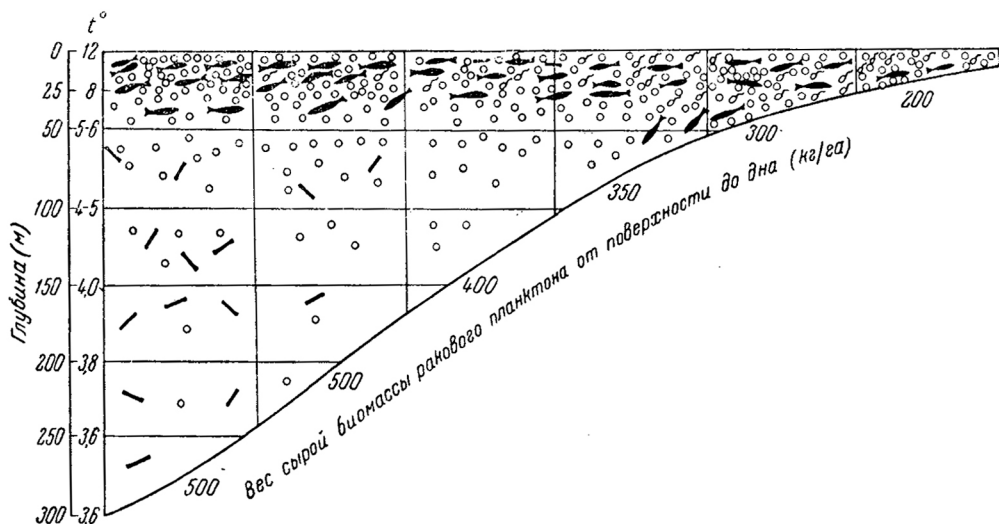


Рис. 6. Схема вертикального распределения ракового планктона и планктонных рыб в Байкале во второй половине июля и сентябре.

Обозначения те же, что на рис. 3.

Температура указана для второй половины августа в открытых районах; температура на мелководьях (0 м) — 16°, на глубине 25 м — 11°.

Бычки *Cottosomorphus* после икрометания придерживаются прибрежных районов и также питаются рачками. В конце июля—начале августа в прибрежной зоне всего Байкала наблюдается массовое появление личинок и мальков этих бычков, которые тучами ходят в прогретых

слоях воды. Омуль, сами бычки и голомянки истребляют эту молодь в громадном количестве.

Летом голомянка держится более или менее рассеянно в толще вод. Центр ее вертикального ареала в это время находится между 100 и 200 м. Однако ночами она также подтягивается в верхние слои.

В открытых районах Байкала высокий уровень биомассы зоопланктона в верхних слоях воды удерживается до сентября и первой половины октября. Таким образом, время с середины июля до середины октября является основным периодом нагула планктоядных рыб. Однако на обширных мелководьях с хорошо выраженной прибрежной отмелью и нали-

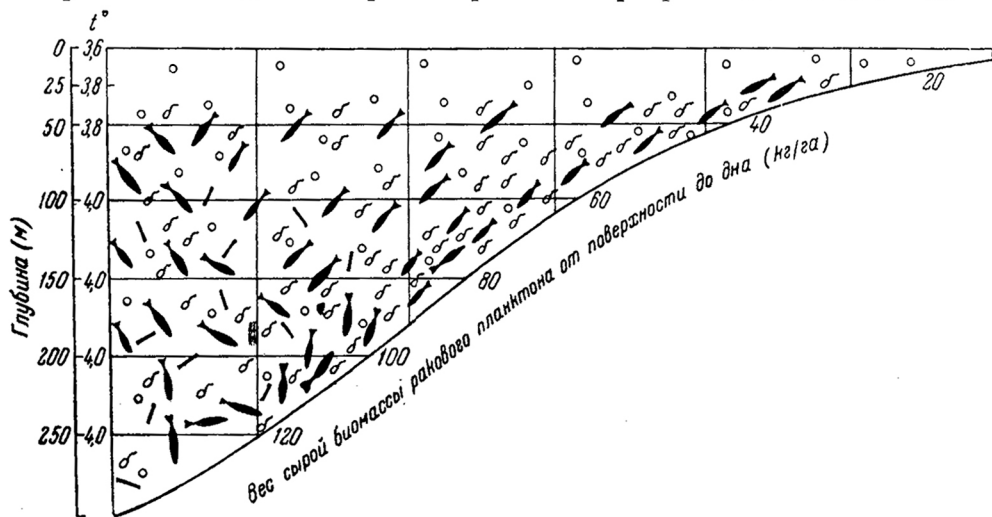


Рис. 7. Схема вертикального распределения ракового планктона и планктоядных рыб в Байкале в ноябре—декабре.

Обозначения те же, что на рис. 3.

Температура указана для второй половины ноября в открытых районах; температура в верхних слоях около 2—1°.

чием больших глубин, заливов и т. д. (например, в Малом Море, в Чивыркуйском заливе и в других аналогичных промысловых районах) нагул омуля и бычков начинается уже в первых числах июня, потому что раковый планктон здесь развивается, как сказано, значительно раньше, чем в открытых районах.

В конце октября и особенно в ноябре верхние слои сильно охлаждаются, усиливаются конвекционные токи, а также ветровая циркуляция, и к середине ноября, т. е. к наступлению осенней гомотермии, планктон снова очень разрежается и рассеивается в толще вод. Науплиусы эпишуры в это время встречаются лишь единично в толще вод до 500 м и глубже. Численность копепоидных стадий *Erischura* также резко уменьшается, и большая их часть обнаруживается теперь уже в слое глубин от 100 до 500 м. Циклопы, даже в годы их урожая, в открытых районах встречаются лишь единично и также рассеяны в толще вод. Более или менее равномерно распределяются в толще вод в это время также коловратки и инфузории. *Macrohectorus* в основной своей массе опускаются в глубокие, даже придонные слои, и их суточные вертикальные миграции затухают.

Омуль, разгуливавший летом на широком пространстве открытых районов, постепенно опять подтягивается к мелководьям и «залегает»

на зимовку в придонных слоях на глубине 200—300 м, преимущественно в районах, прилегающих к местам массовых весенних привалов (рис. 7). Бычки *Cottosomphorus* тоже погружаются в глубокие слои и обычно обнаруживаются вместе с омулем. Центр ареала вертикального распределения голомянки оказывается в более глубоких слоях, обычно за пределами 150 м. Голомянки зимой нередко также встречаются вместе с омулем, но обычно места их зимовок не совпадают: голомянки уходят, по-видимому, глубже, чем омуль.

Таким образом, к зиме в глубоких, придонных слоях воды с температурой около 3,6—4° накапливаются как оставшийся на зиму зоопланктон, так и планктоядные рыбы. Зимой покоящиеся стадии водорослей готовятся к новой весне и постепенно всплывают в верхние слои, что особенно заметно после ледостава. Рачок *Erischura* приступает к размножению, и его науплиусы также всплывают наверх. К размножению готовятся *Macrohectopus*, голомянки, бычки. В январе, как только лед сковывает бурные и холодные байкальские воды, разворачиваются сначала медленно, а затем все быстрее явления нового весеннего периода.

На рис. 3—7 мы попытались схематически изобразить вертикальные перемещения ракового планктона, выраженного в сыром весе биомассы (кг/га), и планктоядных рыб Байкала в течение главнейших сезонов года, применительно к промысловым районам, в пределах глубин 0—250—300 м. Сравнивая вертикальные перемещения планктона и планктоядных рыб в оз. Байкал, мы обнаруживаем известное сходство наблюдаемых нами явлений с аналогичными явлениями в Баренцовом море, описанными Б. П. Мантейфелем (1941).

ВЫВОДЫ

Зимой (декабрь—январь) основная масса зоопланктона (зимний фонд) и планктофагов концентрируется в глубоких слоях воды, преимущественно около верхней границы слоя постоянных (около 3,6°) годовых температур, на глубине 150—300 м.

Весна в Байкале начинается в феврале—марте, а в мелководных районах еще раньше. К этому времени весенние диатомеи и перидинеи накапливаются в подледном слое и начинают размножаться. Здесь же появляются молодь рачка *Erischura* и другие зооплантеры. В марте планктоядные рыбы (омуль, бычки *Cottosomphorus*) начинают подвижку с мест зимовок к берегам мелководных районов, придерживаясь при этом преимущественно придонных слоев воды.

Перед вскрытием Байкала ото льда (апрель—май) развитие весенних форм фитопланктона достигает максимума; одновременно идет опускание отмирающих водорослей в толщу вод. Основная масса главного потребителя фитопланктона — рачка *Erischura*, представленного в этот период копеподитными стадиями, концентрируется в верхних слоях воды. Омули весной вплотную придвигаются к берегам мелководных районов, где рачки развиваются раньше и концентрация их гуще. Бычки *Cottosomphorus* приступают к массовому икрометанию у берегов.

После вскрытия от льда, перед наступлением гомотермии, т. е. в мае—июне, благодаря мощному перемешиванию воды в открытых районах происходит рассеивание планктона в толще вод и резкое уменьшение его численности. В этот период рачок *Erischura* приступает к новому (весенне-летнему) размножению. Рыбы-планктофаги, за исключением голомянки, в этот период в основной своей массе встречаются в прибрежной зоне мелководий.

После того как установится летняя слоистость температуры воды, в верхних слоях появляются летние формы водорослей, преимущественно синезеленых. Массовое развитие зоопланктона постепенно захватывает открытые и, наконец, глубоководные районы. В конце июля, в августе и сентябре в открытых районах наблюдается годовой максимум биомассы зоопланктона, главным образом за счет *Erischura*. В это время основная масса рачков (до 70—80%) концентрируется в верхнем 40—50-метровом слое воды. Во второй половине июля омуль отходит от прибрежной зоны мелководий в открытые и даже глубоководные районы. Конец июля, август—сентябрь и первая половина октября — главный нагульный период для омуля. В своих миграциях он придерживается в это время верхних слоев воды, питаясь преимущественно раковым планктоном.

В конце июля—начале августа в прибрежной зоне у берегов Байкала в массовом количестве появляются мальки бычков *Cottocomephorus*, которые постепенно вместе со взрослыми бычками отходят в более открытые районы побережий.

В конце октября и в ноябре, т. е. в период установления осенней гомотермии, планктон снова очень разрежается и рассеивается в толще вод. К зиме основная доля зоопланктона концентрируется в зоне глубин 150—300 м. Планктоядные рыбы (омуль, бычки) осенью снова собираются вблизи мелководий, где и остаются на зиму в зоне глубин 200—300 м.

ЛИТЕРАТУРА

- Антипова Н. Л. и Кожов М. М. 1953. О сезонных и годовых колебаниях в урожае некоторых массовых форм фитопланктона оз. Байкал. Тр. Иркутского ин-та им. А. А. Жданова.
- Мантейфель Б. П. 1941. Планктон и сельдь в Баренцовом море. Тр. Полярного н.-в. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанографии (ПИРО), вып. 7.
См. также:
- Базикалова А. Я. и др. 1937. Материалы к познанию бычков Байкала. Тр. Байкальск. лимнол. станции АН СССР, т. VII.
- Верещагин Г. Ю. 1926. Систематика и биология голомянки. ДАН СССР, сер. А.
- Верещагин Г. Ю. и Сидорычев И. А. Некоторые наблюдения над биологией голомянки. ДАН СССР, сер. А, № 5.
- Гарбер Б. И. 1946. К познанию планктона глубин оз. Байкала. Тр. Байкальской лимнол. станции АН СССР, т. XII.
- Кожов М. М. 1934. Гидрологические и гидробиологические исследования в Баргузинском заливе на Байкале в 1932 г. «Изв. Биол.-геогр. ин-та при Иркутском университете», т. VI, вып. 1.
- Кожов М. М. 1936. Материалы по гидробиологии Малого Моря на Байкале и миграциям омуля. «Изв. Биол.-геогр. ин-та при Иркутском университете», т. VII, вып. 1—2.
- Кожов М. М. 1947. Животный мир оз. Байкал. Иркутск.
- Кожов М. М. 1948. К познанию планктона оз. Байкал. Сезонные изменения зоопланктона в оз. Байкал. «Изв. Биол.-геогр. ин-та при Иркутском университете», т. X, вып. 2.
- Кожов М. М. и Мишарин К. И. 1943. Биология и промысел рыбы в М. Море на оз. Байкал. Иркутск, Огиз.
- Мишарин К. И. 1949. Промысел и воспроизводство рыбы на Байкале. Иркутск, Огиз.
- Мухомедяров Ф. Б. 1942. Расы байкальского омуля. «Изв. Биол.-геогр. ин-та при Иркутском университете», т. IX, вып. 3—4.
- Скабичевский А. П. 1929. К биологии *Melosira baicalensis*. Русск. гидробиол. журн., т. VIII, № 4—5.
- Талиев Д. Н. 1944. Освоим бычковый промысел на Байкале. Иркутск, Огиз.
- Яснитский В. Н. 1930. Результаты наблюдений над планктоном Байкала в районе биологической станции за 1926—1928 гг. «Изв. Биол.-геогр. ин-та при Иркутском университете», т. IV, вып. 3—4.